



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

EFFECTO DEL PERIODO DE AYUNO Y MÉTODO DE ATURDIMIENTO
SOBRE EL BIENESTAR Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS
DE LA CARNE DE CONEJO

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

SALVADOR CARLOS FLORES PEINADO

TUTOR:

DR. DANIEL MOTA ROJAS

COMITÉ TUTORAL:

**DRA. SARA E. VALDES MARTINEZ
M.C. MARCELINO BECERRIL HERRERA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El autor del presente estudio, agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada durante dos años, con número de registro 205303

ASESORES DE TESIS

Dr. Daniel Mota Rojas

Profesor Investigador Titular C
Línea de investigación: Fisiología del estrés y ciencia de la carne
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana. Campus Xochimilco
México D.F.

Dra. Sara Esther Valdés Martínez

Profesor Investigador Titular "C"
Línea de investigación: Análisis de Alimentos; Determinación de la Adulteración proteica en Alimentos; Determinación de Micotoxinas en Alimentos, Extracción, determinación de la estabilidad de colorantes naturales y su aplicación en alimentos
Laboratorio de Tecnología de la Calidad de los Alimentos
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Universidad Nacional Autónoma de México
Estado de México.

M en C. Marcelino Becerril Herrera

Profesor Investigador Titular "A"
Línea de investigación: Producción Pecuaria Integral
Unidad Académica de Ingeniería Agrohídrica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
Estado de Puebla, México.

JURADO DE EXAMEN

Presidente: DR. JOSÉ FERNANDO NÚÑEZ ESPINOZA

Profesor Investigador
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Nacional Autónoma de México
México D.F.

Vocal: DR. PEDRO GARCÉS YEPEZ

Profesor Investigador
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Nacional Autónoma de México
México D.F.

Secretario: DR. DANIEL MOTA ROJAS

Profesor Investigador
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco
México D.F.

Primer Suplente: DRA. MARIA DEL PILAR CASTAÑEDA SERRANO

Profesor Investigador
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Nacional Autónoma de México
México D.F.

Segundo Suplente: DRA. ISABEL GUERRERO LEGARRETA

Profesor Investigador
Departamento de Biotecnología
Laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas
Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad-Iztapalapa
México D.F.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de vivir rodeado de seres tan hermosos y tan grandiosos como son mis Padres, Hermanas, Amigos, Esposa e Hijos.

También agradezco a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM, por darme la oportunidad de continuar aquí mis estudios de posgrado y así contribuir con mi preparación profesional.

De manera particular quiero agradecer a mi tutor y director de tesis el Dr. Daniel Mota Rojas, por la confianza y el apoyo brindado, pero más que nada por haberme dado la oportunidad de conocer el ser humano que existe detrás del investigador.

Hago extensibles estos agradecimientos a mi Comité Tutorial integrado por la Dra. Sara E. Valdés Martínez, quien sin conocerme depositó en mí su confianza y amistad, y siempre estuvo en todo momento aconsejándome e impulsándome en el proyecto y demás cuestiones. Agradezco al Dr. Marcelino Becerril Herrera, por enseñarme que aun los grandes investigadores y sabedores pueden mostrar humildad sin perder los conocimientos, gracias por todo su apoyo.

Agradezco también al Comité ampliado los Doctores José Fernando Núñez, Pedro Garcés Yopez y las Doctoras. Ma. del Pilar Castañeda e Isabel Guerrero Legarreta, que invirtieron parte de su valioso tiempo en la revisión de la tesis, enriqueciéndola con sus valiosos comentarios.

Un agradecimiento especial para la Dra. Isabel Guerrero Legarreta por las facilidades brindadas en el Laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas de la UAM-Iztapalapa, donde se realizaron las evaluaciones físico-químicas de la carne de conejo, en verdad gracias por su excelente trato.

A todos y cada una de las personas que hicieron posible la realización de la investigación, amigos y compañeros que no acabaría de nombrar, Dr. Jesús Guevara y su esposa Dra. Magdalena Zamora, a la gente del Taller de Carnes, Dr. Andrés Cardona, Erick Muñoz Pérez, Dr. Alfredo García, Nora y Alicia y Carlitos Talavera (chamaquito), a mi amigo de siempre Juan Avendaño, a mis compañeros de aula y todos y cada uno de los profesores del posgrado, gracias.

Agradezco también a la familia de mi esposa por el apoyo y la tolerancia brindada, Aurora López, Heidi, Ivonne, a mis sobrinos Yese, Brandon, Nicole, Memín-Beto y a mis amigos de la UAM-X, Mish, Humbert, Yimi, David y también a la Dra. Adriana Olmos quien me apoyo en todo momento en parte de los procesos experimentales, gracias.

Finalmente, agradezco el apoyo para la compra de consumibles de gasometría por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP-SEP) a través de la Solicitud de Apoyo a la Incorporación de Nuevos Profesores de Tiempo Completo (PTC) No. UAM-PTC-028, cuenta 2115-34019, gestionado por el Dr. Daniel Mota Rojas.

DEDICATORIA

Dedico la Tesis a las grandes personas que Dios me dio como Padres: Petra Peinado y Salvador Flores, a mis Hermanas preciosas: Norma Alejandra, su esposo Chemo e hijos Tanis y Jair y Chio preciosa-hermosa, a mi Esposa Yess por todo su cariño y amor y dos personitas que no imaginaba que estuvieran presentes en mi vida a quienes esperaba e imaginaba y gracias a Dios están aquí: JARED y VANNE-AYLIN.

Gracias a DIOS por estar conmigo y
otorgármelos como motor
y guía.

Contenido

	Pág.
LISTA DE TABLAS Y CUADROS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XII
I. Introducción.....	14
II. Marco de referencia.....	15
1. Carne de conejo.....	15
1.1. Rendimiento	16
1.2. Consumo en México.....	16
2. Bienestar y su valoración.....	17
2.1 Medidas del Bienestar Animal.....	19
2.1.1 Valoración Etológica.....	19
2.2.2 Medidas Fisiológicas.....	20
2.2.2.1 Características generales.....	20
2.2.2.2 Indicadores generales de estrés.....	20
2.2.2.3 Indicadores de ayuno y deshidratación.....	22
2.2.2.4 Indicadores de actividad física.....	23
2.2.3 Otros indicadores de estrés.....	23
3. Características de la calidad.....	24
3.1. Calidad de la carne.....	24
3.2. pH.....	24
3.3 Capacidad de acidificación.....	25
3.4 Capacidad de retención de agua. CRA.....	25
3.5 Propiedades sensoriales.....	26
3.5.1 Color	26
3.5.2 Textura.....	27
3.5.3 Jugosidad.....	28
3.5.4 Sabor	29
4. Factores que afectan la calidad de la carne.....	29
4.1 Factores estresantes.....	30
4.2 Estrés físico y psicológico.....	30
4.3 Ruido.....	31
4.4 Efecto del transporte.....	31
4.5 Tiempo del transporte.....	32
4.6 Distancias recorridas.....	33
4.7 Densidades en el transporte.....	33
4.8 Periodo de descanso.....	34
5. Periodo de ayuno.....	35
5.1 Pérdida de peso.....	35

5.2 Respuesta fisiológica.....	36
6 Efecto transporte y periodo de ayuno.....	37
6.1 Efectos sobre el pH.....	37
6.2 Efecto sobre el color.....	38
6.3 Rendimiento.....	38
6.4 Efecto sobre el contenido tracto-intestinal.....	39
6.5 Efecto sobre el peso del hígado.....	39
6.6 Efecto sobre el peso de corazón y pulmones.....	40
6.7 Efecto sobre el peso de la grasa abdominal	40
7 Aturdimiento eléctrico.....	40
7.1 Objetivo del aturdimiento eléctrico.....	41
8 Aturdimiento eléctrico. Efecto sobre el animal.....	42
8.1. Pérdida de la consciencia.....	42
8.2 Duración de la insensibilizacion. Retorno del ritmo respiratorio.....	43
8.3 Ritmo cardiaco.....	43
8.4 Efecto del aturdimiento electrico sobre el rendimiento de la canal.....	43
8.5 Efecto del aturdimiento electrico sobre la temperatura y el Ph.....	44
8.6 Efecto del aturdimiento electrico sobre el color.....	44
8.7 Efecto del aturdimiento electrico sobre la terneza.....	44
8.8 Efecto del aturdimiento electrico sobre el volumen de sangre.....	45
8.9 Efecto del aturdimiento electrico sobre el perfil enzimático.....	45
8.10 Lesiones sobre la canal.....	46
III. Objetivos.....	47
Objetivo general.....	47
Objetivo especificos	47
IV. Hipótesis.....	48
V. Material y Métodos.....	49
1. Animales.....	49
2. Manejo previo al sacrificio.....	50
2.1. Periodo de ayuno.....	50
2.2. Manejo a la matanza.....	51
2.3 Metodo de insensibilización y sacrificio.....	51
3. Mediciones <i>post-mortem</i>	52
3.1. Mediciones sobre la canal.....	52
4. Análisis físico-químicos de la carne.....	53
4.1. Color.....	53
4.2. Terneza.....	54
4.3. pH.....	54
4.4. Capacidad de retencion de agua. CRA.....	54
5. Análisis estadístico.....	55

VI. Resultados.....	56
A. Efecto del ayuno sobre el bienestar de los conejos.....	56
B. Efecto del método de aturdimiento sobre el bienestar animal.....	59
C. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el rendimiento y peso de los órganos.....	63
D. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre la calidad de la canal y de la carne de conejo	66
VII. Discusión.....	72
A. Efecto del ayuno sobre el bienestar de los conejos.....	72
B. Efecto del método de aturdimiento sobre el bienestar animal.....	73
C. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el rendimiento y peso de los órganos.....	75
D. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre la calidad de la canal y de la carne de conejo	77
VIII. Conclusiones.....	81
IX. RECOMENDACIONES.....	82
X. Bibliografía.....	83

Lista de Tablas y Cuadros

Tablas

	Pág.
Tabla 1. Composición química y valores de energía de carnes.....	16

Cuadros

Cuadro 1. Diseño experimental	50
Cuadro 2. Efecto del periodo de ayuno sobre el intercambio gaseoso, perfil fisometabólico y desequilibrio ácido-base en conejos de 70 días de edad	58
Cuadro 3. Efecto del periodo de ayuno sobre el pH sanguíneo (gasometría)	58
Cuadro 4. Efecto del método de aturdimiento sobre el intercambio gaseoso, perfil fisometabólico y desequilibrio ácido-base en conejos de 70 días de edad	61
Cuadro 5. Efecto del método de aturdimiento sobre el pH sanguíneo (gasometría)	61
Cuadro 6. Tiempo de desangrado	62
Cuadro 7. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el peso al sacrificio y rendimiento de la canal	64
Cuadro 8. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el peso de las vísceras rojas y verde	65
Cuadro 9. pH y Temperatura <i>Longissimus dorsi</i>	67
Cuadro 10. pH y Temperatura <i>Biceps femoris</i>	68
Cuadro 11. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre la CRA	70
Cuadro 12. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre la terneza y el color de la carne de conejo	71

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue examinar las modificaciones al perfil fisio-metabólico durante el estrés ocasionado por el periodo de ayuno y método de aturdimiento, y sus consecuencias sobre las características físico-químicas de la carne de conejo. Para la realización del presente estudio se utilizaron 120 conejos de 70 días de edad, de la raza Nueva Zelanda (machos y hembras), provenientes del Módulo de Cunicultura del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en el Estado de México. Los cuales fueron distribuidos en forma aleatoria en los siguientes tratamientos. Periodo de ayuno de 0, 12 y 24 h e insensibilizados por el método de dislocación cervical o eléctrico. La realización del presente estudio se llevó a cabo en dos etapas: La primera etapa fue realizada en el Taller de Carnes perteneciente a dicha Facultad. La segunda etapa se realizó, en el laboratorio del Área de Bioquímica de Macromoléculas de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, donde se evaluaron las propiedades físico-químicas de la carne de conejo como: CRA, pH de la carne, color y textura, sobre el músculo *longissimus dorsi*. El planteamiento del presente estudio consistió en valorar en primer lugar, el efecto del periodo de ayuno (retiro de alimento sólido de 0, 12 y 24 h), sobre el bienestar de los conejos previo al sacrificio, y en segundo lugar evaluar la interacción del ayuno y del método de aturdimiento (dislocación cervical vs eléctrico), sobre las características físico-químicas de la carne de conejo. Los niveles de lactato, pCO_2 , pO_2 , HCO_3^- , pH y minerales en sangre (Na^+ , K^+ y Ca^{++}), no presentaron diferencia estadística significativa por efecto del periodo de ayuno. En lo que respecta a los niveles de glucosa y hematocrito, se observó un efecto significativo pero solo en los valores de referencia cuando se les comparo con los conejos sometidos a 0, 12 y 24 h de ayuno, mostrando un descenso para los niveles de glucosa (121.64 ± 15.09 vs 101.87 ± 6.19 , 104.29 ± 8.62 , 107.26 ± 11.85), en lo que respecta a los valores de hematocrito estos se vieron afectados por un ayuno de 0 y 12 h, en comparación con los valores de referencia y del ayuno de 24 h (28.12 ± 5.06 y 29.64 ± 4.20 vs 38.68 ± 3.73 , 36.42 ± 6.35), respectivamente. En términos generales el método de aturdimiento tiene un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.001$), sobre los niveles de lactato (35.29 ± 4.66 vs 47.91), y pO_2 (19.83 ± 12.19 vs 30.52 ± 14.03), pero solo en los valores obtenidos por el método de dislocación cervical, el cual muestra valores más bajos en comparación con los valores de referencia respectivamente. La interacción ayuno-aturdimiento no presentó efecto significativo sobre el peso al sacrificio, peso de la canal caliente y rendimiento de la canal. En lo que respecta a la calidad físico-química de la carne, la interacción ayuno-aturdimiento no altera la capacidad de retención de agua (CRA), pero si produce una acidificación inicial (en las primeras 2 h), más rápida en la canal. Así mismo un ayuno de 12 h *ante-mortem* favorece la suavidad de la carne, encontrándose los valores más bajos en fuerza al corte en comparación con aquellos conejos sometidos a 24 h y sin ayuno, cabe señalar que el color de la carne de aquellos conejos aturridos por el método eléctrico presentó los valores más altos en índice rojo y los valores más bajos en luminosidad e índice de amarillo, por lo que se observaron que la carne proveniente de estos era más oscura y menos brillante. Los resultados indican que un ayuno de 24

horas, no modifica sustancialmente el perfil fisiometabólico y no ocasiona un desequilibrio ácido base, pero si reduce de manera significativa la disponibilidad de lactato y glucosa plasmática y reduce el porcentaje de hematocrito. El manejo inicial de los animales, produce alteración en su bienestar, incrementando los valores de referencia. Doce horas después, se observan modificaciones en la adaptación de los conejos de manera particular al periodo de ayuno como factor estresante. Respecto al método de aturdimiento, los resultados indican que ambos métodos de insensibilización no permiten cambios drásticos en el metabolismo del conejo que indiquen agonía o sufrimiento. El método de aturdimiento por dislocación cervical, tiene ciertas ventajas en comparación con el aturdimiento eléctrico, al no alterar el bienestar animal. El método de aturdimiento por dislocación cervical origina un descenso en los niveles plasmáticos de pO_2 y lactato. La interacción ayuno-método de aturdimiento eléctrico, produce una acidificación más rápida en la canal, este efecto solo se presentó en el pH evaluado antes de las 2 horas post-mortem. Por lo que esta interacción no afectó la capacidad de retención de agua. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la interacción de un ayuno de 12 h con el método de aturdimiento por desnucamiento, tienen un efecto favorable sobre la suavidad de la carne, con valores más bajos en comparación con los otros grupos. El método de aturdimiento eléctrico produce carne más roja, más oscura y más dura. El color de la carne se vio afectado en aquellos conejos en donde se restringió el alimento por 12 h y que fueron aturdidos por el método eléctrico, encontrándose que la carne fue menos brillante y más oscura.

Palabras clave: carne de conejo, calidad de la carne, bienestar, perfil fisiometabólico.

ABSTRACT

The objective of this study was to examine the modifications to the physio-metabolic profile that occurred during the stress induced by a period of fasting and the stunning method used, and their effect on the physical-chemical properties of rabbit meat. In the conduction of this study a total of 120, 70-day-old rabbits were utilized, all of them of the New Zealand breed (both males and females) and all provided by the Cuniculture Module at the Center for Agricultural Teaching of the Faculty of Higher Studies at the UNAM's Cuautitlán Campus in the State of Mexico. The rabbits were distributed randomly into groups according to the following treatment regimens: fasting periods of 0, 12 and 24 hours, and desensitization using the cervical dislocation method or an electrical stunning. The study was carried out in two stages. The first stage was conducted at the Meat Workshop located at the aforementioned Faculty, while the second stage took place at the Laboratory of Macromolecular Biochemistry at the Autonomous Metropolitan University-Iztapalapa Campus, where certain physical-chemical properties of the rabbit meat were evaluated, including: WRC (water retention capacity), meat pH, and the color and texture of the *longissimus dorsi* muscle. The study's structure consisted, first, in evaluating the effect of the fasting period (withdrawal of solid food for 0, 12 or 24 h) on the wellbeing of the rabbits before slaughtering and, second, in assessing the relation between fasting and the method of stunning used – cervical dislocation vs. electrical– on the physical-chemical characteristics of the rabbit meat. The levels of lactate, pCO₂, pO₂, HCO₃, pH and blood minerals (Na⁺, K⁺ and Ca⁺⁺) presented no statistically significant difference attributable to the effects of the fasting period. With respect to glucose and hematocrit levels, a significant effect was observed, but only in the reference values when compared to the rabbits that were subjected to 0, 12 or 24 h of fasting, which evidenced a decrease in glucose levels (121.64±15.09 vs. 101.87±6.19, 104.29±8.62, 107.26±11.85). In terms of hematocrit values, the 0 and 12 h fasting periods did produce an affect when compared to the reference values and to the 24 h fasting period (28.12±5.06 and 29.64±4.20 vs. 38.68±3.73, 36.42±6.35), respectively. In general then, the stunning method used had a statistically significant effect (p<0.001) on lactate levels (35.29±4.66 vs. 47.91), and pO₂ (19.83±12.19 vs. 30.52±14.03), but only with respect to the values obtained using the cervical dislocation method, which resulted in lower indices when compared to the reference values, respectively. The relation between fasting and stunning showed no significant effect on weight at the time of slaughter, on post-butchered weight, or on total meat yield. With respect to the physical-chemical quality of the meat, the fasting-stunning relation did not alter the water retention capacity (WRC), but did produce a more rapid initial acidification (in the first 2 h) after butchering. In addition, the 12 h *ante-mortem* fasting period resulted in meat that was more tender, as indicated by the lower values for cutting force when compared to meat from the rabbits that were subjected to fasting for 24 h and those that did not fast. It is important to point out that the color of the meat of the rabbits stunned with the electrical device presented the highest values on the red index and the lowest values for luminosity and on the yellow index. Researchers observed that the color of the meat from those rabbits

was noticeably darker and less shiny. These results indicate that a 24-hour fasting period does not substantially modify the physio-metabolic profile, nor does it cause an acid base imbalance, but does result in a significant reduction in the availability of lactate and plasma glucose, and in a decrease in the percentage of hematocrit. The initial handling of the animals generated alterations to their wellbeing and thus increased the reference values. Twelve hours later, modifications in the rabbits' adaptation were observed, especially to the fasting period as a stress-producing factor. With regards to the stunning method used, results indicate that neither one of the two desensitizing methods propitiates marked changes in the rabbits' metabolism that would be indicative of either agony or suffering. The cervical dislocation method of stunning has certain advantages when compared to the electrical method, in that it does not affect the animals' wellbeing. The method of stunning by cervical dislocation causes a decrease in the plasma pO_2 and lactate levels, while the method that combined fasting with electrical stunning resulted in a more rapid acidification after butchering, an effect that surfaced only in pH when measured before 2 hours post-mortem, thus this interaction did not affect water retention capacity. The results obtained in this study show that the interaction of a 12 h fasting period with the cervical dislocation stunning method exercises a favorable effect on meat tenderness, which showed lower values when compared to the other groups, while the electrical stunning method produced meat that was redder, darker and tougher. The color of the meat was affected in the rabbits that had their food restricted for 12 h and were stunned with the electrical device, as the color of their meat was darker and less shiny.

Keywords: rabbit meat, meat quality, wellbeing, physio-metabolic profile

I. INTRODUCCIÓN

Comparada con la de otras especies animales, la carne de conejo se considera una carne magra, ya que se caracteriza por su bajo contenido en grasa (7.06 %), es más rica en proteína (20.78 %), en vitaminas del grupo B, vitamina E y bajo contenido en sodio (40 mg /100 g de carne)(Lebas, 1986; Hernández, 2004).

La producción de carne de conejo tiene una escasa relevancia económica en el sector si se compara al de las otras especies de abasto y en general existe poca información de los efectos de los procesos ante-mortem sobre el peso vivo y el rendimiento de la canal en conejos (Coppings *et al.*, 1989). En la normativa vigente no existe una legislación específica que haga referencia al transporte de conejos, sino que se maneja incluida dentro de las características generales de transporte de ganado, sin tener en cuenta las grandes diferencias que existen entre las especies mayores de abasto y los conejos. Uno de los eventos en el manejo de los animales antes del sacrificio que influye decisivamente en la calidad y en el rendimiento es el ayuno que muchas veces no se contempla, ya que se toma como parte del manejo inherente al transporte de estos. Un mal manejo de los conejos trae como consecuencia repercusiones que pueden convertirse en pérdidas económicas para el productor, y para la planta de sacrificio. El ayuno y el transporte previos al sacrificio pueden ser factores estresantes para los animales que pueden alterar el bienestar de estos, modificando las características de la carne y de la canal (De la Fuente, 2003).

La producción de conejos a nivel industrial provee al consumidor de productos cárnicos altamente nutritivos. En general existe información de los efectos del crecimiento en el rendimiento y calidad de la canal del conejo (Gondret *et al.*, 2005), así también, existe información sobre el efecto del transporte, reposo, ayuno y método de aturdimiento sobre el peso vivo y el rendimiento de la canal en conejos (María *et al.*, 2001; De la fuente, 2003; Ramírez *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2006; Guerrero *et al.*, 2006), sin embargo, no existe información del comportamiento de las variables fisiológicas y metabólicas por efecto del estrés pre-mortem y como afecta las propiedades físico-químicas de la carne de conejo.

En la actualidad se da gran importancia al bienestar animal en la Unión Europea y actualmente en México a través de la Ley General de Bienestar Animal se intenta regular los procedimientos relacionados a transportar y movilizar animales, y a la matanza y eutanasia de animales entre otros temas. Por tal motivo el presente estudio pretende aportar información sobre el comportamiento de las variables fisiometabólicas, cuando el conejo es sometido a periodos de ayuno pre-mortem y valorar el intercambio gaseoso y desequilibrios minerales y ácidos-base por efecto del método de aturdimiento, así como sus efectos sobre las características físico-químicas de su carne y por ende la calidad de la misma

II. MARCO DE REFERENCIA

1. CARNE DE CONEJO

Los hábitos del consumo de la carne de conejo están cambiando aun en países donde tradicionalmente no se consume, debido entre otros factores a la demanda de carne con mejores características nutricionales, esto puede presentar, potencialmente la oportunidad para aumentar el consumo de este tipo de carne (Hernández *et al.*, 2004). Dentro de las características de la carne de conejo, están: es blanca, de granulación fina, de sabor delicado, nutritiva y apetecible (Templeton, 1976). Su composición varía según la edad del animal, sistema de alimentación además, la carne de conejo de cualquier edad es muy apreciada para consumo humano (Sandford, 1988). La grasa intramuscular en carne de conejo ha sido estudiada por Pla *et al.* (1998), quienes compararon los contenidos en diferentes partes de la canal a diferentes pesos y observaron que el contenido de grasa del músculo *longissimus* no sobrepasó el 1% (0.94%), incluso en las canales de mayor peso (2.250-2.350 kg), de acuerdo a los resultados mostrados por ellos la parte más grasa de la canal es la parte delantera del conejo, así mismo se encontró que el sexo tiene un efecto significativo, mostrando que las piernas procedentes de los conejos machos presentó un contenido de grasa menor y mayor cantidad de agua en comparación con las hembras. Conforme mayor peso tenían las canales mayor cantidad de grasa presentaban en la pared abdominal (4.24-5.70g con un peso de 1750-1850 vs 2250-2350g), y en la pierna trasera (281-3.66g con un peso de 1750-1850 vs 2250-2350g), respectivamente (Ramírez, 2004). Estudios realizados por Dal Bosco *et al.* (2004), encontraron 0.96 y 1% de grasa en el músculo *longissimus dorsi* en conejos alimentados con una dieta suplementada con ácido linolénico, confirmando que al incrementar ese ácido en la dieta se incrementaba también su contenido en el músculo.

El conjunto de los músculos de las extremidades pelvianas, que representa algo menos de un tercio el total de la canal (casi 300 g de una canal de 1,3 kg) contienen 3,7% de grasa, cifra que es sólo del 1,2% en el músculo largo dorsal. Por lo tanto, se trata de una carne magra, rica en proteínas y pobre en grasa, en ésta grasa son abundantes los ácidos grasos no saturados (oleico y linoléico), su porcentaje puede llegar a ser entre 54-60% (Dalle-Zotte, 2002 y Ramírez, 2004). La carne de conejo se distingue asimismo por su elevado contenido en calcio y fósforo y por su riqueza en tiamina y niacina; se cita también un contenido bajo en colesterol, sodio, potasio (Moreno, 2006) y magnesio (Dalle-Zotte, 2002 y Moreno, 2006).

Tabla 1. Composición química y valores de energía de carnes.

	Cerdo	Res	Venado	Pollo	Conejo
(g)	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
Agua	70.5	69.1	73.5	72.2	70.8
Proteína	18.5	19.5	20.5	20.1	21.3
Lípidos	8.7	9.0	4.0	6.6	6.8
Energía(kcal)	152.72	158.93	117.94	140.0	147.70

(Dalle-Zotte, 2002)

1.2 Rendimiento

Otros hechos interesantes en relación con la carne de conejo son el alto rendimiento en canal (reportándose rendimientos que van desde 54-68% en canal), el elevado porcentaje de partes magras y succulentas de la canal y la baja proporción de hueso (Jolley, 1990; Dalle-Zotte, 2002; Barron *et al.*, 2001 y 2004; Moreno, 2006). En conejos, la edad al sacrificio generalmente es de un intervalo de 9 a 13 semanas (Larzul *et al.*, 2004). Barron *et al.* (2004), reportan rendimientos de 57% en canales de conejos de la raza Nueva Zelanda, con un rendimiento en cortes de 30% en perniles, 18-20% para el peso de la espaldilla y 22-23% para el lomo. No se reportan diferencias por efecto del sexo, pero si encontraron diferencia por efecto de la raza, encontrándose que la raza Chinchilla alcanzó el mejor promedio y la raza Nueva Zelanda los peores, está última mostro mayor peso en una pieza no tan cárnica como es la espaldilla (237.5-251.0 vs 198.8-221.5), en comparación con la raza Chinchilla..

Un conejo de raza Nueva Zelanda de 10 semanas con un peso vivo de 2,250 kg, da una canal de 1,395 kg, peso que después por las pérdidas por oreo y corte de patas queda reducido a 1,285 kg. Su rendimiento es del 57,1% (Moreno, 2006); mientras que en un estudio realizado por Del Río (1998), el rendimiento de la canal de conejo de la raza Nueva Zelanda fue del 61.02%. Todo esto se debe a que las pérdidas de peso se producen en toda la cadena de distribución y transformación, desde el oreo hasta el cocido, y suponen pérdidas económicas que pueden alcanzar del 4 al 5% del peso inicial, siendo comunes en la actualidad pérdidas del 1.5 al 2% (López *et al.*, 2001).

1.3 Consumo en México

El consumo de la carne de conejo en México es muy baja (no llegando a ser ni los 700g por persona por año), comparado con diversos países europeos mediterráneos como Francia, España, Italia y Malta donde se llegan a reportar consumos que van desde los 3,000-5.500g por persona por año. Según datos proporcionados por la FAO, la producción mundial, fue creciendo paulatinamente

desde fines de la década de los 90', alcanzando 1.121.456 toneladas, durante el año 2004, representado un incremento del 14% con respecto a 1998. De la producción mundial, China se mantiene como el principal país productor, concentrando en 2004, el 41% de la producción total. Otros países a considerar como importantes productores, en el período 1998-2004, son Italia con una participación promedio del 20%, España con el 10%, Francia con el 8%. Algunos factores como la tradición, la falta de disponibilidad del producto en lugares accesibles al consumidor, el precio elevado de la carne, el rechazo por una supuesta apariencia desagradable de la canal y el desconocimiento en las forma de preparación, entre otros, han sido mencionados como causa de cierta incertidumbre en cuanto al consumo de dicha carne (Gamboa *et al.*, 2002b).

En nuestro país no se han realizado estudios sobre las preferencias de los consumidores, en la Comunidad Europeo, particularmente en el mercado Italiano el consumidor prefiere una calidad en un sentido amplio, seguido de la apariencia, peso de la canal y precio, la carne de conejo se considera por los consumidores tradicionales, como una carne tierna, magra y delicado sabor, por lo que la calidad sensorial son por lo tanto crucial para la elección del consumidor, esta determinación sensorial se puede hacer utilizando un panel experto, pero es lento y largo el proceso, por lo tanto es interesante considerar mediciones químicas, mecánicas u ópticas (Combes *et al.*, 2008).

2. BIENESTAR Y SU VALORACIÓN

El bienestar animal se puede definir como un estado de completa salud mental y física, donde el animal está en perfecta armonía con el ambiente que le rodea. Anteriormente, Brambell (1965), en su informe sobre el bienestar de los animales en los sistemas intensivos de producción, define el bienestar en un término muy amplio, como el buen estado físico y mental de los animales. A pesar de estas definiciones el estado de bienestar es un estado dinámico, variado en sus manifestaciones y enormemente complejo. Su naturaleza puede variar entre individuos además de variar en el mismo individuo de un momento a otro. Es irreal que el animal se encuentre en el mismo estado de bienestar todo el tiempo (Curtis, 1985 y Grandin, 2000).

El bienestar al rastro debe incluir analizar la fatiga, el miedo y la angustia, el ayuno, la deshidratación y las lesiones, es bien conocido que la prevalencia de hematomas deprecia el valor comercial de las canales, independientemente de la especie de la que se trate (Gregory, 2005)

Los animales ante situaciones de estrés que amenacen su nivel de bienestar, ponen en funcionamiento diferentes mecanismos biológicos para mantener su homeostasis y responder a la situación de estrés. Los tres tipos generales de respuesta biológica frente a un estímulo externo que

es percibido como una amenaza, son: de comportamiento, del sistema nervioso autónomo y neuroendocrino (Moberg, 1985).

Las respuestas del sistema autónomo y neuroendocrino están controladas por el hipotálamo. La acción de estos dos sistemas está encaminada a proporcionar al organismo los mecanismos necesarios para ayudar al animal a hacer frente a la situación de estrés y mantener el equilibrio orgánico. Por una parte, el sistema nervioso autónomo tiene un papel muy importante durante las situaciones de estrés agudo, ya que el sistema simpático y parasimpático de sistema autónomo actúan modificando la frecuencia cardíaca, la resistencia vascular, la secreción de glándulas exocrinas, contracción de la musculatura lisa y la secreción de catecolaminas de la médula adrenal (adrenalina y noradrenalina). Por otra, el sistema neuroendocrino ofrece el mayor potencial del impacto del estrés sobre el bienestar animal. El principal sistema de regulación hipotalámica, es la pituitaria, la cual proporciona una conexión entre el sistema nervioso central y el sistema endocrino (Moberg, 1985 y Guerrero *et al.*, 2007)

Broom, (1995) y (2000), menciona que para hacer una valoración realista del bienestar de los animales se requiere del empleo de una gran cantidad de medidas de bienestar que incluyan medidas fisiológicas, etológicas y de calidad de la carne. Estas medidas de bienestar pueden utilizarse para valorar tanto el estrés agudo como el estrés crónico. Los animales durante el transporte son expuestos a un estrés de tipo agudo, utilizando para medir el nivel de bienestar medidas como la presencia de comportamientos de aversión y la frecuencia cardíaca entre otras, aunque también se pueden utilizar otras medidas relacionadas con el estrés crónico o que tienen su efecto a largo plazo como la presencia de enfermedades o la inmunosupresión (Knowles *et al.*, 1995a; Knowles *et al.*, 1998; Knowles y Warris, 2001).

El concepto de bienestar animal es otro aspecto que debería considerarse para evitar mermas en la calidad de la carne y desde luego, en la calidad de vida del animal, ya que las buenas prácticas de manejo evitan el sufrimiento innecesario de los animales durante la carga y descarga, y en general durante las etapas de producción y sacrificio. Actualmente muchos autores han mostrado el impacto negativo que tiene el transporte sobre el peso vivo y el rendimiento de la canal, considerando por separado variables como periodo de ayuno con restricción de alimento y/o agua y la densidad de carga (Lambertini *et al.*, 2005).

Los reglamentos que existen a favor del bienestar de los animales especifican las condiciones de transporte para la mayoría de los animales pero no definen los parámetros necesarios de densidad, distancia, paradas y acceso de agua y alimento durante este para el conejo; y esto trae como consecuencia un mal manejo durante el transporte y efectos negativos para el bienestar de los

mismos de ahí la calidad de la carne. Es necesario valorar el bienestar del animal desde múltiples vertientes que aseguren una evaluación amplia y objetiva de la calidad de vida de los animales, con el fin de incluir estos aspectos en los indicadores de calidad y seguridad del producto. En México, la ley de mercados debe comprender que el ganado (considerando dentro de esta la producción cunícula) y aves provenientes de viajes largos implican privaciones en el animal detrimento de la calidad y cantidad de esta carne. Las iniciativas sobre el bienestar animal en México están en camino, un proyecto de ley general sobre el bienestar animal fue introducido en el 2004, esta ley busca garantizar el óptimo bienestar de los animales de granja; se ha designado un convenio para el mantenimiento, cuidado, alojamiento, transporte y movilización, así como manejo, eutanasia y sacrificio. Se espera sea aprobado en el senado, esto deberá ayudar a que la gente y los productores sean más sensibles y consientes con respecto al bienestar animal (Mota-Rojas *et al*, 2006).

2.1. Medidas del Bienestar Animal

2. 1. 1. valoración etológica

El indicador más obvio que un animal tiene para reflejar la dificultad en hacer frente a una situación estresante (manejo, transporte, etc.) es el cambio en su comportamiento, manifestando reacciones de orientación, las cuales van seguidas de una respuesta de sobresalto y defensa o de huida. Las reacciones de orientación en los animales son comunes a muchos tipos e intensidades de estimulación, por lo que ellas mismas no son indicadoras de que el animal se encuentra ante un problema. Los animales ante estas situaciones, pueden rehusar avanzar, presentar inmovilidad, retroceder, correr o vocalizar (Broom, 2000; Knowels y Warris, 2001).

Una confusión bastante frecuente, es asumir que los animales que no dan gritos no están lesionados y que por lo tanto, el manejo que se está realizando con ellos es correcto. Esta valoración errónea puede generar problemas graves, ya que los animales pueden mostrar respuesta de inmovilidad por el estrés, y en ese caso, se debería tomar alguna medida fisiológica para valorar la respuesta del animal (Grandin, 2000; Broom, 2000).

La respuesta de inmovilidad en él animal, se presenta por el miedo que tiene el éste, y muchas veces no es reconocido por las personas que los maneja, manifestación que produce una alteración en su bienestar (SCAHAW, 2002). La carga y descarga de los camiones tiene un efecto bastante importante sobre el animal y esto se pone de manifiesto en el comportamiento del mismo. Los granjeros siempre utilizan el comportamiento de los animales como guía para valorar la salud y el bienestar de los animales (Mench y Mason, 1997).

En conejos Jolley (1990), comenta que el manejo en granja, de los conejos que son seleccionados para rastro, es un factor estresante, en combinación con mezcla de animales desconocidos. Además de que usualmente es necesario transportar a los conejos a la unidad de sacrificio, sin considerar tiempos de transporte y de ayuno (Coppings *et al.*, 1989). Efectivamente los conejos son expuestos a ilimitados actos que desencadenaran estrés, además de aspectos que están estrechamente relacionados con la temporada del transporte (Lambertini *et al.*, 2005; María *et al.*, 2006), las regulaciones en cuanto a parámetros de densidad, ayuno y descanso durante y al final del transporte no son los adecuados y se necesita mayor investigación que aporte información sobre esto (Lambertini *et al.*, 2005). La duración e intensidad de todos y cada uno de estos factores, presentan riesgos potenciales que crean puntos críticos en el proceso general que repercuten de manera directa sobre el bienestar y en segundo término sobre la calidad de la carne de conejo (Liste *et al.*, 2009).

2.2.2. Medidas fisiológicas

2.2.2.1.- Características generales

La medida de cualquier parámetro fisiológico debe ser valorada en relación con un nivel basal de referencia y con su fluctuación en el tiempo. Hay muchos parámetros fisiológicos que se pueden cuantificar para valorar el bienestar de los animales. Algunos de ellos son bastantes simples de medir, como la frecuencia cardíaca y respiratoria o la temperatura corporal, mientras que otros son mucho más complicados (De la Fuente, 2003).

2.2.2.2. Indicadores generales de estrés

La respuesta inicial al estrés es la liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) al torrente circulatorio, procedentes de la médula adrenal. La noradrenalina (norepinefrina) es también liberada en las terminaciones nerviosas del sistema nervioso simpático, donde actúan directamente. La liberación de estas hormonas provoca un incremento agudo de la frecuencia cardíaca y de la presión sanguínea, además de estimular a nivel hepático la glucogenolisis. Esto permite que aumente la disponibilidad de glucosa en sangre a los pocos minutos tras producirse la situación estresante. El efecto de estas hormonas se puede utilizar como indicador del nivel de estrés, pero la determinación de la adrenalina y noradrenalina debe realizarse rápidamente por que su vida media en sangre es muy corta (De la Fuente, 2003 y Guerrero *et al.*, 2007).

La adrenalina (epinefrina) a menudo refleja estrés psicológico, mientras que la noradrenalina está más correlacionada con actividad física del animal (Guerrero *et al.*, 2007).

Uno de los puntos de acción de estas dos hormonas es el corazón, provocando un aumento de la frecuencia cardiaca. La medición de la frecuencia cardiaca da una percepción fácil del grado de excitación que tiene el animal. Por lo tanto la frecuencia cardiaca aumenta como preparación de una acción que prevé el animal que puede ocurrir en un futuro próximo. Esta respuesta de preparación psicológica es muy importante desde el punto de vista del bienestar, más que otros cambios fisiológicos que se pueden presentar como reflejo simplemente de un aumento en la actividad del animal (Broom, 1995).

La frecuencia respiratoria es fácilmente valorable, y aumenta de la misma forma que lo hace la frecuencia cardiaca. El metabolismo y el nivel de actividad van a marcar esta frecuencia, pero un animal que es estresado repentinamente en su ambiente, aumenta la frecuencia respiratoria. El aumento en el torrente circulatorio de catecolaminas provoca un incremento de la temperatura corporal. El ascenso de esta temperatura puede estar en el orden de 1 °C, pero los valores dependerán de la adaptación que haya tenido el animal al transporte (Parrott y Misson., 1989).

Además de las hormonas producidas en la médula adrenal, en la corteza adrenal se producen glucocorticoides entre los cuales, el más utilizado para la valoración del estrés en los animales es el cortisol. La secreción de cortisol por la corteza adrenal, se produce por la estimulación de ACTH (hormona adrenocorticotrófica), secretada a su vez por la hipófisis anterior. La hormona ACTH, se encuentra estimulada por el factor de liberación de corticotropina (CRF), que se produce y se libera en el hipotálamo. Se activa un eje denominado eje hipotálamo-hipófisis-corteza adrenal. Este eje mantiene un sistema "feedback" de regulación, por la concentración de glucocorticoides en sangre (Guerrero *et al.*, 2006 y 2007).

El cortisol, es liberado en el torrente sanguíneo ante un amplio rango de situaciones estresantes, este también se libera en otras situaciones normales del comportamiento de la especie, como es la reproducción (cortejo y monta). El cortisol en sangre se puede encontrar en mayor proporción unido a proteínas, aunque hay una cierta cantidad que está libre en sangre que va a actuar sobre sus órganos diana (por ej. hígado, músculo, tejido adiposo). Este cortisol libre va a pasar a la saliva y a la orina, por difusión pasiva, donde se va a poder valorar como alternativa al cortisol plasmático, porque implica un método menos cruento hacia el animal para obtener la muestra. La proporción de cortisol que pasa a la saliva es suficiente como para mantener un equilibrio entre el cortisol libre en plasma y el de la saliva (Cook *et al.*, 1996). El aumento de la concentración de cortisol salivar ante un estímulo externo, se produce unos minutos más tarde respecto al incremento de cortisol en plasma. El cortisol juega un papel muy importante en la mediación de la respuesta fisiológica al estrés. Actúa sobre el metabolismo de la glucosa, activando la glucogenólisis hepática, inhibe la síntesis de proteínas, favoreciendo la proteólisis y modula los mediadores inmunológicos como la

linfocinas y los mediadores de la inflamación, teniendo un efecto antiinflamatorio. Debido al papel que juega el cerebro en su liberación, se le atribuye un papel importante en la percepción psicológica de la situación de estrés (De la Fuente, 2003; Aguilera *et al.*, 2007 y González *et al.*, 2007).

En un estudio realizado por Liste *et al.* (2009), donde evaluaron el efecto de la duración del ayuno y la posición en la torre sobre el bienestar y la calidad de la carne de conejo, los resultados muestran que el ayuno de 8 h, elevan los niveles de corticosterona (ng/dl) en sangre cuando se les comparo con el grupo control (32.5 ± 12 vs 16.1 ± 8.8), respectivamente.

2. 2. 2. 3. Indicadores de ayuno y deshidratación

El transporte incluye periodos donde los animales no reciben ni agua ni comida, y como consecuencia se produce una pérdida de peso, que en un principio será de contenido intestinal, para luego producirse un descenso en el peso de la canal, que será debido a la deshidratación (pérdida de agua corporal), y a las pérdidas de reservas corporales (Coppings *et al.*, 1989; Jolley, 1990; Dal Bosco *et al.*, 1997; y De la Fuente, 2003).

Cuando el animal se encuentra en ayunas, hay menos glucosa en sangre, provocando cambios hormonales, con un aumento del glucagón y un descenso de la insulina, lo cual dispara a las lipasas para la ruptura de los triglicéridos, los cuales al ser insolubles en agua, son transportados unidos a albúminas, mientras que el glicerol está disuelto en el plasma. El hígado es una gran reserva de glucógeno, polisacárido de reserva de la glucosa, que rápidamente se utiliza por el organismo como fuente de glucosa. El glucógeno se puede medir en el tejido hepático tras el sacrificio o por biopsia, pudiendo valorar el peso hepático como referencia de uso de estas reservas. También existen reservas de este polisacárido en el músculo, pero se conserva su nivel incluso después de varios días de ayuno (De la Fuente, 2003). El estrés puede afectar la calidad de la carne, el aumento del periodo de ayuno fue evaluado por Liste *et al.* (2009), y su repercusión sobre el bienestar del conejo. Jolley (1990), comenta que el estrés disminuye las reservas de glucógeno y aumenta la temperatura de la carne, más sin embargo no siempre los efectos del estrés se manifiestan en el valor del pH final. Los resultados obtenidos por Liste *et al.* (2009), mostraron un ligero descenso en los niveles de glucosa (mg/dl) en sangre, por efecto del periodo de 3 h de transporte y un ayuno de 2 h, presentándose los valores más bajos conforme éste aumento (control 170 ± 14.2 vs 148.6 ± 37 ; 133.9 ± 37), de 2 a 8 h respectivamente, sin que existiera diferencia estadística significativa.

En el hematocrito, la concentración total de proteínas, la de albúminas y el cociente entre las albúminas y las globulinas, son utilizadas como medidas de deshidratación. El hematocrito es el porcentaje de volumen sanguíneo ocupado por células (glóbulos rojos principalmente). Así, cuando

no hay pérdida o ganancia de células se puede medir el volumen de plasma (Abdelatif y Modawi, 1994). Sin embargo, la mayoría de las especies presenta un reservorio de glóbulos rojos en el bazo que son rápidamente liberados al torrente sanguíneo en respuesta a una situación estresante (Abdelatif y Modawi, 1994; Aguilera *et al.*, 2007 y González *et al.*, 2007). La posición de los conejos en la torre, baja, mediana o alta, no afecto de manera significativa el valor de hematocrito, independientemente de la duración del transporte largo o corto (Liste *et al.*, 2009).

2. 2. 2. 4. Indicadores de actividad física

La enzima CK (Creatin kinasa o también referida como CPK, creatin fosfokinasa), se encuentra en el tejido muscular e interviene en la formación de ATP necesario para la contracción muscular, a partir de la fosforilación de ADP con la coenzima creatin fosfato. Se encuentra en el torrente sanguíneo cuando existe una lesión muscular. Existen 3 isoenzimas, que son relativamente órgano-específicas, y una cuarta isoenzima que se encuentra en las mitocondrias. Identificando el nivel de las isoenzimas presentes en sangre, se puede determinar el tejido que se ha dañado. Durante el ejercicio hay un incremento de la isoenzima CK3 (principal isoenzima que se encuentra en el tejido muscular y que se denomina CK-MM) en sangre, que ha salido por lesión de la pared celular de las fibras de músculo esquelético (De la Fuente, 2003; Guerrero *et al.*, 2006).

La enzima CK es liberada a torrente sanguíneo cuando existe daño muscular, como puede ser el derivado de un ejercicio violento, como es el caso del transporte, estrés, etc. (Guerrero *et al.*, 2006 y 2007). Es claro que si bien no es una medida directa del estrés, es una consecuencia que puede asociarse directamente a situaciones de estrés o pérdida de bienestar (Grandin, 2000). No obstante, son numerosos los trabajos que demuestran que la creatincinasa ve incrementados sus niveles como consecuencia del transporte en malas condiciones (Honkavaara *et al.*, 1999). Estudios recientes en conejos que fueron ayunados por periodos largos, demuestran niveles significativamente más altos de CK, en comparación con el grupo control y conejos que fueron ayunados por un periodo corto (2951 ± 431 vs 1343 ± 491 y 2746 ± 425), respectivamente (Liste *et al.*, 2009).

2. 2. 3. Otros indicadores de bienestar

La mortalidad es un indicador útil de bienestar. Cuando un animal muere durante el transporte, es debido a que los mecanismos fisiológicos puestos en marcha por el animal han fallado en el mantenimiento de la homeostasis corporal ante la situación estresante con la que se han encontrado. Las compañías de transporte de animales, cuantifican el estrés del transporte por la mortalidad de animales que se presentan (Grandin, 1994 y 2000, Knowles y Warris, 2000).

En un estudio realizado por Liste *et al.* (2009), reportaron mayor presencia de hematomas en canales de conejo que fueron ayunados por un periodo corto (0.82 ± 0.11), en comparación con aquellos que tuvieron un ayuno mayor (0.48 ± 0.119). Probablemente esto puede estar asociado al manejo y sujeción, originando contusiones producidas durante la manipulación ante-mortem. Una manipulación y persecución intensa y prolongada, probablemente con una combinación de miedo y ansiedad, acompañada de un esfuerzo muscular, hace más propensos a los conejos para desarrollar hematomas. Grandin (1994 y 2000) sugiere la aplicación de buenas prácticas de manejo por personas capacitadas para reducir la presencia de estas y ayudar a mantener la calidad de la carne.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD

3.1 Calidad de la Carne

La definición de calidad de carne varia considerablemente, dependiendo a quien vaya dirigido: el proceso, el distribuidor o el consumidor, pero como el último es el juez final, su concepción de calidad de carne es la más importante. La calidad de carne no sólo incluye las propiedades nutrimentales, tanto como apropiadas proporciones de componentes bioactivos, proteínas, lípidos y sus subconstituyentes esenciales, sino las características sensoriales del producto (sabor, color, olor, textura, aroma, jugosidad, blandura y aspecto). Durante la segunda mitad del último siglo, el consumo y la demanda de carne en países desarrollados fue enfocada primeramente en ganancias, disponibilidad, precio y por supuesto, valor nutritivo. Las propiedades sensoriales de la carne son cruciales para el consumidor, las variables más significantes incluyen la apariencia (color y consistencia de la carne cruda), textura (terneza y jugosidad) y sabor (sabor y aroma). La carne de conejo puede cambiar de apariencia con el tiempo en exhibición: puede llegar a ser oscura y seca, o húmeda de acuerdo a los sistemas de empaquetado, con consecuencias para su aceptabilidad al consumidor; es un hecho que el consumidor asocia frescura y calidad con un buen color de carne magra (Dalle-Zotte, 2002). Los parámetros de la calidad de la carne, que son evaluados de forma consciente e inconsciente por el consumidor, constituyen las características organolépticas. Dichas características son el conjunto de propiedades perceptibles por nuestros sentidos que demandan y cuantifican los consumidores directamente (López *et al.*, 2001; Rubio y Méndez, 1996).

3.2 pH

El pH es una de las características de la calidad más importantes, ya que afecta directamente a la estabilidad y propiedades de las proteínas, y de su valor final (medido normalmente a las 24 h post-mortem) ya que de este dependerán prácticamente todos los atributos importantes de la calidad de la carne, como son: la CRA (capacidad de retención de agua), textura, y el color. La evolución del pH

de la carne de conejo se inicia a partir del pH del músculo, que en conejos vivos es muy cercano a 7.0. Sin embargo, después del sacrificio el músculo pierde el aporte de oxígeno y nutrientes, por lo que trata de mantener su integridad disipando sus propias reservas energéticas y sufriendo cambios en sus propiedades durante la etapa post-mortem (*rigor mortis*), las cuales dependerán de las condiciones ante-mortem como: transporte, estrés, ayuno, método de aturdimiento, disponibilidad de glucógeno y producción de ácido láctico, entre otros (Ramírez, 2004).

Una de las consecuencias del sacrificio, es la disminución del pH en la carne de conejo, que pasa de un valor en el músculo de 7.0-7.2, a un pH final, dependiendo del músculo, que oscila entre 5.6 (en músculos de actividad glicolítica), a 6.4 (en músculos oxidativos), y de los factores ante mortem antes mencionados (Dalle-Zotte, 2002). Cuando el animal es sacrificado, hay una interrupción de la circulación, el músculo deja de recibir irrigación sanguínea y por tanto del aporte de oxígeno, produciéndose una serie de transformaciones bioquímicas que van a convertirlo en carne (López *et al.*, 2001). El pH muscular es una medida interesante porque es un estimador del tipo de fibra muscular y del equilibrio entre las vías metabólicas y el nivel de reserva energética en músculo, además de permitir valorar el tratamiento a que ha sido sometido el animal antes del sacrificio (De la Fuente, 2003). Sin embargo pocos estudios se han realizado sobre el pH para determinar la calidad en canales de conejo (Blasco y Piles, 1990, María *et al.*, 2006).

3.3 Capacidad de Acidificación

La capacidad de acidificación está determinada por los efectos de factores tales como son transporte-ayuno (Lambertini *et al.*, 2005). Para el caso del conejo, el pH se mide normalmente en los músculos *longissimus dorsi* y *biceps femoris* encontrándose valores de 5.6-5.7 en *longissimus* y 6.2-6.4 en *bíceps*, hasta la fecha no se han reportado razas de conejos que presenten cinéticas de acidificación o valores de pH finales anormales, como en el caso del cerdo, el cual puede presentar defectos en la carne como músculos PSE (pálido suave y exudativa), de tal forma que la carne de conejo no es exudativa (Ramírez, 2004).

3.4 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La CRA es la propiedad que tienen las proteínas a hidratarse mediante sus aminoácidos hidrofílicos y retiene una gran cantidad de agua que está en equilibrio con la humedad relativa del ambiente (López *et al.*, 2001)

La CRA es una propiedad de gran importancia en la calidad de la carne ya que sufre cambios antes, durante y después de la cocción. Después del sacrificio, la CRA se ve afectada por factores como: la

caída del pH post-mortem, la instauración del rigor mortis y los cambios en la estructura miofibrilar asociados en parte a la actividad proteolítica. Por ello las propiedades físicas más importantes de la carne como son: color, firmeza, jugosidad y textura de la carne cocida, están estrechamente relacionadas con ella. Cuando los tejidos tienen poca CRA durante el almacenamiento, las pérdidas por goteo pueden ser grandes y al mismo tiempo pierden algunas proteínas solubles, vitaminas y minerales (Dalle-Zotte *et al.*, 2008).

La CRA tiene especial interés por la influencia en la pérdida de peso en el proceso de transformación y por la calidad del producto obtenido. La CRA es función del pH de la carne, cada músculo tiene distinta CRA, por lo que no es una medida significativa, aunque sí indicativa (López *et al.*, 2001). La determinación más precisa de la CRA se determina centrifugando a alta velocidad una muestra de carne macerada; se extrae con pinzas, se seca y se pesa para determinar la pérdida de líquido (De la Fuente, 2003).

La fijación de agua por las proteínas decrece cuando la temperatura se eleva, debido a una disminución de enlaces hidrógeno. Durante el calentamiento se produce una desnaturalización y agregación que puede reducir la superficie de la molécula proteica y la disponibilidad de grupos polares para fijar agua (López *et al.*, 2001).

Liste *et al.* (2009), reportan que la CRA no se ve afectada por la duración del ayuno independientemente de que éste fuera largo, o corto, (14.48 ± 0.32 y 14.63 ± 0.32), respectivamente (8 ó 2 h). En el mismo estudio ellos observaron que la carne procedente de conejos que tenían una posición en la torre baja y media, presentaron los valores más bajos en la CRA (13.84 ± 0.37 y 14.14 ± 0.49), comparados con aquellos que ocupaban la posición más alta (15.68 ± 0.4). Caso contrario reporta Jolley (1990), en un estudio donde evaluaron el efecto del ayuno o del transporte por 24 h y conejos que fueron sacrificados inmediatamente, ellos reportan diferencia estadística significativa, en conejos transportados por 24 h donde se mostraron los valores más bajos (1.16) y los valores más altos se reportaron en aquellos conejos que se sacrificaron inmediatamente (1.50). El efecto de la época del año fue evaluado por María *et al.* (2006), donde se aprecia que los valores más altos correspondieron a la época de invierno (14.93-14.57), cuando se les comparó con los valores obtenidos en verano (12.12-12.61).

3.5 Propiedades Sensoriales

3.5.1 Color

El color es la primera característica sensorial apreciada por el consumidor, es extremadamente importante desde el punto de vista comercial porque la mayoría de los consumidores desarrollan

fuertes preferencias respecto al color de la carne. El color depende de la cantidad de pigmento mioglobina del músculo (López *et al.*, 2001). Las medidas del color en la carne son usualmente tomadas en cortes de carne de res, borrego ó cerdo, pero en las canales de conejo son comercializadas como una entera, de esta manera las mediciones de color en las canales se toman de diferentes sitios de músculos; parece ser un criterio sensible de calidad (Hernández *et al.*, 1998). El color de la carne depende del tipo del músculo (actividad) y de la concentración de mioglobina, además del estado de oxidación del átomo de hierro del grupo *hemo* y de una posible desnaturalización de la globina. El color es un indicador utilizado para evaluar la calidad de la carne. Debido a que la mayoría de las investigaciones relacionadas con el color en la carne están realizadas para las especies y cortes de mayor consumo, para la carne de conejo, Blasco y Piles (1990), sugieren que las medidas del color se obtengan de los músculos de mayor importancia comercial, es decir, *longissimus dorsi* y *biceps femoris*, considerados los músculos más representativos en estudios realizados en calidad de carne de conejo.

Dal Bosco *et al.* (1997), reportan que el periodo de transporte tiene un efecto significativo sobre el color de la carne, presentando carne más roja y más oscura. La carne de conejos que fueron transportados por un periodo más largo, cuando se les comparo con aquellos con un transporte corto (400km vs 15km), reportando valores de luminosidad (61.4 vs 44.3), índice rojo (20.1 vs 24.2) e índice de amarillo (3.1 vs 9.6), respectivamente. Los datos anteriores fueron reportados en la primera hora post-mortem, cabe señalar que el mismo efecto se repitió 24 h post-mortem pero solo para los casos de índice rojo (9.2 vs 17.6) e índice de amarillo (3.8 vs 2.0), perdiendo significancia en luminosidad (58.8 vs 57.8). Para la carne de conejos transportados por 400km o 15km, respectivamente, específicamente para el músculo *longissimus dorsi*. En otro estudio realizado por Liste *et al.* (2009), este grupo de investigadores no encontró diferencias significativas por efecto de la duración del ayuno largo o corto (2 vs 8 h):

Respecto al color de la carne, reportan ligeras diferencias por efecto de la posición en la torre, mostrando valores más altos aquella carne de los conejos procedentes de la posición alta ($L^*57.42 \pm 0.45$; $a^*2.99 \pm 0.21$; $b^*3.9 \pm 0.22$) en comparación con la posición media ($L^*56.98 \pm 0.45$; $a^*2.65 \pm 0.21$; $b^*3.33 \pm 0.22$) y baja ($L^*56.69 \pm 0.42$; $a^*2.49 \pm 0.19$; $b^*3.3 \pm 0.21$), pero sin que esta diferencia fuera estadísticamente significativa. Lambertini *et al.* (2005), concluye que la densidad de carga no afecta el color de la carne, reportando valores de $L^* 59.8$ vs 60.2 ; para densidades de 10 y 15 conejos por jaula respectivamente.

3.5.2 Textura

Las propiedades relacionadas con la textura, son características apreciadas por el consumidor y se caracterizan por ser muy difíciles de definir, ya que al igual que el color, las propiedades de textura

de una misma muestra pueden tener diferente significado para cada persona. El contenido de colágeno tiene una relación directa con las propiedades de textura, la edad del animal al parecer está relacionada con el tejido conectivo y muy especialmente con las propiedades del colágeno. La concentración de colágeno no varía significativamente con el crecimiento del animal, pero es más insoluble a mayor peso y edad, también se ha observado que la maduración es más rápida en músculos blancos (contracción rápida), que en los músculos rojos (contracción lenta). También se ha encontrado cierta influencia debida al pH, además de otros como: especie, edad, condiciones de estrés (ante-mortem), tipo de músculo, cantidad y solubilidad de colágeno, longitud del sarcómero, entre otras (Ramírez, 2004).

De todos los atributos de calidad comestible de la carne, la textura y la dureza son considerados los más importantes por el consumidor promedio, siendo incluso atributos de mayor importancia que el aroma ó el color (López *et al.*, 2004; Lawrice, 1977), y en conejos dos de los principales atributos es la terneza y el sabor, estas características son determinadas genéticamente (Ariño *et al.*, 2007). La blandura, terneza o ternura, no tiene efecto alguno en cuanto a valor nutritivo, pero es fundamental para juzgar la calidad, éste parámetro define la facilidad con que la carne se mastica; su antagónico es la dureza (López *et al.*, 2001). El instrumento más usado en la medida objetiva de la dureza es el texturometro (Warner-Blatzler); que mide la fuerza necesaria para cizallar y cortar una muestra cilíndrica de carne de 1 mm de espesor en libras o kilogramos; a mayor valor de la fuerza, mayor dureza de la carne (Guerrero-Legarreta, *et al.*, 2002).

Respecto al periodo de ayuno, estudios realizados por Liste *et al.* (2009), indican que la fuerza de corte fue significativamente mayor, en conejos con una periodo de ayuno más largo de 8 h (0.88 ± 0.07), en comparación con aquellos que solo fueron ayunados por 2 h (0.74 ± 0.07), el mismo estudio también demostró que la posición en la torre es factor estresor y origina un endurecimiento de la carne mostrando los valores más altos en aquella carne de conejos que tuvieron una posición media y baja en la torre, en comparación con los que tenían la posición alta (0.88 ± 0.07 y 0.88 ± 0.07 vs 0.71 ± 0.11), respectivamente.

3.5.3 Jugosidad

La jugosidad de la carne desempeña un papel importante en la impresión total de palatabilidad que percibe el consumidor, la liberación de jugos durante la masticación interviene en el proceso de fragmentación y reduce la sensación de dureza; además estos jugos contienen muchos componentes importantes del aroma y del sabor. La jugosidad viene dada por el grado de infiltración de grasa o marmoleo, que evitan la sequedad de la carne; la jugosidad, junto con la terneza o ternura, determinan la textura de la carne (López *et al.*, 2001). Estudios recientes donde evaluaron la jugosidad, dureza y la intensidad del sabor de la carne de conejo realizados por Ariño

et al. (2007), encontraron que la línea genética de origen tiene una influencia sobre la ternura, pero no sobre la jugosidad de la carne. Otro estudio realizado por Combes *et al.* (2008), evaluaron la relación entre las medidas fisicoquímicas y sensoriales de la carne de conejo, ellos reportan que la mayoría de la carne jugosa en conejos se presenta en las piernas y la espaldilla ($p < 0.01$), y que la ternura de la carne disminuye de manera significativa en las piernas ($p < 0.01$), según el sistema de crianza de los conejos. También existe una correlación entre las variables sensoriales y las variables fisicoquímicas, especialmente para la ternura de la carne.

3.5.4 Sabor

El sabor corresponde a las percepciones olfativas y gustativas durante la degustación; en el caso de la carne de conejo depende esencialmente de la composición lipídica de la misma. El aroma y sabor vienen determinados por una amplia gama de compuestos químicos presentes en concentraciones muy pequeñas, que no afectan al valor nutritivo, pero sí a la aceptabilidad. El sabor depende pues, de la carnitina, nucleótidos, ciertos aminoácidos libres, acción de microorganismos, la presencia de ácidos grasos libres y del grado de lipólisis de la carne (López *et al.*, 2001). Investigaciones realizadas por Rødboten *et al.* (2004), sobre perfil sensorial de la carne procedente de quince especies comerciales de carne, situaron a la carne de conejo entre las de menor intensidad en color, aroma y sabor, su jugosidad es media-baja, el grano muscular escaso, es la que presenta mayor ternura y la que menor sensación de grasa deja en la boca.

4. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CARNE

En la actualidad la calidad de la carne es un concepto que continuamente está cambiando y los consumidores se interesan cada vez más, los medios se ha encargado de concientizar a los consumidores sobre la importancia de la inocuidad alimentaria. El consumidor asocia la frescura y la calidad con un buen color y una carne magra (Dalle-Zotte, 2002; María *et al.*, 2006; Dalle-Zotte *et al.*, 2008; Liste *et al.*, 2009).

Desde hace tiempo se sabe que el estrés induce cambios en el metabolismo del músculo en los animales y por lo tanto produce diferencias en la calidad de la carne (Rubio y Méndez, 1997; Knowles, 1998; Mota-Rojas *et al.*, 2006).

Existen factores que afectan la calidad de la carne y de la canal de conejo. Dalle-Zotte (2002), los clasifica en dos partes: factores que tiene efectos moderados en la carne y en la canal de conejos y factores con efectos altos en la carne y canal de conejo. Dentro del primer grupo se encuentran las condiciones anteriores al sacrificio y el método de aturdimiento. Las situaciones de estrés provocan en el animal diferentes reacciones fisiológicas, que van a causar modificaciones o afecciones sobre

la calidad de la canal y de la carne (Jolley, 1990; María *et al.*, 2006). El transporte, la restricción de agua y/o alimento, y el método de sacrificio son factores estresantes que contribuyen en la pérdida de peso y en un pobre rendimiento de la canal (Coppings *et al.*, 1989; Jolley, 1990; Masoero *et al.*, 1992; Mota-Rojas *et al.*, 2006 y 2009).

Los tratamientos ante-mortem originan menor rendimiento de la canal y pérdidas de peso vivo un retiro de alimento de 36 h produce pérdidas de peso de hasta 9.7%, y cuando el retiro de alimento es en combinación con un retiro de agua, produce 8.0% en 24 h. (Coppings *et al.*, 1989), estudios hechos por Szendrő y Kustos (1992), indican que los conejos pierden hasta 98 g en las primeras 6 h de ayuno. Guerrero *et al.* (2007), evaluaron el efecto del periodo de descanso en conejos y no encontraron diferencias significativas, en conejos aturdidos por método eléctrico o por dislocación cervical.

4.1 Factores Estresantes

Knowles (1998), cita que el estrés en el transporte se puede dividir en tres categorías:

- a) Estrés físico,
- b) Estrés fisiológico y
- c) Estrés psicológico.

El estrés físico se origina por el trabajo del animal, el mantenimiento de la postura y el balance durante el transporte. El estrés fisiológico se puede presentar por estados de inanición, deshidratación, enfermedad, y mantenimiento de la temperatura corporal. El estrés psicológico, es causado por el cambio de ambiente, presencia de un depredador natural, mezcla de animales desconocidos, jerarquías sociales.

4.2 Estrés Físico y Psicológico

Desde hace tiempo se sabe que el estrés induce cambios en el metabolismo del músculo en los animales y por lo tanto produce diferencias en la calidad de la carne.

El incremento en la duración del transporte resulta en estrés físico, la liberación de creatinfosfoquinasa como producto de un cambio en la permeabilidad de la membrana celular y la llegada de ésta a la circulación desde el tejido muscular que provoca un aumento en su actividad plasmática manifestándose como estrés físico (Knowles *et al.*, 1995b y Knowles, 1998). Liste *et al.* (2009), evaluaron el bienestar por efecto de la duración del ayuno y reportan un aumento

significativo en los niveles de CK en sangre por efecto de este, así mismo la posición de la jaula en la torre influye de manera significativa y se evidencia que es un factor estresor al aumentar los niveles de CK (2930 ± 498 vs 1343 ± 491), cuando se le comparo con el grupo control, respectivamente. Por otro lado, Guerrero *et al.* (2007), reportan un descenso en los niveles de CK por efecto del método de aturdimiento, reportándose valores más altos en aquellos conejos insensibilizados por el método eléctrico en comparación con aquellos que fueron aturdidos por dislocación cervical.

Los animales están sujetos a varios eventos, estrés físico y psicológico durante su transferencia al sacrificio. Se tienen reportes de que ciertos factores físicos asociados con el transporte incrementan el estrés y limitan el descenso del pH en la carne (Coppings *et al.*, 1989; De la Fuente, 2003; Mota *et al.*, 2006 y Mounier *et al.*, 2006).

El estrés antes del sacrificio conlleva a una reducción del glucógeno en el músculo y consecuentemente reduce la producción de ácido láctico post-mortem, lo que resulta en un elevado valor en el pH de la carne. Durante la transferencia de los animales a la planta de sacrificio los animales son expuestos a varios factores estresantes como son el ayuno o el ejercicio forzado, pero también el cambio de grupo social y ambiente familiar, manejo (durante y después), esto les origina estrés físico y psicológico. Estos aspectos desarrollan condiciones negativas en la calidad de la carne (Mounier *et al.*, 2006). Los niveles de Lactato Deshidrogenasa (LDH), se vieron alterados, en un estudio realizado por Guerrero *et al.* (2007), por efecto del método de aturdimiento y del periodo de descanso ante-mortem, encontrándose los valores más bajos en aquellos animales que tuvieron un periodo de descanso independientemente del método de aturdimiento. Liste *et al.* (2009), observaron que los niveles de lactato disminuyeron por efecto del tiempo de ayuno (59.4 vs 81.4), para un ayuno de 8 y 2 h respectivamente.

4.3 Ruido

En conejos se recomienda que el nivel de ruido sea bajo, debido a que se trata de animales muy nerviosos. Ruidos altos va a ocasionarles estrés, pudiendo llegar a inhibirles la cecotrofia (De la Fuente, 2003).

4.4 Efecto del Transporte

Durante el proceso de transporte existen muchos puntos críticos que pueden poner en riesgo todo el trabajo de los cunicultores y reducir significativamente sus ingresos. Uno de estos puntos críticos es la espera en el matadero antes del sacrificio, el cambio de ambiente que sufren los animales al

ser transportados y la novedad del mismo es el principal factor de estrés durante este proceso (Listle *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos demuestran que la duración del transporte es el factor principal que influye de manera negativa en el rendimiento de la canal originando pérdidas en el peso vivo, estos efectos no solo son originados por la pérdida en el contenido del tracto gastrointestinal si no también en la pérdida de peso reflejada en la canal por efecto del periodo de 2 h de transporte. (Lambertini *et al.*, 2005). Masoero *et al.* (1992), reportan un efecto significativo en el aumento de los valores de pH en el músculo Ld, originado por un transporte de 2 h y la interacción de este con el ayuno. Resultados similares fueron reportados por Dal Bosco *et al.* (1997), ellos reportan pH de 6.85 vs 6.41, en conejos transportados en distancias largas y cortas (400 y 15 km), respectivamente. En este mismo estudio ellos reportan efecto del transporte sobre el color de la carne, originando carne con menor índice de luminosidad y más roja. María *et al.* (2006), encontraron el mismo efecto en la carne, por efecto de la época del año, encontrando carne más oscura en aquellos conejos sacrificados en invierno. Algunos autores reportan que la acidificación de la carne se debe probablemente a la disminución de las reservas energéticas durante el periodo de transporte de la granja al rastro (Lambertini *et al.*, 2005; Mota-Rojas *et al.*, 2006).

Un periodo largo en el transporte de conejos provoca acidificación de la carne y carne oscura (Dal Bosco *et al.*, 1997; Lambertini *et al.*, 2005; María *et al.*, 2006).

4.5 Tiempo de Transporte

El tiempo de transporte o ayuno prolongado influyen en el bienestar animal, existe mayor riesgo de incurrir en condiciones adversa que resultan negativas en la calidad de la canal. Gallo *et al.* (2001), concluyeron que mientras más prolongado es el transporte, se generan más contusiones en los animales produciendo mayores pérdidas económicas. En un estudio realizado por Liste *et al.* (2009), reportan un aumento en la presencia de hematomas en conejos que fueron transportados por 3 h y con un periodo de ayuno de 2 h en comparación con aquellos que fueron transportados por el mismo tiempo y ayunados por 8 h.

Al aumentar el tiempo del transporte hay una mayor movilización de las reservas de grasas corporales del animal como respuesta a un ayuno cada vez más prolongado que está relacionado con la duración del transporte, ya que a mayor tiempo de transporte (12 h y 24 h) las pérdidas en el peso vivo se incrementan (Coppings *et al.*, 1989 y Jolley, 1990).

El transporte envuelve largos periodos de retiro de agua y alimento. Esto origina que el peso vivo de los animales se vea mermado y que se origine una pérdida en el rendimiento de la canal. Las pérdidas pueden ser de 3, 5, 7.5, 11, 12 y 14 % por efecto de 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h de retiro de alimento respectivamente (Jolley, 1990).

En un estudio realizado por Lambertini *et al.* (2005), no se encontraron diferencias por efecto del transporte en el pH inicial, pero en los valores obtenidos para el pH final se reportaron diferencias para los conejos que fueron transportados 4 h en comparación con conejos que fueron transportados 2 h (6.01 vs 5.88 respectivamente). También se reportaron diferencias en el color de la carne por efecto del transporte 4 h, encontrándose este más oscuro y más rojo-morado (L^* bajo 58.0 vs 61.3 y 60.8 en 1 y 2 h de transporte respectivamente).

La pérdida por cocción fue menor para el tratamiento por 4 h de transporte ($P < 0.05$) obteniendo valores de 20.3% para el grupo control vs 21.9% y 22.4% con 1 y 2 h de transporte respectivamente (Lambertini *et al.*, 2005).

4.6 Distancias Recorridas

La influencia de la pérdida de peso por efecto del transporte ocurre después de las 2 h post-transporte. La pérdida de peso se incrementa en proporción con el tiempo del transporte. (Lambertini *et al.*, 2005), y con la interacción de la distancia y el ayuno (Jolley, 1990; María *et al.*, 2006). Las distancias largas influyen de manera directa sobre el bienestar, alterando o modificando los niveles de LDH, Lactato, CK, hematocrito, cortisol, entre otros (María *et al.*, 2006; Guerrero *et al.*, 2007; Liste *et al.*, 2009).

4.7 Densidades en el Transporte

De acuerdo con Grandin (1994), los animales necesitan un espacio individual durante el transporte, cuando este espacio se ve transgredido por la cercanía con otros animales, se produce un estado de estrés crónico.

Las densidades de carga elevadas generan inconvenientes como estrés, animales caídos y mayor número de contusiones, comparados con densidades medias y bajas (González Lozano *et al.*, 2007). En un estudio realizado por Lambertini *et al.* (2005), no se encontraron diferencias por efecto de la densidad de carga en el peso al sacrificio y rendimiento de la canal en conejos. A diferencia de lo que se reporta en cerdos en donde la densidad de carga si tiene un efecto en la pérdida de peso.

4.8 Periodo de Descanso

Un periodo de reposo en los corrales pre-sacrificio generalmente es recomendado a fin de que los animales recuperen las reservas de glucógeno muscular previamente disminuidas a causa de factores estresantes durante el transporte. Sin embargo, Gevering *et al.* (1996) citado por González Lozano *et al.* (2007), sugieren que desde el punto de vista del bienestar animal, es mejor que los animales sean sacrificados inmediatamente después de su llegada, hecho que no es muy práctico en la mayoría de los mataderos, si los animales se sacrifican inmediatamente después de su llegada, proporcionan carne de mala calidad y no tendrán la acidez adecuada ya que su sangrado será incompleto.

Según Jolley (1990), un tiempo mínimo de espera pre- sacrificio es necesario para que los conejos se recobren de la respuesta de estrés producido por el transporte. Para este mismo autor, una de las consecuencias de un mal manejo durante el proceso de transporte y espera, es el deterioro de la calidad instrumental de la carne de conejo con la consecuente reducción de su valor comercial y seguridad para los consumidores.

Un estudio que consistió en transportar 76 conejos por 3 h con tiempos de espera de 2 o 6 h identificando la posición en el vehículo (superior, media o inferior), demostró que la principal variable de calidad el pH final no se vio afectada por ninguno de los factores considerados. Esto indicaría, en principio, que el efecto del tiempo de espera sobre la calidad instrumental de la carne fue mínimo. La capacidad de retención de agua fue afectada ($P < 0.01$) únicamente por la posición de los animales en la torre de transporte. El tiempo de espera afectó el color de la carne. Las carnes provenientes de animales con tiempo corto tuvieron valores de L^* (Luminosidad) ligeramente más altos que los de espera larga. La posición en la torre no afectó el color de la carne. Solo dos variables de textura se vieron ligeramente afectadas por el tiempo de espera ($P < 0.05$). En general se puede decir que en las condiciones de este estudio, el tiempo de espera tiene un escaso efecto sobre la calidad instrumental de la carne. Sin embargo los parámetros relacionados con la actividad eje Hipotálamo Pituitaria Adrenales (HPA), asociados a la actividad metabólica de los animales para lograr la adaptación, si se vieron afectados en éstos mismos animales. Esto vendría a demostrar que el nivel de estrés necesario para provocar cambios significativos sobre la calidad de la carne, serían muy superiores al que se requiere para producir cambios significativos en los indicadores fisiológicos de bienestar animal (María *et al.*, 2004).

Un efecto mínimo sobre la calidad de la carne no es un indicador certero para asegurar que los animales presenten un óptimo nivel de bienestar animal. Se está ante un aspecto de la calidad de un producto ligado a la calidad ética y no a su calidad instrumental (María *et al.*, 2006).

Es muy importante proveer durante la espera, de condiciones ambientales acordes con las necesidades fisiológicas y de comportamiento, adecuadas para los animales que se van a sacrificar (Liste *et al.*, 2009).

5. PERIODO DE AYUNO

En diversos países un ayuno de 12 a 15 h pre-sacrificio es una práctica común para reducir el riesgo de contaminación microbiana (contaminación cruzada) durante el sacrificio. Varios estudios han demostrado que el ayuno en cerdos tiene como resultado la disminución del glucógeno en el músculo y posteriormente carne con valor en pH elevados, esto puede ser usado como indicador de fatiga o estrés en cerdos. El glucógeno en el músculo es el primer recurso de energía para la contracción muscular durante el ejercicio. Algunos estudios han demostrado que el ejercicio exhaustivo en cerdos produce músculos oscuros firmes y secos, teniendo valores elevados en el pH y bajas concentraciones de glucógeno (Mota-Rojas *et al.*, 2006).

Los conejos pierden entre un 3 y un 4 % de su peso durante un período de 12 h de ayuno, que se incrementa a 6 y 10 % después de 24 h llegando hasta el 10 y 12 % tras un ayuno entre 36 y 48 h (Jolley, 1990). El transporte y la restricción de alimento son factores generadores de estrés e influyen en la pérdida de peso al sacrificio (Jolley, 1990; Lambertini *et al.*, 2005).

El periodo de ayuno tiene una influencia desfavorable en el peso al sacrificio y la combinación con el transporte incrementan los efectos de pérdida de peso. (Lambertini *et al.*, 2005).

5.1 Pérdida de Peso

Por efecto del transporte pueden registrarse notables mermas que se reflejan en el peso final de la canal. Brown *et al.* (1999), encontraron que la disminución de peso que experimenta el animal como efecto del viaje se da principalmente por eliminación del contenido gastrointestinal y orina, aunque otra forma de perder peso es a través de la transpiración y pérdida tisular por contusiones que provoca una merma notable. La ausencia de agua y alimento en el transporte incrementan estas pérdidas de peso. Estas pérdidas incluyen componentes de la canal, no solamente el contenido de tracto gastrointestinal.

Szendrő y Kustos (1992), realizaron un estudio en conejos para evaluar el efecto de la inanición (retiro de agua y alimento), sobre el rendimiento de la canal en conejos Nueva Zelanda blanco. Los tiempos de inanición fueron los siguientes: 0, 6, 12 y 18 h; con un transporte de 4 h y con un tiempo de 2 h de espera antes del sacrificio. El tiempo de inanición total fue de 6, 12, 18 y 24 h,

para los grupos respectivamente. Se reportaron pérdidas en el peso posterior al transporte, el porcentaje reportado fue de 0.77%, 1.42% y 1.96% en comparación con el grupo de 6 h. En el rendimiento de la canal se reportaron los siguientes valores 55.79%, 55.02%, 54.37% y 53.83% los datos obtenidos fueron diferentes a un nivel de significativa de ($P < 0.001$) para los grupos de 12, 18 y 24 h de inanición comparados con el grupo de 6 h; cabe señalar que entre los grupos 12 y 24 h existe la misma diferencia significativa pero no así cuando se comparan con el grupo de 18 h.

Los resultados obtenidos por Coppins *et al.* (1989), confirman que el tratamiento ante-mortem como es el retiro de agua y/o alimento tienen efectos negativos sobre el rendimiento de las canales de conejo, afectando el peso al sacrificio, peso del hígado y contenido del tracto gastrointestinal.

Coppins *et al.* (1989), reportan en conejos que recibieron alimento ad libitum, se obtuvieron ganancias de peso (80.4 g) durante el periodo ante-mortem en comparación con aquellos en donde hubo una restricción en el alimento por 12 h, donde la pérdida fue aumentando proporcionalmente con el periodo de ayuno, alcanzando pérdidas hasta de un 9.7% a las 36 h. Lebas, (1969), citado por Coppins *et al.* (1989), reporta pérdidas de 6.7% en el peso vivo en conejos que fueron sometidos a 15 h de ayuno (retiro de alimento sólido).

El peso vivo al sacrificio está determinado por el periodo de ayuno, reportándose mermas cuando este se incrementa. Con un periodo de ayuno (restricción de alimento sólido) de 12 h se reportan pérdidas de 126.7 g (7%); con 24 h estas aumentan 134.8 g (6.3%) alcanzando valores de 192.5 g (9.7%) con 36 h. Cuando el ayuno incluye agua y alimento los valores reportados son 137.4 g (7.0%) y 172.7 g (8.0%) para los periodos de 12 y 24 h respectivamente. Estas observaciones indican el rol crítico que juega la disponibilidad del agua en la pérdida de peso de la canal asociado al tratamiento ante-mortem como lo es el periodo de ayuno (Coppins *et al.*, 1989). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Masoero *et al.* (1992), en donde el peso de la canal en el grupo control fue mayor en comparación con las canales procedentes de animales que fueron ayunados por 12 h, reportándose una diferencia significativa ($P < 0.05$). El porcentaje de pérdida reportada para el grupo control fue de 48.0% y de 52.7% en conejos ayunados por 24 h. Masoero *et al.* (1992) reporta que conejos del grupo control ganaron 40-54 g comparados con conejos que tuvieron un periodo de ayuno de 24 h, aunque en el trabajo realizado por Coppins *et al.* (1989), reporta ganancias mayores (80g) en el grupo control, el peso vivo de los animales disminuyó 5% por efecto del ayuno y 3.9% por efecto del ayuno y del transporte.

5.2 Respuesta Fisiológica

El estrés origina que los niveles de cortisol y β -endorfinas aumenten. Además se pueden ver alterados los valores en urea, glucosa, lactato y creatina cinasa. Cuando se incrementa la distancia y

el tiempo del transporte se reduce el peso vivo y se origina un incremento en los niveles sanguíneos de ácidos grasos libres, β -hidroxibutarato y urea. También se reporta incremento en los niveles de cortisol y glucosa pero solo al inicio ya que cuando se incrementa el recorrido el animal aparentemente se adapta (Knowles *et al.*, 1995a).

Jolley (1990), también indicó que las reservas de glucógeno hepático fueron mayores en los animales alimentados ad libitum antes del transporte, en comparación con los animales sometidos a ayuno de 12 h (349 vs 62 μ mol de glucosa/g, respectivamente), también observo que la concentración de glucógeno hepático cayó rápidamente entre las 6 y 12 h de ayuno de 317 a 62 μ mol de glucosa/g, respectivamente. Este mismo autor encontró que la concentración de glucosa plasmática fue significativamente más alta en los conejos transportados que en los no transportados sometidos a ayuno por el mismo periodo de tiempo (4.27 vs 3.45 mmol/L, cuando el transporte fue de 6 h y 3.98 vs 2.88 mmol/L, cuando el transporte fue de 24 h).

El metabolismo post-mortem de la energía intramuscular (glucógeno) juega un rol importante en la conversión del músculo a carne. La baja circulación en sangre causa obscurecimiento post-mortem. Por otro lado el aumento en la concentración de ácido láctico origina que el pH descienda muy rápido posterior a la muerte del animal lo que resulta en un color pálido (Jolley 1990; Guerrero *et al.*, 2007).

El metabolismo post mortem de la energía intramuscular del glucógeno almacenado juega un rol primario en la conversión del músculo a carne y en las diferencias atribuidas a la calidad de la carne (Leheska *et al.*, 2003). Los niveles de glucosa se ven afectados ligeramente por un estrés previo al sacrificio, la degradación del glucógeno muscular como consecuencia del ejercicio durante el estrés puede conducir a la producción de niveles elevados de ácido láctico, el cual es liberado a torrente sanguíneo (Warris, 1990). El estado de inanición también eleva los niveles de lactato. Cabe resaltar que los parámetros sanguíneos y la concentración de glucógeno en músculo indican que la densidad de carga no representa causa de estrés en los conejos (De la Fuente, 2003).

6. EFECTO TRANSPORTE Y PERIODO DE AYUNO

6.1 Efecto Sobre el pH

Lambertini *et al.* (2005), reporta consecuencias desfavorables sobre el pH final en conejos que fueron transportados por 2 y 4 h, pero no así en aquellos que fueron transportados por 1 h (5.88; 6.01 y 5.96) respectivamente. Resultados parecidos se reportan por Masoero *et al.* (1992), donde conejos que fueron transportados por un periodo de 2 h presentaron los valores más altos en el pH

final (6.51) y que la interacción del transporte con un ayuno de 24 h originaba el no descenso de este, mostrando mayores valores de pH (6.55). El transporte origina que las reservas de glucógeno se agoten y por lo tanto que el descenso del pH de la carne no se presente (Coppings *et al.*, 1989; Masoero *et al.*, 1992 y Lambertini *et al.*, 2005).

6.2 Efecto Sobre el Color

Las propiedades de la carne y los parámetros de color en particular, están relacionados con el valor del pH final. Valores altos en el pH reducen los niveles de oximioglobina a mioglobina alterando el color de la carne a un rojo oscuro. La luminosidad de la carne en el músculo *L. dorsi* disminuye en conejos que fueron transportados, los resultados muestran que entre más se incrementa el periodo de transporte los valores de luminosidad (L^* 61.3; 60.8 y 58.0), y de matiz (*Hue* 0.97; 0.96 y 0.86) descienden proporcionalmente, con 1, 2 y 4 h de transporte respectivamente (Lambertini *et al.*, 2005). Otro estudio realizado por Liste *et al.* (2009), ellos reportan que conejos transportados por 3 h e insensibilizados de manera eléctrica, independientemente del periodo de ayuno de 2 o 8 h no modificaban los valores de luminosidad, índice rojo e índice de amarillo, y por lo tanto no se veía alterado el color de la carne.

6.3 Rendimiento

La calidad de la carne y el porcentaje de pérdida en el rendimiento de la canal, son afectados por numerosos factores entre ellos la raza, peso del animal, edad, nutrición, ambiente, etc. El rendimiento comercial de conejos sometidos a un ayuno de pienso y agua progresivo (12, 24, 36 y 48 h), se reducía y era significativamente más bajo cuando el ayuno era de 24 h con respecto al grupo control no sometido a ningún ayuno; y el valor más bajo en el rendimiento se obtuvo con ayuno de 48 h (Kola *et al.*, 1994; citado por De la Fuente, 2003).

Szendrő y Kustos (1992), observaron en este mismo sentido, que el rendimiento comercial estaba afectado por la duración del ayuno, de tal forma, que los conejos sometidos a 24 h de ayuno tuvieron un rendimiento comercial 2% más bajo que los sometidos a 6 h de ayuno (53.8 vs 55.8%, respectivamente).

Regularmente los conejos son transportados distancias considerables antes del sacrificio. Lebas (1969), citado por Coppings *et al.* (1989), quienes reportan que las pérdidas en el peso vivo aumentan por efecto del ayuno. La duración y la distancia influyen de manera significativa sobre esta merma ($P < 0.01$), particularmente en el peso al sacrificio, reportando pesos más bajos en animales que fueron transportados por 4 h en comparación con aquellos que fueron transportados

solamente por 1 h (2422 g vs 2488 g). El porcentaje de las pérdidas aumentan proporcionalmente con el tiempo del transporte reportándose valores de 1.6%, 2.0% y 3.3% para los tiempos de 1, 2 y 4 h de transporte respectivamente. (Lambertini *et al.*, 2005).

6.4 Efecto Sobre el Contenido Tracto-Intestinal

Estudios sugieren que el retiro de alimento antes del sacrificio reduce el contenido del tracto gastrointestinal originado así un menor rendimiento en la canal. Lebas (1969), citado por Coppings *et al.* (1989), quien reporta una ligera merma en conejos sacrificados a 12 semanas de edad con un retiro del alimento de 15 h antes del sacrificio. La media de los pesos del tracto gastrointestinal para el grupo control fue 371.1 ± 18.4 g. El peso reportado por efecto de los tratamientos fue 262.0 ± 18.0 ; 256.9 ± 13.7 y 258.3 ± 14.7 , para los periodos de ayuno de 12, 24 y 36 h; y 267.5 ± 13.7 y 284.2 ± 12.1 , por efecto del retiro de alimento y agua de 12 y 24 h respectivamente. Reportándose una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos.

El peso del tracto gastrointestinal mostró un porcentaje menor a las 4 h de transporte en comparación con periodos de 1 o 2 h (16.6% vs 17.6%); también se reporto una diferencia significativa en el porcentaje de pérdida del tracto gastrointestinal ($P < 0.01$), por efecto del transporte pero solo en el tratamiento de 4 h comparado con 1 h (60.3% vs 59.4 respectivamente) (Lambertini *et al.*, 2005).

Jolley (1990) reporta que conejos que fueron transportados por 2 h con un periodo de ayuno de 24 h perdieron 200g vs 138g en conejos que no se transportaron, pero que tuvieron el mismo periodo de ayuno ($\neq 62$ g), el peso inicial del contenido estomacal de conejos que inicialmente se les retiro el alimento por 18 h era 25-35g, cuando esté se incremento por 36 h el peso se redujo a 12-20 g (agua ad libitum).

6.5 Efecto Sobre el Peso del Hígado

El peso del hígado del grupo control mostró una diferencia significativa, siendo este ligeramente más pesado en comparación con los grupos en donde existió restricción de agua y/o alimento. Existen numerosos reportes de la reducción del peso del hígado por efecto del retiro de agua y/o alimento. La reducción del peso en el hígado en conejos se debe a la movilización de glucógeno almacenado en este y al estado de deshidratación que presenta (Jolley, 1990).

El peso del hígado en conejos que no son transportados está determinado por la duración del ayuno; la pérdida de peso del hígado se incrementa proporcionalmente con la duración del ayuno,

dependiendo si el ayuno es solo de comida, de agua o ambos (De la Fuente, 2003). El peso del riñón y corazón no se vieron afectados, sin embargo el peso del hígado aparentemente está determinado por la duración del periodo de ayuno. (Jolley, 1990).

6.6 Efecto Sobre el Peso del Corazón y Pulmones

Las medias de los pesos del corazón y pulmones se vieron disminuidos por efecto de los tratamientos ante-mortem, reportándose pesos (g) en corazón de 8.0; 5.4; 7.2; y 5.6 para el grupo control y con un ayuno de 12, 24, y 36 h, respectivamente. Cuando la restricción fue de agua y alimento los pesos reportados (g) fueron mayores (6.5 y 7.9 con ayunos de 12 y 24 h respectivamente). Los pesos reportados para los pulmones (g) fueron de 17.2; 13.5; 14.8 y 13.5 para el grupo control, ayuno de 12, 24, y 36 h, cuando la restricción fue de agua y alimento los pesos reportados (g) fueron 13.9 y 15.0 con ayunos de 12 y 24 h respectivamente. Obteniéndose mayores mermas cuando el ayuno fue de agua y alimento por 24 h (Coppings *et al.*, 1989).en otro estudio realizado por Guerrero *et al.* (2007), no se reportan pérdidas de peso en vísceras rojas, ni en vísceras verdes por efecto del periodo de reposo antes del sacrificio.

6.7 Efecto Sobre el Peso de la Grasa Abdominal

No se reportaron pérdidas de peso en la grasa abdominal por efecto de los tratamientos. El peso del estómago se redujo a consecuencia de una disminución en el contenido por efecto del ayuno provocando un estado de vacío en estomago e intestinos. Aparentemente la disminución del contenido intestinal inicia con 12 h de ayuno de alimento o alimento y agua (Coppings *et al.*, 1989).

7. ATURDIMIENTO ELECTRICO

Los animales de abasto son aturridos antes de su sacrificio para que el sangrado no les cause dolor, sufrimiento o estrés. El aturdimiento debe provocar la inconsciencia rápida en el animal, minimizar los problemas de calidad de la canal y de la carne, y garantizar la seguridad del operario (Rodríguez *et al.*, 2006).

El aturdimiento eléctrico consiste en el paso de una corriente eléctrica a través del cerebro con una intensidad lo suficientemente alta como para provocar una depolarización del sistema nervioso central y una desorganización de la actividad eléctrica normal. El paso de corriente por el cerebro induce en el animal un estado epileptiforme, caracterizado por contracciones musculares tónicas y clónicas (Rodríguez *et al.*, 2006).

El voltaje y la frecuencia de la aplicación eléctrica, son factores determinantes para la efectividad de la electronarcosis. Estos métodos fueron desarrollados y aplicados en el sacrificio de otras especies y su uso en conejos es relativamente reciente (María *et al.*, 2001).

La literatura de este método es amplia en especies como el cerdo, bovinos, aves, pero existe poca información como método pre-sacrificio en conejos (María *et al.*, 2001). Los efectos de los tratamientos ante-mortem en conejos no han sido investigados del todo (Coppings *et al.*, 1989); y la efectividad de este método se observa en el bienestar de los animales (María *et al.*, 2001).

Anil *et al.* (2000), realizaron estudios del efecto del aturdimiento eléctrico sobre la función del cerebro, evaluando entre otras cosas la respuesta visual evocada, concluyendo que una aplicación de 140 mA originan una ausencia de esta respuesta que va desde los 24-204 s inmediatamente después de la aplicación del aturdimiento, por lo que comentan que es una forma de prevenir el que se altere el bienestar de los conejos al sacrificio.

7.1 Objetivo del Aturdimiento Eléctrico

El objetivo del aturdimiento es dejar inconsciente al animal dejándolo listo para proseguir con el sacrificio humanitario, cumpliendo así con los requerimientos normativos y respetando el bienestar animal. Los animales que van a ser sacrificados deberán ser manejados cuidadosamente para evitar sufrimiento innecesario, por lo cual debe evitarse que sean golpeados o maltratados con cualquier tipo de implemento (Dal Bosco *et al.*, 1997).

Para la insensibilización se recomiendan métodos específicos y se debe evitar el uso de cualquier método en el que el animal no pierda la conciencia. Se han reportado técnicas que son críticas en la eficiencia y que alteran la calidad del producto final, sin embargo algunos autores citan que el aturdimiento eléctrico en conejos origina un color desagradable en la canal produciendo un efecto negativo sobre su comercialización (Dal Bosco *et al.*, 1997). Sin embargo el método más común para la inmovilización es el aturdimiento eléctrico, porque es económico, conveniente y seguro, el contacto puede establecerse en seco o en un medio líquido. Se usa principalmente la corriente continua con intermitencias para intensificar el proceso de aturdidido. Se considera que una estimulación eléctrica efectiva es producida cuando una corriente eléctrica suficiente pasa por el sistema nervioso central en un tiempo dado. Y en conejos se recomiendan corrientes de 110 v con 50 Hz durante 2-5 s (María *et al.*, 2001), o corrientes con 140 mA (Anil *et al.*, 2000).

8. ATURDIMIENTO ELECTRICO. EFECTO SOBRE EL ANIMAL.

En la actualidad se tiene un interés particular por estudiar el efecto que tiene el método de aturdimiento en el proceso de sacrificio de los animales sobre el bienestar y sobre la canal y por ende la calidad de la carne. El método de aturdimiento eléctrico se desarrolló e implementó en muchas especies, pero su uso en conejos es relativamente reciente, la literatura cita el uso de este método en aves, cerdos, bovinos, pero la información es reducida en conejos (María *et al.*, 2001).

Se ha demostrado que el método de aturdimiento sea cual sea desencadena estrés en el animal, se ha relacionado la secreción de catecolaminas asociadas con la disminución de las reservas de energía reduciendo el grado de acidificación posterior de la canal (De la Fuente, 2003).

8.1 Pérdida de la Conciencia

María *et al.* (2001), realizaron un estudio comparando cinco diferentes voltajes y frecuencias empleados en el aturdimiento, encontrando diferencias estadísticamente significativas en parámetros como inicio y final de la fase clónica a favor del método de aturdimiento, y reportan que el reflejo corneal aparecía entre 25 y 30 segundos (s) posteriores al mismo.

Los valores medidos en segundos, los periodos delimitados observados pos-aturdimientos, se distinguen cuatro periodos: periodo 1 a partir del momento de aturdimiento inicia la fase tónica-fase epileptiforme; periodo 2 representa la duración de la fase tónica; periodo 3 duración de la fase clónica; periodo 4 a partir del final de la fase clónica hasta el momento en que el animal se considera recuperado; GAP (periodo comprendido entre la fase tónica y la fase clónica). En este estudio no se encontraron diferencias significativas entre métodos para los primeros tres segmentos. La mayor importancia se encontró en el último segmento teniendo el tiempo más largo para el método donde se utilizaron corrientes de 19v/161Hz y el tiempo más corto para el método en donde se modificaron los Hz siendo de 19v/166Hz. Los métodos de aturdimiento no tuvieron diferencia estadística en los valores de pH reportados para los músculos *biceps femoris* y *longissimus dorsi* para los tres primeros métodos de aturdimiento. Solo se observó diferencia significativa para el método de aturdimiento con corrientes de 130v/166Hz en el pH a las 24 h siendo este ligeramente más bajo. Los cinco métodos empleados fueron efectivos para el aturdimiento presentaron efectos similares en el pH final, siendo este el mejor indicador de la calidad de la carne. Pero ellos no recomiendan los métodos en donde se utilizaron las siguientes corrientes 19v/166Hz y 19v/161Hz (María *et al.*, 2001).

8.2. Duración de la Insensibilización. Retorno del Ritmo Respiratorio

Anil., Raj y McKinstry (2000), reportan resultados basados en observaciones de la actividad física (fase tónica-clónica) y pérdida del reflejo en 48 conejos, ellos sugieren un mínimo de corriente con niveles de 140 mA para que el aturdimiento sea efectivo. La inducción exitosa del estado de aturdimiento es usualmente caracterizada por el cese de la respiración, excesiva salivación e incremento de la actividad motor. También termina la fase tónica (rígida) y la fase clónica (pataleo). Ellos encontraron que los valores de los tiempos de retorno del reflejo, respiratorio oscilan entre los 22-73 s, para el reflejo corneal fueron de 28-65 s, para el retorno de la percepción del dolor fue 37-76 s y para el ritmo cardíaco fue de 60-144 s. Por lo que se recomienda el desollé antes de que se rebasen los 20-30 s posteriores a la aplicación del método de aturdimiento (Anil *et al.*, 1997 y 2000)

8.3. Ritmo Cardíaco

El ritmo respiratorio es inhibido en los animales por el aturdimiento eléctrico. Uno de los signos más importantes de que se recobra la conciencia es el retorno del ritmo cardíaco (más de 18 latidos por minuto,) por esta razón es esencial que el animal sea sacrificado durante este intervalo (Anil *et al.*, 1997). Este fenómeno ocurre entre 26 a 33 s después del aturdimiento (María *et al.*, 2001). Otros estudios se basan en medir la respuesta visual evocada y citan que la exsanguinación debe realizarse en 17 s en novillos, 15 s en borregos, 18 s en cerdos y de 20-30 s en conejos.

En estudios realizados por Anil *et al.* (1997), donde utilizaron diferentes voltajes 100 v, 75 v y 50 v por 3 s no se encontraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la duración aparente de la insensibilización, reportándose tiempos similares en la duración de la fase tónica y fase clónica, de igual manera no se encontraron diferencias estadísticas para los tiempos de retorno del reflejo corneal, y ritmo cardíaco. En conclusión recomiendan la aplicación de 140 mA que se logra con 100 V para producir el aturdimiento en conejos.

8.4 Efecto del Aturdimiento Eléctrico Sobre el Rendimiento de la Canal

En un estudio realizado por Guerrero *et al.* (2007), los resultados no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$), para las variables de peso vivo, peso de la canal caliente, peso de las vísceras verdes y rojas y peso de la canal fría, en conejos sacrificados por dos diferentes métodos de aturdimiento (dislocación vs eléctrico), en animales con descanso y sin este.

8.5 Efecto del Aturdimiento Eléctrico Sobre la Temperatura y el pH

El método de aturdimiento afectó de manera significativa el proceso de acidificación inicial obteniendo valores de pH elevados con bajo voltaje (45 v) independientemente de utilizar alto o bajo amperaje (8.5 o 2.5 A) con valores de 6.97 y 6.96 en el pH inicial respectivamente. Los valores en el pH final no se vieron afectados (Dal Bosco *et al.*, 1997; Papinaho y Fletcher, 1995).

Papinaho y Fletcher (1995), encontraron diferencias significativas en el pH muscular a los 12 min post-mortem, en animales que fueron aturridos por método eléctrico pero estas diferencias se dispararon aproximadamente a las 6 h post-mortem sugiriendo que este efecto estaba dado por el método de aturdimiento, pero sin alterar el valor del pH final. Datos similares fueron reportados por Craig y Fletcher (1997), en donde comentan que el aturdimiento eléctrico con corrientes altas, provoca valores de pH inicial más altos (6,67 vs 6.47) pero no afecta los valores del pH final (5.83 vs 5.82) En comparación Guerrero *et al.* (2007), reportan que se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para las variables de pH y temperatura registradas a las 0 y 24 h, en el músculo *Biceps femoralis* por efecto del método de aturdimiento (dislocación vs eléctrico), y por efecto del periodo de descanso.

8.6 Efecto del Aturdimiento Eléctrico Sobre el Color de La Carne

En un trabajo realizado por Dal Bosco *et al.* (1997), se reportan que los valores del índice de rojo (a^*) en la carne fueron elevados probablemente como consecuencia de los valores altos del pH. Por efecto del método de aturdimiento los parámetros del color, luminosidad (L^*) e índice de amarillo (b^*), no muestran diferencia estadística significativa. El método de aturdimiento eléctrico tampoco afectó la fuerza al corte, ni la pérdida de agua.

8.7 Efecto del Aturdimiento Eléctrico Sobre la Terneza

La insensibilización con voltajes bajos provoca una disminución en la fuerza al corte en comparación con corrientes altas (2.9 vs 3.19 Kg/g respectivamente), estas diferencias probablemente no tienen implicaciones comerciales (Craig y Fletcher, 1997). El efecto del método de aturdimiento en la actividad de la m-calpaína está relacionada con el pH muscular ya que es una proteasa neutra y tiene una actividad óptima a un pH cercano a 7.5 (Northcutt *et al.*, 1998).

En comparación con el método de aturdimiento por dislocación cervical los electroshocks favorecen el aprovechamiento de la energía de las reservas musculares (ATP, glucógeno y creatin fosfato), y

provoca rompimiento en el sarcómero, esto no tiene efecto significativo sobre el valor del pH final y en la terneza de la carne (Dalle-Zotte, 2002)

8.8 Efecto del Aturdimiento Eléctrico Sobre el Volumen de Sangre

El aturdimiento con corrientes altas reduce significativamente la pérdida de sangre (3.7%) comparado con el aturdimiento con bajo voltaje (4.0%) (Craig y Fletcher, 1997). El volumen de sangre calculado en ml presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) por efecto del método de aturrido en animales con y sin descanso, mostrando volúmenes mayores para los animales que fueron insensibilizados de manera eléctrica (Guerrero *et al.*, 2006 y 2007). El método de aturdimiento eléctrico acelera el proceso de acidificación muscular en comparación con el método de aturrido por dislocación cervical.

Rodríguez *et al.* (2006), postulan que el paso de corriente por el cerebro provoca un aumento de la concentración plasmática de catecolamina, que induce un aumento de la presión sanguínea y vasoconstricción periférica. Esto favorece la expulsión de sangre de los vasos sanguíneos y reduce el contenido de sangre residual en músculo.

Si bien el aturdimiento eléctrico aumenta la presión sanguínea, durante la fase tónica, ésta descende. Si el desangrado se realiza durante esta fase, la subida posterior de presión no provocará rotura de vasos capilares y la formación de manchas de sangre en la canal. El desangrado durante la fase tónica, reduce la intensidad de las convulsiones clónicas, responsables de la formación de hemorragias (Rodríguez *et al.*, 2006).

8.9 Efecto del Aturdimiento Eléctrico Sobre el Perfil Enzimático

En el caso de la enzima creatin cinasa (CK) existen diferencias significativas entre los métodos de insensibilización pero solo en los animales con 2 h de descanso (1592.88 vs 842.40 IU-1) e insensibilizados por dislocación cervical comparados con aquellos que fueron aturridos con el método eléctrico respectivamente. Los niveles de la enzima lactato deshidrogenasa (DHL), mostró diferencia significativa por efecto del método de aturdimiento para los animales que tuvieron o no periodo de descanso (2h). Los animales sacrificados por el método de dislocación cervical con y sin descanso presentaron los siguientes valores 160.19 y 706.32 UL-1 comparados con en el aturdimiento eléctrico con y sin descanso 307.60 y 417.53 UL-1 respectivamente (Guerrero *et al.*, 2006 y 2007).

El aturdimiento con electroanestesia con una frecuencia alta (4000Hz), comparado con electroshock (270 V, 50 Hz) incrementa las descargas de adrenalina acelerando el desarrollo de rigor mortis, modificando el pH. El primer método puede producir daño en los operarios así como también puede originar contracciones tan bruscas en el animal que pueden ocasionar huesos rotos, este método en condiciones prácticas no es utilizado, se sugiere el electroshock seguido del corte de venas yugulares y de arterias carótidas (Dalle-Zotte, 2002).

8.10 Lesiones Sobre la Canal

Rodríguez *et al.* (2006), concluyen que el tipo de aturdimiento no afecta la calidad de la carne, pero si aumenta el porcentaje de hemorragias en canales, corazón y vesícula biliar, en aquellos animales aturdidos por métodos eléctricos comparado con los aturdidos con CO₂.

El método de aturdimiento eléctrico con alto voltaje en pollos aumenta la incidencia de alas rotas, huesos rotos, dislocaciones, hemorragias en los músculos de la pechuga entre otros. Algunas investigaciones han demostrado que en condiciones óptimas, el aturdimiento eléctrico no solo mantiene al animal inconsciente, si no que retrasa la glicólisis del músculo post-mortem y el incremento de la ternura de la carne. La textura de la carne es alterada porque el método de aturdimiento, podría ser un reflejo de los efectos en el pH del músculo y la actividad proteolítica, por lo tanto una activación de las enzimas proteolíticas (Northcutt *et al.*, 1998).

La cantidad de sangre perdida tras el desangrado fue mayor en corderos aturdidos eléctricamente que en los aturdidos con CO₂. Las medidas de la calidad de la carne (pH, color, conductividad eléctrica y capacidad de retención de agua) no mostraron diferencias significativas entre ambos sistemas de aturdimiento. Sin embargo, el porcentaje de corderos que presentaron hemorragias en la canal, corazón y vesícula biliar fue significativamente superior en el grupo de animales que fueron aturdidos eléctricamente comparándolos con aquellos que fueron aturdidos con CO₂ (Rodríguez *et al.*, 2006).

María *et al.* (2001), reportaron bajas causadas por muerte en conejos aturdidos con 19v/166Hz y 19v/161Hz.

III. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar las modificaciones al perfil fisio-metabólico durante el estrés ocasionado por el periodo de ayuno y método de aturdimiento, y sus consecuencias sobre las características físico-químicas de la carne de conejo.

Objetivos Particulares

Caracterizar los valores de referencia del equilibrio ácido-base (pCO_2 , pO_2 , HCO_3 y pH), metabolismo energético (glucosa, lactato), y minerales en sangre (Na^+ , K^+ y Ca^{++}) de conejos de la raza Nueva Zelanda de 70 días de edad.

Evaluar el efecto del período de ayuno sobre el equilibrio ácido-base, metabolismo energético y minerales en sangre.

Evaluar el efecto de la interacción periodo de ayuno-método de aturdimiento sobre el equilibrio ácido-base, metabolismo energético y minerales en sangre.

Evaluar el efecto de la interacción periodo de ayuno-método de aturdimiento sobre el descenso del pH y de la temperatura en dos diferentes músculos, *longissimus dorsi* y *biceps femoris*.

Evaluar el efecto de la interacción periodo de ayuno-método de aturdimiento sobre el rendimiento al despiece de la canal.

Evaluar el efecto de la interacción periodo de ayuno-método de aturdimiento sobre la calidad de la carne (capacidad de retención de agua, pH, color y terneza).

IV. HIPOTESIS

Un periodo de ayuno prolongado de 24 h y el método de aturdimiento eléctrico, alteran el bienestar de los conejos, modificando los niveles del metabolismo energético, equilibrio ácido-base y minerales en sangre, dañando la calidad de la canal y de la carne de conejo.

V. MATERIAL Y METODOS

El planteamiento del presente trabajo consistió en valorar en primer lugar el efecto del periodo de ayuno (retiro de alimento sólido de 0, 12 y 24 h), sobre el bienestar de los conejos previo al sacrificio, y en segundo lugar evaluar la interacción del ayuno y del método de aturdimiento (dislocación cervical vs eléctrico), sobre las características físico-químicas de la carne de conejo.

La realización del presente estudio se llevó a cabo en dos etapas:

La primera etapa fue realizada en el Taller de Carnes perteneciente al Centro de Enseñanza Agropecuaria, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (Campo-IV), Universidad Nacional Autónoma de México, en el Estado de México. Ubicada en el km 2.5 de la carretera Cuautitlán-Teyualco, en la colonia San Sebastian Xhala, en Cuautitlán Izcalli.

La segunda etapa se llevó a cabo, en el laboratorio del Área de Bioquímica de Macromoléculas de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa ubicada en Av. San Rafael Atlixco N° 186, Col. Vicentina C.P. 09340, Iztapalapa, México D.F. donde se evaluaron las propiedades físico-químicas de la carne de conejo como: CRA, pH de la carne, color y textura, en estas pruebas solo se evaluó el músculo *longissimus dorsi*.

1.- ANIMALES

Para la realización del presente estudio se utilizaron 120 conejos de la raza Nueva Zelanda (machos y hembras), provenientes del Módulo de Cunicultura del Centro de Enseñanza Agropecuaria (FES-Cuautitlán), en el Estado de México, los cuales en el período de engorda fueron alimentados a base de concentrado comercial con el siguientes aporte nutrimental: Humedad 12.00%, Proteína 16.50%, Grasa 2.00%, Calcio 0.20%, Fibra 14.50%, Cenizas 9.00%, E.L.N 46.00% y Fósforo 0.70%.

El estudio se realizó con animales de 70 días de edad, de la raza Nueva Zelanda distribuyéndolos en forma aleatoria en los siguientes tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño experimental

	T1		T2		T3		
Período de ayuno	0h		12h		24h		
Método de aturdimiento	D	E	D	E	D	E	
N° de animales	20	20	20	20	20	20	
Total de animales	40		40		40		
							120

D= Método de aturdimiento por dislocación cervical

E= Método de aturdimiento por corriente eléctrica

2.- MANEJO PREVIO AL SACRIFICIO:

2.1 Período de Ayuno

Todos los conejos fueron pesados antes de iniciar el periodo de ayuno (peso de referencia previo al ayuno), utilizando una báscula digital (Tor Rey tipo PCL, con capacidad de 20 Kg), y fueron asignados de manera aleatoria a los diferentes grupos.

De acuerdo al tratamiento los conejos fueron sometidos a un periodo de ayuno de 12, o 24 h (dependiendo del tratamiento), con excepción del grupo testigo (sin ayuno). La restricción del alimento consistió solamente de retiro de alimento sólido, teniendo acceso de agua *ad libitum*. Para los conejos ayunados por 24 h, el ayuno comenzó a las 9:00 a.m.; los conejos ayunados por 12 h, el retiro de alimento fue a las 9:00 p.m.

Previo al ayuno se tomo una muestra de sangre para determinar los rangos de referencia de hematocrito, pCO₂, pO₂, HCO₃, glucosa, lactato, pH y minerales en sangre (Na⁺, K⁺ y Ca⁺⁺), a través del gasómetro GEM Premier 3000 de I.L. Diagnostics, Italy.

2.2 Manejo a la Matanza

Todos los animales fueron pesados al finalizar el periodo de ayuno (peso post-ayuno o peso ante-mortem), con la finalidad de observar pérdida de peso por efecto de éste, utilizando la báscula antes descrita.

Posterior al ayuno se tomó una muestra de sangre para determinar el efecto del periodo de ayuno sobre los niveles sanguíneos de hematocrito, pCO_2 , pO_2 , HCO_3 , glucosa, lactato, pH y minerales en sangre (Na^+ , K^+ y Ca^{++}), empleando el gasómetro antes descrito.

Todos los animales sacrificados fueron aturridos y sacrificados, al terminar el periodo de ayuno de acuerdo con las prácticas normales del taller de carnes, según los requerimientos normativos.

2.3 Método de Insensibilización y Sacrificio

El aturdimiento se realizó en base a 2 métodos, dislocación cervical (D) descrito por Zoot (2003), citado por Guerrero y Jiménez (2006), y aturdimiento eléctrico (E), de acuerdo a lo establecido por Dal Bosco *et al.*, (1997), (modificados por Guerrero y Jiménez, 2006). El aturdimiento eléctrico fue a bajo voltaje (120 v con 60 Hz durante 5 segundos), inmediatamente después de la insensibilización (aturdido) el animal fue sacrificado mediante exanguinación por corte de las arterias carótidas dentro de los primeros 10 segundos después del aturdimiento.

El manejo que se realizó para los conejos aturridos eléctricamente fue el siguiente: Se ataron con una piola de los miembros posteriores a la altura del hueso de la tibia y se colgaron en un arnés. De esta manera quedaban en posición vertical, en este momento se le colocaron los electrodos, uno en la parte media de la oreja izquierda y el otro en la región del ano, enseguida se les aplicaba la corriente eléctrica por 5 segundos y posterior a esto se iniciaba la exanguinación (corte de las venas yugulares).

El aturdimiento por método de dislocación de vértebras cervicales se llevó a cabo tomando con una mano al conejo de los miembros posteriores y con otra mano sujetándolo del cuello a la altura de las vértebras cervicales, de esta manera se le aplica la fuerza suficiente para efectuar la dislocación inmediata. Posteriormente se colocó en el arnés colgándolo del espacio entre el tendón del músculo flexor superficial de los dedos y el músculo tibial caudal y se procedió a la exanguinación.

Se midió el tiempo de desangrado con la ayuda de un cronómetro y se registro para cada conejo. Durante el desangrado en los primeros 10 segundos posteriores a la muerte del animal, se tomó

una muestra de sangre para evaluar la interacción del periodo de ayuno y del método de aturdimiento sobre los niveles sanguíneos de hematocrito, pCO₂, pO₂, HCO₃, glucosa, lactato, pH y minerales en sangre (Na⁺, K⁺ y Ca⁺⁺), empleando para ello el Gasómetro antes descrito.

3.- MEDICIONES POST-MORTEM

Durante el faenado se registro el peso de vísceras rojas (corazón, tráquea, pulmón, hígado y bazo), y vísceras verdes (estómago e intestinos), así como de los despojos (piel, miembros anteriores y posteriores), utilizando una báscula digital (Tor Rey tipo PCL, con capacidad de 20 Kg).

Una vez concluido el faenado se determino el peso de la canal caliente (antes de los 30 minutos post-mortem, y antes de refrigerar), después de un período de refrigeración de 18-24 horas a una temperatura entre 0 y 4°C, se pesaron nuevamente las canales con el propósito de calcular las pérdidas por oreo. Las canales fueron refrigeradas a una temperatura de 0-4°C, con el propósito de controlar la humedad fueron cubiertas con una película de playo grado alimento.

3.1.- Mediciones Sobre la Canal

Se retiró la parte distal del miembro posterior izquierdo, a partir de la articulación tibio tarsiana y en los miembros anteriores a la altura de la articulación radio carpiana. Se realizó el desuello y se incidió con un cuchillo una pequeña superficie del músculo *longissimus dorsi* y en el *biceps femoris* (extremidad derecha), para medir el pH con un potenciómetro para carne (Hanna Instruments Penetration pH electrode, HI8314, membrana pHmeter. 115V-60Hz. Cod.1.176) y la temperatura (termómetro bayoneta digital modelo V.31308-KC, Type K T Thermoeouple Atkiins Technical, Inc. Gainesville Florida).

Para realizar la determinación del pH en la canal caliente se utilizó un potenciómetro Hanna Instruments (Penetration pH electrode, HI8314, membrana pHmeter. 115V-60Hz. Cod.1.1176), la medición se efectuó en los músculos *biceps femoris* y *longissimus dorsi* pierna derecha, similar a la técnica empleada por Blasco y Piles (1990) y Hernández *et al* (1998), en cuatro tiempos, a las 0, 2, 4 y 24 h, la temperatura fue medida en los mismos tiempos para los dos músculos

Se identificó la canal con un cincho colocándolo en la extremidad posterior izquierda a la altura de la tibia y el hueso del tarso. Se continuó con la evisceración del conejo, las vísceras de cada animal se colocaron en una charola identificada con el mismo número que se le había designado al conejo durante la agrupación, se realizó el pesaje de las vísceras verdes y rojas pesando por separado,

corazón, pulmones, bazo y juntos el estómago e intestinos, así como también la piel y extremidades y la canal caliente y fría (14-18 h post-conservación a una temperatura de 2 ± 2 °C).

Se realizó el mismo procedimiento a cada conejo de los tres grupos. Se lavaron las canales y se mantuvieron colgadas para escurrir los residuos de agua. Ya secas las canales se colocaron en charolas y después se realizó la segunda y tercera medición (medición de 2 y 4 horas post mortem) de pH y temperatura a cada canal.

Enseguida se colocaron en una cámara frigorífica (0 a 4 °C) durante 14-18 h post-mortem, las canales permanecieron emplayadas dentro de la cámara frigorífica, esto con la finalidad de controlar la humedad. Cumplidas las 24 h post-mortem, se tomaron las medidas de pH y Temperatura (°T) del músculo *longissimus dorsi* y *biceps femoris* (pH y °T de canal fría), y se pesó la canal (peso canal fría)

Esta fase finalizó con el despiece de la canal, obteniendo el músculo *longissimus dorsi*, el cual fue deshuesado y empaquetado en bolsas de alto vacío identificadas con el número de conejo, sexo y método de aturdimiento, se colocaron en una hielera para continuar la cadena fría para su conservación. Las muestras fueron trasladadas a las instalaciones del laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas perteneciente a la Universidad Autónoma Metropolitana, campus-Iztapalapa, donde se evaluaron las características físico-químicas de la carne antes mencionadas.

4.- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CARNE

Segunda etapa:

Se realizó el análisis físico-químico del músculo *longissimus dorsi* de las canales, se evaluó la CRA, pH de la carne, color y textura de cada muestra.

4.1 Color.

Se utilizó un colorímetro Hunter Lab modelo D25-PC-2, (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón). Se consideraron como estándar negro y blanco. Se evaluaron las coordenadas L, a y b (referencia). La carne se colocó en el porta muestras, girándolo 90°, de tal forma que se obtuvieron 4 lecturas de cada repetición.

Para esta prueba se colocó parte de la muestra del músculo *longissimus dorsi* dentro de un vaso de precipitado de forma que no quedase ningún espacio ni burbujas en el fondo del vaso. Enseguida el

vaso con la muestra se colocó en él colorímetro de refracción Hunter Lab Color Flex. La lectura del colorímetro se realizó por duplicado. Los resultados se registraban en un software el cual está programado con los valores del sistema estándar de color para luminosidad (“blanco a negro”) (L); intensidad de color rojo (“Cromaticidad”) (a); e intensidad de color amarillo (“Tonalidad”) (b). De acuerdo a este sistema L mide blanco a negro (100-0); a mide tonalidades de rojo hasta verde (+,-); y b mide tonalidades de amarillo hasta azul (+,-), la lectura en el colorímetro se tomará dos veces en la misma muestra.

4.2 Terneza.

Se utilizó un equipo de medición de textura TAX.T2 (Texture Technologies, Corp., Nueva York, E.U.A.) acoplado al software Texture Expert v1.2 (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra), analizando la fuerza de corte de secciones de músculo de 1x1x0.5 cm, empleando una navaja de Warner-Bratzler, con corte perpendicular a las fibras musculares. Se reportó la fuerza máxima obtenida en el corte (en gramos (g)).

Para esto se tomó una muestra del músculo *longissimus dorsi* y se dividió en tres (el corte fue paralelo a la fibra muscular), para realizar la prueba por triplicado.

4.3 pH

Se determinó el pH del músculo *longissimus dorsi* de las canales de los conejos por duplicado. Se pesaron 10g de la muestra en una báscula BHAUS TS2KS y se molieron en una licuadora Rival LR3 adicionándole previamente 100ml de agua destilada, se obtuvo una suspensión y se colocó en un matraz de 100ml (Fig. 74). Se utilizó un potenciómetro Beckman (Palo Alto California, E. U. A.), modelo pH Φ 50pH Meter. El electrodo del potenciómetro fue sumergido en la suspensión, se encendió y se registraba el valor de pH. Al terminar el electrodo se enjuagaba con agua destilada, para proseguir con otra muestra.

4.4 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Se analizó de acuerdo con el método reportado por Guerrero *et al.*, (2000). Se picaron 10g de muestra, se pusieron en tubos de centrifuga por duplicado, se les agregó 16 ml de solución 0.6 M de NaCl, se dejaron reposar por media hora en un baño de hielo, se centrifugaron a 5000 rpm durante 30 minutos, el sobrenadante se decanta en una bureta para la medición del líquido. Se reporto como ml de agua retenidos por g de carne.

Se utilizaron 10g de muestra del músculo *longissimus dorsi* (se realizó por duplicado), estas muestras se picaron finamente y se colocaron en un tubo de ensayo, al cual se le había agregado 16ml de NaCl al 0.6M, los tubos fueron colocados en una tarja con hielo para dejarlos reposar durante 30min, enseguida se colocaron en una centrífuga Beckman J2-MI en un rotor con capacidad para 8 tubos de ensayo. Los tubos permanecieron en la centrífuga 15 min a 10000 rpm a temperatura de 10°C. Al terminar, los tubos fueron retirados de la centrífuga y el líquido sobrenadante se depositó en una probeta para contabilizar el volumen.

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Las variables de respuesta se analizaron con un diseño completamente al azar bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2 \text{ Tratamientos} \quad j = 1, 2, 3 \dots \text{Repeticiones}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento (tiempo de ayuno y método de aturdimiento).

ϵ_{ij} = Error aleatorio

Para determinar la existencia de diferencia significativa entre medias de tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Para el caso particular, la variable pH, se analizó utilizando la prueba de χ^2 , por presentar una distribución no normal.

VI. RESULTADOS

A) Efecto del ayuno sobre el Bienestar de los conejos

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos para las variables objetivas de los conejos evaluados.

Para la variable $p\text{CO}_2$ se reportaron los valores más altos en los conejos con ayuno de 12 h (36.29 ± 7.82), en tanto que los valores más bajos correspondieron a los conejos donde el ayuno fue más prolongado 24 h (30.36 ± 7.32).

La $p\text{O}_2$ mostró los valores más elevados en los conejos sometidos a un ayuno de 24 h (49.26 ± 25.28), para la misma variable los valores más bajos correspondieron a aquellos animales ayunados 12 h (41.12 ± 17.36).

Para los niveles de gases en sangre $p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Minerales en sangre. Para las variables Na^+ y K^+ los resultados muestran los valores más elevados en los datos de referencia (139.7 ± 4.29 y 6.02 ± 1.52) y los valores más bajos corresponden a los conejos ayunados 24 y 12 h (138.15 ± 4.83 y 5.57 ± 0.68) respectivamente.

La variable Ca^{++} los resultados muestran que el grupo sin ayuno presentó los valores más altos ($6,46 \pm 0.68$) y estos fueron disminuyendo cuando el ayuno se fue prolongando por 24 h ($6,11 \pm 0.48$).

El periodo de ayuno no afecta negativamente los valores de Na^+ , K^+ y Ca^{++} .

Para la variable glucosa en sangre los resultados mostraron que los niveles de ésta descendieron por efecto del ayuno. En términos generales se puede observar que el periodo de ayuno tiene un efecto estadísticamente significativo ($P < .0001$), sobre los niveles plasmáticos de glucosa, los cuales mostraron los valores más bajos en los conejos sin ayuno (101.87 ± 6.19) y conforme el periodo se fue prolongando, está aumento ligeramente (104.29 ± 8.62 y 107.26 ± 11.85), cuando se les comparó con los valores de referencia (121.64 ± 15.09).

Para la variable lactato los resultados muestran que existe un ligero descenso de éste en los niveles en sangre conforme el ayuno se prolonga, encontrándose valores de 26.69 ± 21.7 , 23.40 ± 12.48 ,

24.05±12.11 (ayuno de 0, 12 y 24 h respectivamente), cuando se les comparó con los valores de referencia (30.52±14.03).

Se puede apreciar el mismo efecto ($P < .0001$), para la variable hematocrito pero solo para el periodo de ayuno de 0 y 12 h, encontrándose los valores más bajos (28.12±5.06 y 29.64±4.20 vs 38.68±3.73), cuando se les comparó con los valores de referencia.

La variable HCO_3 los valores más altos se reportaron en los datos de referencia (21.32±3.52) y los valores más bajos se encontraron en los conejos con un ayuno de 24 h (19.57±3.01).

Para las variables lactato y HCO_3 , no se reportaron diferencias estadísticas significativas por efecto del tratamiento.

En el cuadro 3 se muestra la mediana y el rango para la variable pH sanguíneo por efecto del periodo de ayuno.

Para la variable pH en sangre los conejos sometidos a un ayuno de 24 h (7.42±0.24) y los valores más bajos fueron reportados con un ayuno de 12 h (7.37±0.26).

Como se puede observar no se encontraron diferencias significativas por efecto del periodo ayuno sobre el pH sanguíneo.

Cuadro 2. Efecto del periodo de ayuno sobre el intercambio gaseoso, perfil fisiometábolico y desequilibrio ácido-base en conejos de 70 días de edad.

Variables	Valores de Referencia	Ayuno 0 h (sin ayuno)	Ayuno 12 h	Ayuno 24 h
	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$
pCO ₂ mmHg	35.23±10.01a	33.25±8.77a	36.29±7.82a	30.36±7.32a
pO ₂ mmHg	47.91±19.93a	45.33±19.86a	41.12±17.36a	49.26±25.28a
Na ⁺ mmol/L	139.57±4.29a	138.43±2.80a	139.23±3.95a	138.15±4.83a
K ⁺ mmol/L	6.02±1.52a	5.95±1.26a	5.57±0.68a	5.78±0.88a
Ca ⁺⁺ mmol/L	6.21±0.68a	6.46±0.52a	6.32±0.93a	6.11±0.48a
Glucosa mg/dL	121.64±15.09a	101.87±6.19b	104.29±8.62b	107.26±11.85b
Lactato mg/dL	30.52±14.03a	26.69±21.7a	23.40±12.48a	24.05±12.11a
Hematocrito %	38.68±3.73a	28.12±5.06b	29.64±4.20b	36.42±6.35a
HCO ₃ mmol/dL	21.32±3.52a	20.14±3.95a	21.17±2.93a	19.57±3.01a

“a,b,c, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre tratamientos según Prueba de Tukey (p<0.05)”.

Cuadro 3. Efecto del periodo de ayuno sobre el pH sanguíneo (gasometría)

Variable	Basal	0 hrs	12 hrs	24 hrs	P
	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	
pH	7.40±0.34±	7.39±0.51	7.37±0.26	7.42±0.24	0.4681

Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

RESULTADOS

B) Efecto del método de aturdimiento sobre el Bienestar de los conejos

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos para las variables respuesta de los conejos evaluados por efecto del método de aturdimiento.

Para la variable pCO_2 se reportaron los valores más bajos en los conejos aturdidos de manera eléctrica (33.81 ± 5.86) cuando se les comparó con los niveles de referencia (35.23 ± 10.01).

La pO_2 mostró que los valores más bajos correspondieron a aquellos animales aturdidos por dislocación cervical (35.29 ± 4.66) cuando se les comparó con los niveles de referencia (47.91 ± 19.93).

Minerales en sangre. Para las variables Na^+ , K^+ y Ca^{++} los resultados muestran valores muy similares para los valores de referencia en comparación con los obtenidos con los métodos de aturdimiento desnucado y eléctrico.

Independientemente del método de aturdimiento los valores de Na^+ , K^+ y Ca^{++} no se ven afectados significativamente.

Para la variable glucosa en sangre los resultados mostraron que los niveles plasmáticos, mostraron los valores más bajos en los conejos aturdidos eléctricamente (116.38 ± 15.64) cuando se les comparó con los valores de referencia (121.64 ± 15.09).

Para la variable lactato, los resultados muestran un aumento y una disminución por efecto del método de aturdimiento, encontrándose los niveles más altos en aquellos conejos que fueron aturdidos por el método eléctrico (36.05 ± 21.44), en comparación con los aturdidos por dislocación cervical (19.83 ± 12.19).

En términos generales se puede observar que el método de aturdimiento tiene un efecto estadísticamente significativo ($P < .0001$), sobre los niveles sanguíneos de lactato y pO_2 , pero solo para los valores obtenidos por el método por dislocación cervical, los cuales muestran valores más bajos cuando se les compara con los valores de referencia.

El hematocrito mostro los valores más altos en los conejos que fueron aturdidos eléctricamente (40.80 ± 3.36), comparados con los valores de referencia (38.68 ± 3.73).

Los niveles de HCO_3 en sangre mostraron un aumento y una disminución por efecto del método de aturdimiento (22.22 ± 2.63 y 20.72 ± 1.58) desnucado y eléctrico respectivamente, en comparación con los valores de referencia (21.32 ± 3.52).

Para las variables pCO_2 , glucosa, hematocrito y HCO_3 , no se encontraron diferencias estadísticas significativas por efecto de los métodos de aturdimiento.

En el cuadro 5 se muestra la mediana y el rango para la variable pH en sangre por efecto del método de aturdimiento.

Para la variable pH en sangre por efecto del método de aturdimiento por dislocación cervical y eléctrico, los valores obtenidos muestran un ligero aumento (7.42 ± 0.26 y 7.41 ± 0.35 respectivamente), en comparación con los valores de referencia (7.40 ± 0.34).

Como se puede observar no se encontraron diferencias significativas por efecto del método del aturdimiento sobre el pH sanguíneo.

Cuadro 4. Efecto del método de aturdimiento sobre el intercambio gaseoso, perfil fisiometábolico y desequilibrio ácido-base en conejos de 70 días de edad

Variables	Valores de referencia	Desnucado	Eléctrico
	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$
pCO ₂ mmHg	35.23±10.01a	34.25±3.68a	33.81±5.86a
pO ₂ mmHg	47.91±19.93a	35.29±4.66b	46.81±5.61a
Na ⁺ mmol/L	139.57±4.29a	140.41±2.39a	140.71±3.10a
K ⁺ mmol/L	6.02±1.52a	5.59±2.39a	6.14±3.11a
Ca ⁺⁺ mmol/L	6.21±0.68a	6.0±0.08a	6.10±0.14a
Glucosa mg/dL	121.64±15.09a	117.54±8.77a	116.38±15.64a
Lactato mg/dL	30.52±14.03a	19.83±12.19b	36.05±21.44a
Hematocrito %	38.68±3.73a	39.37±4.33a	40.80±3.36a
HCO ₃ mmol/dL	21.32±3.52a	22.22±2.63a	20.72±1.58a

“a,b,c, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre tratamientos según Prueba de Tukey (p<0.05)”.

Cuadro 5. Efecto del aturdimiento sobre el pH sanguíneo (gasometría)

Variable	Basal	Desnucado	Eléctrico	<i>P</i>
	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	
pH	7.40±0.34	7.42±0.26	7.41±0.35	0.5866

Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

En el cuadro 6 se muestra la media y error estándar para la variable tiempo de desangrado por efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento.

Los resultados mostraron, que los conejos que fueron aturridos mediante el método de aturdimiento eléctrico, independientemente del periodo de ayuno, tardaron mayor tiempo en desangrarse (18.4 ± 5.7 s), en comparación con aquellos que se aturdieron por dislocación cervical (16.7 ± 4.6 s).

Cuadro 6. Tiempo de desangrado

	Sin Ayuno desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Sin Ayuno eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 12 h desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 12 h eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 24 h desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 24 h eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$
Tiempo de desangrado (s)	17.3 \pm 3.5a	18.4 \pm 5.7a	16.7 \pm 3.2a	17.2 \pm 2.7a	16.7 \pm 4.6a	18.3 \pm 3.4a

“a,b,c, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre tratamientos según Prueba de Tukey ($p < 0.05$)”.

RESULTADOS

C) Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el rendimiento y peso de los órganos

En el cuadro 7 se presentan los resultados obtenidos por efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento sobre el peso al sacrificio y rendimiento de la canal.

Los resultados muestran que no existe efecto significativo entre la interacción ayuno-aturdimiento sobre el peso post-ayuno, peso de la canal caliente y fría y sobre el rendimiento de la canal.

Se observa un aumento significativo en el peso de la canal fría, pero solo en el grupo de los conejos ayunados por 12 h e insensibilizados mediante el método por dislocación cervical, comparándolos con el grupo sin ayuno e insensibilizados con el mismo método, 1265 ± 139 vs 1112.2 ± 180 , respectivamente.

Como se puede observar no se encontraron diferencias significativas por efecto de este.

En el cuadro 8 se presentan los resultados obtenidos por efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento sobre el peso de vísceras verdes y rojas.

Los resultados muestran que no existe efecto significativo entre la interacción ayuno-aturdimiento sobre el peso del hígado, bazo, corazón, así como para la cabeza, estómago e intestinos, piel y extremidades.

Se observa un aumento significativo en el peso de los pulmones, pero solo en el grupo de los conejos ayunados por 12 h e insensibilizados mediante el método por dislocación cervical (17.2 ± 3), comparándolos con los valores de los grupos sin ayuno independientemente del método de insensibilización desnucados y eléctrico (13.2 ± 3.3 , 13.4 ± 5), respectivamente.

Cuadro 7. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el peso al sacrificio y rendimiento de la canal

	Sin Ayuno desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Sin Ayuno eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 12 h desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 12 h eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 24 h desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 24 h eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$
PAA (g)	1947.7±341a	2032.6±324a	2162.0±200a	2041.4±172a	2102.6±204a	2033.2±256a
PPA (g)	1809.5±284a	1841.6±329a	2015.8±258a	1994.7±306a	2025.4±200a	1964.7±374a
PCC (g)	1110.3±172a	1139.3±209a	1210.1±132a	1130.4±129a	1152.7±145a	1145.3±158a
PCF (g)	1112.2±180a	1141.3±211ab	1265.0±139b	1151.1±142ab	1200.9±168ab	1173.6±165.3ab
RC (%)	58.65±5.05a	58.75±5.82a	58.86±3.15a	57.21±6.19a	57.31±3.85a	57.71±4.20a

Los resultados se presentan como medias y desviación estándar.

PAA=peso ante-ayuno; PPA=peso post-ayuno; PCC=peso canal caliente

PCF=peso canal fría; RC=rendimiento de la canal

“a,b,c, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre tratamientos según Prueba de Tukey ($p < 0.05$)”.

Cuadro 8. Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el peso de las vísceras rojas y verdes

	Sin Ayuno desnucado $\bar{X} \pm \sigma$	Sin Ayuno eléctrico $\bar{X} \pm \sigma$	Ayuno 12 h desnucado $\bar{X} \pm \sigma$	Ayuno 12 h eléctrico $\bar{X} \pm \sigma$	Ayuno 24 h desnucado $\bar{X} \pm \sigma$	Ayuno 24 h eléctrico $\bar{X} \pm \sigma$
Hígado (g)	53.8±10.2a	54.0±10.9a	56.1±8.7a	52.3±7.0a	53.4±11.1a	50.1±4.5a
Bazo (g)	1.5±0.5a	1.4±0.4a	1.2±0.5a	1.2±0.7a	1.1±0.4a	1.4±0.6a
Corazón (g)	8.1±2.0a	8.4±2.2a	7.8±1.9a	7.2±1.7a	8.3±2.9a	8.2±1.8a
Pulmones (g)	13.2±3.3a	13.4±5.0a	17.2±3b	15.4±4.6ab	14.0±4.2ab	14.0±3.8ab
Piel y extremidades(g)	344.5±59.4a	345.8±97.4a	371.6±45.2a	338.2±28.9a	370.0±46.3a	357.5±53.7a
Estomago e Intestinos (g)	317.1±41.1a	317.7±56.6a	334.3±36.9a	332.9±41.1a	332.0±35.1a	341.9±43.6a
Cabeza (g)	88.2±28a	92.0±32a	100.5±28a	97.3±36a	108.8±14a	114.0±16a

“a,b,c, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre tratamientos según Prueba de Tukey ($p < 0.05$)”.

RESULTADOS

D) Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre la calidad de la canal y de la carne de conejo

En el cuadro 9 se muestra la mediana y el rango para la variable pH y temperatura tomada en las canales de conejo a las 0, 2, 4 y 24 h, en el músculo *longissimus dorsi* por efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento.

Para el pH inicial y pH medido a las 2 h se encontraron diferencias estadísticas significativas reportándose valores más bajos en las canales provenientes de conejos insensibilizados por el método de aturdimiento de tipo eléctrico comparado con aquellos que fueron aturdidos por dislocación cervical independientemente del periodo de ayuno.

Para las variables de pH 4 y 24 h y temperatura (independientemente en los tiempos en el que fue evaluada), no se encontraron diferencias significativas en el músculo *longissimus dorsi* por efecto de la interacción ayuno-aturdimiento.

En el cuadro 10 se muestra la mediana y el rango para la variable pH y temperatura tomada en las canales de conejo a las 0, 2, 4 y 24h, en el musculo *bíceps femoris* por efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento.

Para el pH inicial (tomada antes de los 15 minutos posteriores a la muerte del animal), se encontraron diferencias estadísticamente significativas reportándose valores más bajos en las canales provenientes de conejos insensibilizados por el método de aturdimiento de tipo eléctrico comparado con aquellos que fueron aturdidos por dislocación cervical independientemente del periodo de ayuno.

Para las variables de pH 2, 4 y 24 h y temperatura (independientemente en los tiempos en el que fue evaluada), no se encontraron diferencias significativas en el músculo *bíceps femoris* por efecto de la interacción ayuno-aturdimiento.

Cuadro 9. pH Y TEMPERATURA *Longissimus dorsi*

	Sin Ayuno desnucado	Sin Ayuno eléctrico	Ayuno 12 h desnucado	Ayuno 12 h eléctrico	Ayuno 24 h desnucado	Ayuno 24 h eléctrico	Valor <i>P</i>
	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	
Temperatura inicial (0 hrs)	39.0±3.5	39.4±3.8	38.5±3.7	38.7±4.0	38.7±3.9	38.7±4.0	0.4435
pH inicial (0 hrs)	6.5±0.8	6.3±1.0	6.5±0.8	6.3±0.8	6.4±0.7	6.3±0.7	<0.0013
Temperatura (2 hrs)	25.0±5.9	25.0±6.5	24.5±7.1	24.0±5.9	24.5±8.9	24.0±7.3	0.2141
pH (2 hrs)	5.9±0.7	5.8±0.7	6.0±1.1	5.9±0.5	5.9±0.7	5.8±0.4	<0.0043
Temperatura (4 hrs)	23.0±5.7	23.0±6.2	20.5±1.9	20.5±2.0	20.5±2.1	20.5±2.7	0.2847
pH (4 hrs)	5.7±0.8	5.6±0.8	5.7±0.5	5.7±0.2	5.8±1.0	5.7±0.3	0.0658
Temperatura (24 hrs)	5.0±4.1	5.5±4.9	4.6±3.6	4.3±3.8	4.9±3.7	4.1±3.5	0.7010
pH (24 hrs)	5.7±0.9	5.7±0.8	5.8±0.5	5.7±0.5	5.8±0.9	5.8±0.5	0.6136

Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

Cuadro 10. pH Y TEMPERATURA *Bíceps femoris*

	Sin Ayuno desnucado	Sin Ayuno eléctrico	Ayuno 12 h desnucado	Ayuno 12 h eléctrico	Ayuno 24 h desnucado	Ayuno 24 h eléctrico	Valor <i>P</i>
	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	Mediana±Rango	
Temperatura inicial (0 hrs)	38.0±4.6	38.3±3.0	38.0±5.8	38.4±4.8	38.5±5.8	38.0±4.8	0.8767
pH inicial (0 hrs)	6.6±0.9	6.3±1.4	6.5±1.2	6.4±0.7	6.5±1.1	6.3±0.9	<0.0017
Temperatura (2 hrs)	24.5±6.0	24.5±6.3	23.0±7.2	23.0±6.6	23.0±8.0	23.0±7.3	0.0716
pH (2 hrs)	6.0±0.7	6.0±0.7	6.5±0.6	6.0±0.6	6.0±0.8	5.9±0.3	0.8685
Temperatura (4 hrs)	22.0±5.2	23.0±6.7	19.7±2.5	20.0±2.5	20.0±2.5	20.1±2.5	0.3747
pH (4 hrs)	5.7±1.1	5.7±1.0	5.8±0.6	5.8±0.5	5.8±0.6	5.8±0.3	0.9211
Temperatura (24 hrs)	5.1±4.8	5.5±4.7	4.5±4.1	4.5±3.8	4.7±4.1	4.4±3.5	0.7720
pH (24 hrs)	5.9±0.8	5.8±0.7	5.8±0.5	5.8±0.6	5.8±0.7	5.8±0.4	0.9698

Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

En el cuadro 11 se muestra la mediana y el rango para la variable CRA.

Para la variable CRA. La carne de conejo procedente del grupo ayunado por 12 h e insensibilizados por el método de dislocación cervical mostraron los valores más altos (2.32 ± 2.75), los valores más bajos fueron reportados en la carne de conejo procedente del grupo sin ayuno y aturdido por el método eléctrico (0.50 ± 0.75).

Como se puede observar no se encontraron diferencias significativas por efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento sobre la CRA.

En el cuadro 12 se muestra la media y la desviación estándar para las variables terneza y color.

Para la variable terneza se observa que existe diferencia significativa ($P < 0.05$), por interacción ayuno-método de aturdimiento, reportándose los valores más bajos en los conejos ayunados por 12 h e insensibilizados por desnucamiento, observándose que esta carne es la más suave cuando se le comparó con la de los otros grupos. Así mismo se reportaron los valores más altos en la carne de conejos ayunados 24 h, independientemente del método de aturdimiento, por lo anterior siendo está la carne más dura.

La carne de los conejos que fueron ayunados por 12 h e insensibilizados por el método de aturdimiento eléctrico, reportan diferencias significativas ($P < 0.05$), presentando una interacción de los valores más bajos y los valores más altos para el índice luminosidad (L^*) e índice rojo (a^*), respectivamente.

Para el índice rojo (a^*), en lo que respecta a la carne de conejos que fueron ayunados por 24 h y aturdidos por desnucamiento se reportaron diferencias significativas ($P < 0.05$), observándose los valores más bajos cuando se les comparó con los otros grupos. Siendo esta carne menos brillante y más oscura. La carne obtenida de los conejos aturdidos por el método eléctrico fueron más rojas y más oscuras.

El mismo efecto se presentó para el índice amarillo (b^*), reportándose los valores más bajos en la carne de conejos aturdidos por el método eléctrico en comparación con la carne de conejos aturdidos por dislocación cervical.

También se observó la misma diferencia ($P < 0.05$), en la carne de conejos sin ayuno y aturdidos por el método eléctrico, observándose los valores más bajos en el índice de amarillo (b^*), cuando se le comparó con la carne de los otros grupos.

Cuadro 11. Efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento sobre la capacidad de retención de agua (CRA)

	Sin Ayuno desnucado Mediana±Rango	Sin Ayuno eléctrico Mediana±Rango	Ayuno 12 h desnucado Mediana±Rango	Ayuno 12 h eléctrico Mediana±Rango	Ayuno 24 h desnucado Mediana±Rango	Ayuno 24 h eléctrico Mediana±Rango
CRA	1.25±2.0a	0.50±0.75a	2.32±2.75a	0.75±4.0a	0.75±2.10a	0.75±1.6a

CRA= ml de agua retenidos por g de carne.

“a,b,c, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre tratamientos según Prueba de Tukey ($p < 0.05$)”.

Cuadro 12. Efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento sobre la terneza y el color de la carne de conejo

	Sin Ayuno desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Sin Ayuno eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 12 h desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 12 h eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 24 h desnucado $\bar{x} \pm \sigma$	Ayuno 24 h eléctrico $\bar{x} \pm \sigma$
Terneza	492.1±115.0bc	571.1±183.6ab	275.1±161.4d	364.6±202.3cd	637.0±164.0ab	675.2±118.9a
L*	48.16±1.59a	45.89±1.65bc	48.64±1.50a	45.20±0.83c	48.56±0.58a	47.44±2.79ab
a*	1.30±0.65bc	1.90±0.61abc	1.60±1.38abc	2.30±0.48a	1.001±0.44c	2.20±0.26ab
b*	8.50±0.43ab	7.46±0.65c	8.76±0.35a	8.06±0.58bc	8.57±0.60ab	8.01±0.46ac

Terneza= Se reportó la fuerza máxima obtenida en el corte (en gramos).

Color = L* luminosidad; a* índice rojo; b* índice amarillo

"a,b,c, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre tratamientos según Prueba de Tukey (p<0.05)".

VII. DISCUSIÓN

A) Efecto del ayuno sobre el bienestar de los conejos

Los resultados del presente estudio indican que un ayuno de 24 horas, no modifica sustancialmente el perfil fisiometabólico y no ocasiona un desequilibrio ácido base, pero si reduce de manera significativa la disponibilidad de lactato y glucosa plasmática y reduce el porcentaje de hematocrito. Cuando el animal se encuentra en ayunas, hay menos glucosa en sangre, provocando cambios hormonales, con un aumento del glucagón y un descenso de la insulina, lo cual dispara a las lipasas para la ruptura de los triglicéridos, los cuales al ser insolubles en agua, son transportados unidos a albúminas, mientras que el glicerol está disuelto en el plasma. El hígado es una gran reserva de glucógeno, polisacárido de reserva de glucosa, que rápidamente se utiliza por el organismo como fuente de glucosa (De la Fuente, 2003).

El manejo de los conejos aumenta los niveles de glucosa en sangre por estimulación adrenérgica (glucogenólisis), y estimulación de la gluconeogénesis por los glucocorticoides (Abdelatif y Modawi, 1994; Broom, 2000). Esto justifica los resultados obtenidos en los valores de referencia, donde se observaron los niveles más altos, donde también se puede observar que conforme el tiempo se va alargando los niveles van descendiendo posiblemente por que los animales se están tratando de adaptar.

Estudios previos donde evaluaron el perfil fisiometabólico del conejo a diferentes estresores indican que conejos expuestos a calor y con densidades altas ocasiona hiperglucemia (251.67 mg/dL) e hiperlactatemia (80.33 mmol/Lt) y el exponerlos a frío con la misma densidad alta ocasiona hiperglucemia (220.33 mg/dL) e hipolactatemia (45.33 mmol/Lt.). Otro estresor que modifica los parámetros sanguíneos es el transporte en épocas diferentes como son verano e invierno (De la Fuente, 2003). En otro estudio realizado por María *et al* (2002) no se reporta diferencia significativa en los niveles de glucosa en sangre teniendo estos valores que van de 133.9±37 a 148.6±37, por efecto del tiempo de espera y de la posición en la torre, en los niveles de lactato si presenta una diferencia significativa por efecto del tiempo de espera largo y en la posición de la torre siendo la posición inferior las que muestran hiperlactatemia. En el presente estudio se puede observar un ligero descenso en los niveles de lactato, sin llegar a tener un efecto significativo.

Mota-Rojas *et al.* (2009), evaluaron el efecto del transporte y del ayuno sobre el perfil químico serológico en cerdos. Ellos reportan un aumento en los niveles plasmáticos de glucosa, creatina quinasa (CK), así como una disminución en la concentración de globulinas como consecuencia del estrés originado. En este mismo experimento los animales que no tuvieron un periodo de descanso

antes de ser sacrificados presentaron acidosis láctica en comparación con aquellos que si descansaron.

En el presente estudio el periodo de ayuno indica un descenso en el metabolismo energético del conejo, fundamentado en la hipoglucemia, hipolactatemia y reducción del hematocrito. Liste *et al.*, (2006), reportan niveles altos de corticosterona, glucosa, lactato y CK, en conejos transportados por 7 h, pero sin que está diferencia fuera significativa.

La viscosidad de la sangre está directamente relacionada con el hematocrito (HC), si aumenta el HC, aumenta la viscosidad y disminuye el flujo, por lo que se debe aumentar el trabajo cardíaco de bombeo. Caso contrario lo reportado en el presente estudio donde se reporta una disminución del HC indicando un estado de anemia, lo que trae como consecuencia que la disponibilidad del O₂ se vea reducida, esto se ve reflejado en la reducción de los valores obtenidos en la pO₂. Un estudio hecho por De la Fuente (2003), reporta descenso del HC por efecto de la densidad de carga. También se reporta una reducción en el mismo sin ser estadísticamente significativo cuando se compararon los valores obtenidos de conejos sometidos a cambio de jaula (34.75 %) vs con aquellos sometidos a manejo (32.58 %). Aunque existe gran discrepancia entre los valores reportados para el hematocrito el rango encontrado por Kozma *et al.*, (1974) y reportado por De la Fuente (2003) indican un margen que va de 29.8 a 42.7 %. Sin embargo, Abdelatif y Modawi (1994), reportan como normal para conejos un valor de hematocrito de 37.4±1.5 %.

En un estudio realizado por Liste *et al.*, (2009), ellos reportan que el periodo de ayuno no tiene efecto significativo sobre los niveles de Hc (%), así mismo muestran resultados similares a los que se obtuvieron en esta investigación donde los niveles de glucosa son superiores en el grupo control (170±14.2), y que estos fueron disminuyendo conforme fue aumentando el periodo de ayuno de 2-8 h (148.6±37 y 133.9±37 respectivamente), el lactato presentó efectos parecidos al mostrar valores más altos por efecto de ayuno de 2 h y mostrando un descenso significativo con un ayuno de 8 h (81.4±6 vs 59.4±6), respectivamente. Los resultados indican que el periodo de ayuno altera el bienestar y los niveles van descendiendo conforme los conejos se adaptan en respuesta de los factores estresantes.

B) Efecto del método de aturdimiento sobre el bienestar de los conejos

Respecto al método de aturdimiento, los resultados del presente estudio, indican que ambos métodos de insensibilización no permiten cambios drásticos en el metabolismo del conejo que indiquen agonía o sufrimiento. Es importante destacar que no se incrementan significativamente los niveles de lactato, glucosa o calcio. Resultados similares se reportaron por Guerrero *et al.*

(2007), donde se observaron que los niveles de glucosa plasmática no se veían afectados ni por el periodo de reposo antes del sacrificio, ni por el método de sacrificio, dislocado vs eléctrico.

Por otro lado, resulta interesante destacar que el método de dislocación cervical ocasiona hipoxia e hipolactatemia, que si bien desde el punto de vista de bienestar animal no dice nada, si podría repercutir en el lento descenso del pH en la carne.

El método de aturdimiento por dislocación cervical mostró un efecto significativo sobre los niveles sanguíneos de pO_2 , este método origina hipoxia, por lo que indica que estos animales se sacrificaron con un mínimo de sufrimientos y estrés. Maldonado *et al.* (2007), reporto efectos similares en un estudio realizado en pollo de engorda, el estudio consistió en evaluar el efecto del método de aturdimiento eléctrico *versus* decapitado, los valores de la pO_2 mostraron una diferencia significativa por efecto del método de aturdimiento en comparación con aquellos animales que no fueron insensibilizados (36.67 ± 1.31 vs 49.62 ± 1.78).

Dalle Zotte (2002), señala que sea cual sea el método de aturdimiento empleado, siempre resulta en un estrés extremo demostrado por la liberación de catecolaminas, asociadas con la disminución en las reservas de energía, lo que provoca un incremento en el grado de acidificación en la carne.

En un estudio realizado por María *et al* (2001), mostró que de 26-33 segundos posteriores a la aplicación del aturdimiento eléctrico se produce la fase de recuperación y recomienda que los conejos sean exanguinados en este lapso. Resultados similares fueron obtenidos por Anil *et al.* (2000).

El tiempo de desangrado mostró valores ligeramente más bajos en aquellos conejos que fueron insensibilizados por el método por dislocación en comparación con el método de aturdimiento eléctrico independientemente del periodo de ayuno. Esto posiblemente debido a que el método eléctrico permite un mayor desangrado quedando menos sangre secuestrada en órganos y músculo. Resultados similares se reportan en el estudio realizado por Guerrero *et al.* (2007), donde conejos que fueron insensibilizados por método eléctrico y dislocado, con y sin descanso previo al sacrificio, mostraron un volumen mayor de sangre y mayores tiempos en el desangrado por efecto del aturdimiento eléctrico, independientemente del periodo de descanso. En otro estudio pero realizado en pollo de engorda Maldonado *et al.* (2007), no encontraron diferencias en el tiempo de desangrado por efecto del método de aturdimiento eléctrico *versus* sin aturdimiento (decapitados). En un estudio realizado por De la Fuente (2003), él mostró que conejos sometidos a manejo y conejos sometidos a cambio de jaula no mostraban diferencia significativa en los niveles sanguíneos de glucosa (269.37 vs 266.08 mg/dl) y hematocrito (32.58 vs 34.75 %), salvo los niveles de lactato que fue mayor en los animales sometidos a manejo *versus* cambio de jaula (73.50 vs 46.67 mmol/L).

Esta diferencia puede ser atribuida al manejo inicial y siendo estos los primeros en ser sacrificados no dio pauta a que existiera un descenso, a diferencia de aquellos que fueron cambiados de jaula y permanecieron ahí hasta el momento de su sacrificio.

C) Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre el rendimiento y peso de los órganos

En lo que se refiere a la pérdida de peso por efecto de la interacción ayuno-aturdimiento, en el presente estudio se aprecia que no se ve afectado el peso al sacrificio, peso de la canal caliente y el rendimiento de la canal. En un estudio realizado por Masoero *et al* (1992), reportan que el peso vivo de los conejos del grupo control aumento 40-54 g en comparación con aquellos que tuvieron un ayuno de 24 h. Coppings *et al.* (1989), reportaron mayores ganancias, llegando incluso a ser de 80 g para el grupo control.

Los resultados obtenidos en el presente, difieren de los reportados por Lambertini *et al* (2005); y por Jolley, (1990), donde se observaron que los conejos pierden entre un 3 y un 4 % de su peso durante un período de 12 h de ayuno, que se incrementa en un 6 y 10 % después de 24 h y llegan hasta el 10 y 12 % tras un ayuno entre 36 y 48 h. Además del ayuno otro factor que incide en la pérdida de peso es el transporte y la interacción transporte-ayuno; además si este último, es ayuno de alimento sólido y/o líquido. Ellos reportan pérdidas en el peso del hígado y contenido del tracto intestinal. La pérdida de peso en el hígado se debe al desdoblamiento del glucógeno almacenado en este y que es degradado a glucosa por efecto de la inanición y lo que respecta a la pérdida de peso del contenido del tracto intestinal, lo relacionan al vacío que el mismo ayuno origina en este. Los conejos pueden responder de diferente manera a las condiciones desfavorables en comparación con otros animales productores de carne, los efectos que pueden tener el transporte y el ayuno sobre muchas especies son pérdida de peso, deshidratación, pérdida del glucógeno almacenado, aumento de glucosa en sangre etc. Los conejos pueden de manera normal volver a ingerir sus propias heces (coprofagia), una pseudo-rumia que le permite ingerir principalmente las heces blandas (cecrofagia), el reciclaje de las heces puede aparecer tres o cuatro veces al día, aunque preferentemente se realiza por la tarde-noche, este mecanismo por lo tanto, puede ser una protección contra el ayuno, por lo que el conejo suele considerarse muy resistente al hambre. El conejo es relativamente resistente a la sed y puede sobrevivir de 4-8 días sin agua sin ningún tipo de daño irreversible (Jolley, 1990).

Kola *et al.* (1994), citado por De la Fuente (2003), reporta que el rendimiento comercial de conejos sometidos a un ayuno de pienso y agua progresivo (12, 24, 36 y 48 h), se reducía y era significativamente más bajo cuando el ayuno era de 24 h con respecto al grupo control (no sometido a ningún ayuno); y el valor más bajo en el rendimiento se obtuvo con el ayuno de 48 h.

Szendrő y Kustos (1992), observaron en este mismo sentido, que el rendimiento comercial estaba afectado por la duración del ayuno, de tal forma, que los conejos sometidos a 24 h de ayuno tuvieron un rendimiento comercial 2% más bajo que los sometidos a 6 h de ayuno (53.8 vs 55.8%, respectivamente). Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que el rendimiento de los conejos no fue estadísticamente diferente. El rendimiento reportado para este trabajo fue de un rango de 57.21 a 58.86 %.

Coppings *et al.* (1989), reportaron una disminución en los pesos de corazón y pulmones por efecto de los tratamientos ante-mortem, reportándose pesos en corazón de 8.0 g para el grupo control; 5.4 g con un ayuno de 12 h, 7.2; y 5.6 g con ayunos de 24, y 36 h, respectivamente. Cuando la restricción fue de agua y alimento los pesos reportados fueron mayores (6.5 y 7.9 g con ayunos de 12 y 24 h respectivamente). Los pesos reportados para los pulmones (g) fueron de 17.2; 13.5; 14.8 y 13.5 para el grupo control, ayuno de 12, 24, y 36 h, cuando la restricción fue de agua y alimento los pesos reportados (g) fueron 13.9 y 15.0 con ayunos de 12 y 24 h respectivamente. Obteniéndose mayores mermas cuando el ayuno fue de agua y alimento por 24 h. En lo que respecta al presente estudio no se observaron pérdidas de peso en hígado, bazo, corazón, cabeza, estómago e intestinos, cabe resaltar que se observó un aumento en el peso de los pulmones en el grupo de conejos sacrificados con un período de ayuno de 12 h y aturdido por dislocación. Esto concuerda con Coppings *et al.* (1989) donde reporta que el peso de corazón y riñones no se ven afectados por efecto del ayuno y/o el transporte. Esto posiblemente a que el ayuno solo correspondió de alimentos sólido y por lo tanto los conejos se mantuvieron hidratados con acceso de agua *ad libitum*.

Lambertini *et al.* (2005), comentan que transportes superiores a 2 h y la acción combinada con el ayuno repercuten sobre la pérdida de peso vivo, causando por una pérdida en el contenido gastrointestinal. Así mismo los resultados obtenidos por Coppings *et al.* (1989), confirman que el tratamiento ante-mortem como es el retiro de agua y/o alimento tienen efectos negativos sobre el rendimiento de las canales de conejo, afectando el peso al sacrificio, peso del hígado y contenido del tracto gastrointestinal. En el presente estudio no se encontraron diferencias en el peso post-ayuno, como tampoco se vio afectado el peso de vísceras (estómago e intestinos), estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Guerrero *et al.* (2007), en donde los resultados no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), para las variables de peso vivo, peso de la canal caliente, peso de las vísceras verdes y rojas y peso de la canal fría, en conejos sacrificados por dos diferentes métodos de aturdimiento (dislocación vs eléctrico), en animales con descanso y sin éste.

En un estudio realizado por Masoero *et al.* (1992), señalan que la pérdida de peso vivo en conejos ayunados por 24 h fue de 136g (equivalente a 5%), y esta pérdida de peso no afectaba el rendimiento de la canal caliente, posiblemente a que la pérdida de peso correspondía al vaciado del contenido gastrointestinal, además de pérdidas en hígado. La pérdida de peso en el tracto gastrointestinal se debe factiblemente a la excreción de heces y orina. Los conejos responden a cambios en su ambiente a través de los principios de activación de procesos de micción y excreción por tal motivo este proceso influye en el contenido del TGI y por lo tanto en las pérdidas de peso vivo (Jolley, 1990).

Jolley (1990), comentan que el peso del contenido del estómago y el peso del tracto gastrointestinal (TGI) disminuía conforme el periodo de ayuno aumentaba, reportando valores (en g) de 33.4 para el grupo control, 27.5 y 13.9 con un ayuno de 6 y 24 h en el peso del contenido y de 161.6, 109.0 y 80.8, para el peso total de TGI respectivamente. También reportan que el peso del corazón y riñón no se alteraban por efecto del ayuno y/o el transporte, no así para el peso del hígado que si reflejaba pérdidas en los pesos promedios y estas pérdidas aumentaba en relación con el aumento del ayuno y/o del transporte.

Por lo que factores que contribuyen a la pérdida de peso pueden contribuir también al sufrimiento físico y mental del conejo.

D) Efecto de la interacción ayuno-aturdimiento sobre la calidad de la canal y de la carne de conejo

Temperatura y pH

La interacción ayuno-método de aturdimiento no presentó diferencia estadística en el descenso de la temperatura de la canal, independientemente de los músculos (*longgisimus d.* y *bíceps f.*), y de los tiempos en los que fue evaluada (0, 2, 4 y 24 h).

En cuanto al pH en las canales de conejo se observó que el método de aturdimiento tiene un efecto significativo en el descenso del mismo. Este afectó de manera significativa el proceso de acidificación inicial, existiendo una interacción entre el ayuno y el método de aturdimiento eléctrico, observándose que el pH descendió más rápido dentro de las dos primeras horas posteriores al sacrificio en comparación con aquellos que pasaron por el mismo periodo de ayuno pero que fueron aturridos por el método de dislocación cervical. Resultados parecidos se reportan por Guerrero *et al.* (2007), donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para las variables de pH y temperatura registradas a las 0 y 24 h, en el músculo *Bíceps*

femoris por efecto del método de aturdimiento (dislocación vs eléctrico), y por efecto del periodo de descanso (Guerrero *et al.*, 2007).

Dal Bosco *et al.* (1997), obtuvieron valores de pH elevados utilizando bajo voltaje (45 v) independientemente de utilizar alto o bajo amperaje (8.5 o 2.5 A) con valores de 6.97 y 6.96 en el pH inicial respectivamente. Papinaho y Fletcher (1995), mostraron diferencias significativas en el pH muscular a los 12 min post-mortem, en animales que fueron aturridos por método eléctrico pero estas diferencias se disiparon aproximadamente a las 6 h post-mortem sugiriendo que éste efecto estaba dado por el método de aturdimiento, pero sin alterar el valor del pH final. Independientemente del método de aturdimiento, del voltaje y la frecuencia utilizada el valor del pH final una vez que se implanta el *rigor mortis* no se ve afectado (María *et al.*, 2001). Esto concuerda con lo reportado en el presente estudio donde el efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento se minimiza una vez que queda implantado el *rigor mortis*.

CRA

La capacidad de retención de agua de la carne encontrada en el presente estudio, no difirió significativamente por efecto del ayuno-método de aturdimiento. Resultados similares fueron obtenidos por Liste *et al.* (2009), donde observaron que un periodo de ayuno de 2 u 8 h no alteraba la CRA. Ellos en ese mismo estudio reportan que la CRA se ve disminuida por la posición de la jaula en la torre, reportando los valores más bajos en la posición baja y media en comparación con la posición alta de la torre.

María *et al.*, (2006), reportan diferencias estadísticamente significativas en la CRA por efecto de la temporada del transporte (verano e invierno), pero no del tiempo (1 y 7 h). Otro estudio realizado por Lambertini *et al.* (2005), evaluaron el efecto de las densidades en el transporte y no encontraron diferencias significativas en la pérdida de peso por goteo durante el almacenamiento y en la pérdida por cocción. Lo mismo reporta Jolley (1990) en un estudio que evaluó el efecto del transporte o el ayuno de 24 h, en donde se reportan diferencias pérdidas en la CRA por efecto del transporte (1.43 vs 1.16) y pérdidas por goteo por efecto de los dos siendo más severo las pérdidas por el transporte (2.44 vs 1.86).

Terneza

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la interacción de un ayuno de 12 h con el método de aturdimiento por desnucamiento, tienen un efecto favorable sobre la suavidad de la carne, reportándose los valores más bajos en comparación con los otros grupos, reportándose en

estos conejos la carne más suave. Este dato difiere de lo reportado por Dalle-Zotte (2001), en donde observaron, que los métodos eléctricos favorecen el aprovechamiento de la energía de las reservas musculares (ATP, glucógeno y creatin fosfato), y provoca rompimiento en el sarcómero y favoreciendo la terneza.

La insensibilización con voltajes bajos provoca una disminución en la fuerza al corte en comparación con corrientes altas (2.9 vs 3.19 Kg/g respectivamente), estas diferencias probablemente no tienen implicaciones comerciales. El efecto del método de aturdimiento en la actividad de la m-calpaína está relacionada con el pH muscular ya que es una proteasa neutra y tiene una actividad óptima a un pH cercano a 7.5 (Northcutt *et al.*, 1998). La terneza de la carne es un factor importante para el consumidor porque determina el valor comercial de la carne y la forma en que será cocido (María *et al.*, 2006).

Color

Uno de los parámetros más importantes es el color, que el consumidor relaciona con frescura y calidad. El color de la carne se vio afectado en aquellos conejos en donde se restringió el alimento por 12 h y que fueron aturdidos por el método eléctrico, encontrándose que la carne fue menos brillante y más oscura. En un trabajo realizado por Dal Bosco *et al.* (1997), se reportan que los valores del índice de rojo (a^*) fueron elevados probablemente como consecuencia de los valores altos del pH. Aunque por efecto del método de aturdimiento los parámetros del color, luminosidad (L^*) e índice de amarillo (b^*), no muestran diferencia estadística significativa. Otro estudio realizado por Jolley (1990), reporta que un ayuno de 24 h, y/o el transporte de 24 h produce valores más bajos en la luminosidad de la carne (41.3 y 37.69) *versus* conejos que fueron sacrificados inmediatamente (44.00). Dalle-Zotte (2002), cita que el transporte provoca una reducción en el color de la carne, el transporte puede aumentar el pH de la carne y en última instancia originar una carne oscura (María *et al.*, 2006), en el mismo trabajo ellos reportan que la temporada del transporte tiene un efecto importante en todas las coordenadas de color (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*), por lo que este disminuye la luminosidad y la saturación del color lo que hace a la carne más oscura, por lo que sugieren que la temporada del transporte podría ser un factor estresante. Resultados similares reportó Jolley (1990), en donde un ayuno prolongado de 24 h o un transporte por el mismo tiempo disminuyen la luminosidad (37.6, 41.3 respectivamente), coincidiendo con un estudio realizado por Lambertini *et al.* (2005), donde reportan que la carne de conejos provenientes de transportes largos era más roja-púrpura y más oscura, que aquellos a los que fueron sometidos a viajes más cortos (4 vs 1 h). Resultados similares fueron obtenidos por Liste *et al.* (2009), ellos reportan diferencias estadísticas significativas por efecto del periodo de ayuno en el color de la carne, que origina un carnes con menos índices de luminosidad.

Las propiedades de la carne, y los parámetros de color en particular están estrechamente relacionados con el valor del pH final, que influye en la textura y en la oxidación de los pigmentos *hemo* (De la Fuente, 2003; Lambertini *et al.*, 2005).

El periodo de ayuno utilizado de manera adecuada, puede favorecer el bienestar y mejorar la calidad instrumental de la carne de conejo. Evidentemente el nivel de estrés necesario para reducir sustancialmente la calidad de la carne es más alto que el nivel necesario para afectar los niveles plasmáticos indicadores de estrés. Así pues la falta de un efecto sobre la calidad de la carne no indica que el bienestar sea óptimo. Por el contrario un ligero efecto sobre la calidad de la carne probablemente representa graves problemas de bienestar (Jolley, 1990 y Liste *et al.*, 2009).

VIII. CONCLUSIONES

- A) Los resultados indican que un ayuno de 24 horas, no modifica sustancialmente el perfil fisiometabólico y no ocasiona un desequilibrio ácido base, pero si reduce de manera significativa la disponibilidad de lactato y glucosa plasmática y reduce el porcentaje de hematocrito.
- B) El manejo inicial de los animales, produce alteración en su bienestar, incrementando los valores de referencia, particularmente los niveles de glucosa en sangre, que posterior a un tiempo de 12 h se observa modificaciones en la adaptación de los conejos de manera particular al periodo de ayuno como factor estresante.
- C) Respecto al método de aturdimiento, los resultados indican que ambos métodos de insensibilización no permiten cambios drásticos en el metabolismo del conejo que indiquen agonía o sufrimiento. Es importante destacar que no se incrementan significativamente los niveles de lactato, glucosa o calcio.
- D) El método de aturdimiento por dislocación cervical, tiene ciertas ventajas en comparación con el aturdimiento eléctrico, al no alterar el bienestar animal. El método de aturdimiento por dislocación cervical origina un descenso en los niveles plasmáticos de pO₂ y lactato.
- E) En lo que se refiere a la pérdida de peso por efecto de la interacción ayuno-aturdimiento, se aprecia que no se ve afectado el peso al sacrificio, peso de la canal caliente y el rendimiento de la canal.
- F) La capacidad de retención de agua de la carne encontrada en el presente estudio, no difirió significativamente por efecto del ayuno-método de aturdimiento, el efecto de la interacción ayuno-método de aturdimiento se minimiza una vez que queda implantado el *rigor mortis*.
- G) La interacción ayuno-método de aturdimiento eléctrico, produce una acidificación más rápida en la canal, este efecto solo se presentó en el pH evaluado antes de las 2 horas post-mortem. Por lo que esta interacción no afectó la capacidad de retención de agua.
- H) Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la interacción de un ayuno de 12 h con el método de aturdimiento por desnucamiento, tienen un efecto favorable sobre la suavidad de la carne, con valores más bajos en comparación con los otros grupos.
- I) El método de aturdimiento eléctrico produce carne más roja, más oscura y más dura.
- J) El color de la carne se vio afectado en aquellos conejos en donde se restringió el alimento por 12 h y que fueron aturridos por el método eléctrico, encontrándose que la carne fue menos brillante y más oscura.

IX. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda seleccionar a los conejos por un periodo de 12 horas de anterioridad al sacrificio, mismo que pueden ser ayunado sin que éste repercuta sobre el bienestar, sin tener mermas por efecto de pérdidas ocasionadas por él mismo, sobre el rendimiento de la canal y si puede favorecer la calidad de la carne, particularmente aumentando la ternura de la carne.

Se recomienda, además de las variables evaluadas, contemplar otros indicadores como son niveles de cortisol en sangre, concentración de CK (creatin kinasa) y LDH (lactato deshidrogenasa), y potencial glucolítico, para tener un referente más claro de la repercusión del ayuno sobre el bienestar de los conejos y la interacción con el método de aturdimiento sobre la calidad de la canal y de la carne.

X. BIBLIOGRAFÍA

Aguilera Arango E., González Vidaurreta A. y Rojas Gutiérrez E. (2007). Efecto del estrés calórico durante el transporte y reposo previo al sacrificio, sobre el perfil metabólico, gasometría sanguínea y calidad de la canal de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). Tesis para Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. Campus – Xochimilco. pg 11-53.

Abdelatif A.M. y Modawi S.M. (1994). Effects of hyperthermia on blood constituents in the domestic rabbits. *Journal of Thermal Biology*. 19: 357-363.

Anil M.H., Raj A.B.M., McKinstry J.L. (1997). Electrical Stunning in Commercial Rabbits: Effective Currents, Spontaneous Physical Activity and Reflex Behaviour. *Meat Science*. 48:21-28.

Anil M.H., Raj A.B.M., McKinstry J.L. (2000). Evaluation of electrical stunning in commercial rabbits: effect on brain function. *Meat Science*. 54:217-220.

Ariño B., Hernández P. and Pla Blasco. (2007). Comparison between rabbit lines for sensory meat quality. *Meat Science*. 75: 494-498.

Barrón G. M., Zamora F. M. (2001). Características de la canal en tres razas de conejos. *Revista FESC divulgación científica multidisciplinaria*, No. 11, pg.7-12.

Barron M.C., Herrea J.G., Suarez M.E., Zamora M.M. y Lemus C. (2004). Evaluación de las características de la canal en tres razas de conejos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Tomo 38 N°1. pg 19-24.

Blasco A. & Piles M. (1990). Muscular pH of the rabbit. *Annales Zootechnie*, 39: 133-136.

Bramble F.W.R. (1965). Report of the Technical Committee to enquire into the welfare of animal kept under intensive livestock husbandry systems. Command Report 2.836. Her Majesty's Stationery Office, London.

Broom D.M. (1995). Quantifying pig's welfare during transport using physiological measures. *Meat Focus International*, November: 457-460.

Broom D.M. (2000). Welfare assessment and problem areas during handling and transport. En *Livestock, Handling and Transport*. T. Grandin, ed CABI Publishing, Wallingford, 43-61.

Brown S., Knowles T., Edwards J. E. & Warris P.D. (1999). Behavioural and physiological responses of pigs to being transported for up to 24 hours followed by six hours recovery in lair age. *Veterinary Record*, 145(15): 421-426.

Cook N.J., Schaefer A.L., Lepage P y Morgan J.S. (1996). Salivary vs serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine. *Canadian Journal of Animal Science*, 76: 329-335.

Combes S., González I., Déjean S., Baccini A., Jehl N., Juin H., Cauquil L., Gabinaud B., Lebas F. and Larzul C. (2008). Relationships between sensory and physicochemical measurements in meat of rabbit from three different systems using canonical correlation analysis. *Meat Science*, 80: 835-841.

Contreras C.C. & Baraquet N.J. (2001). Electrical stunning, hot boning, and quality of chicken breast meat. *Poultry Science*, 80:501-507.

Coppings R. J., Ekhaton N. & Ghodrati A. (1989) Effects of antemortem treatment and transport on slaughter characteristics of fryer rabbits. *J. Anim. Sci.*, 67: 872-880.

Craig E.W. & Fletcher D.L. (1997). A comparison of high current and low voltage electrical stunning systems on broiler breast rigor development and meat quality. *Poultry Science*, 76:1178-1181.

Curtis S.E. (1985). What constitutes animal well-being. en: *Animal Stress*, G.P. Moberg ed, American Physiological Society, Maryland. pg. 1-14.

Dal Bosco A., Castellini C., Bernardini M. (1997). Effect of transportation and stunning method on some characteristics of rabbits carcasses and meat. *World Rabbit Science*, 5(3):115-119.

Dalle Zotte A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75: 11-32.

Dalle Zotte A., Pricnz Z., Metzeger Sz., Szabó A., Radnai I., Biró-Németh E., Orova Z. and Szendro Zs. (2008). Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 2. Carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, in press. N° de pg 9.

De la Fuente V. Jesús. (2003). Bienestar animal en el transporte de conejos a matadero. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria. España. pg 2-85; 110-233.

Del Río M. R. (1998). Evaluación del peso y rendimiento de la canal de Conejos de las razas: Nueva Zelanda Blanco, California, Chinchilla y sus híbridos. Tesis de licenciatura FES Cuautitlán, UNAM. pg 19.

Gallo C., Espinosa M., Sanhueza C. & Gasic J. (2001). Efectos del transporte por camión durante 36 horas con y sin periodo de descanso sobre el peso vivo y algunos aspectos de la carne en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 33(1): 43-53.

Gamboa R. C.; Becerril P. C.; Pro M. A.; García M. R.; González R. V. (2002a). Caracterización de la producción de conejos a pequeña escala en Texcoco, México. 2° Congreso de Cunicultura de las Américas. La Habana. pg. 230-231.

Gamboa R. C.; Becerril P. C.; Pro M. A.; García M. R.; González R. V. (2002b). Consumo y aceptación de la carne de conejo en Texcoco, México. 2° Congreso de Cunicultura de las Américas. La Habana pg. 227-229.

González-Lozano M., Sánchez A. P., Mota-Rojas D., Alonso-Spilsbury M.L., Ramírez-Necoechea R., Becerril-Herrera M. & Lemus F. C. (2007). Efecto del transporte, ayuno y periodo de reposo pre-sacrificio en la calidad de la canal porcina. *Comunicaciones técnicas*. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México. pg 7-43.

González V.A. Rojas G.E., Aguilera A.E. Flores-Peinado S.C., Lemus F. C. Olmos-Hernández A., Becerril-Herrera M., Cardona-Leija A., Alonso-Spilsbury M.L., Ramírez-Necoechea R. and Mota-Rojas D. (2007). Effect of heat stress during transport and rest before slaughter on the metabolic profile, blood gases and meat quality of quail. *International Journal of Poultry Science*. 6(6): 397-402.

Guerrero-Legarreta. I., Ponce A. E. y Pérez C. Ma. de Lourdes (2002). *Curso práctica de tecnología de carnes y pescado*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. pg 11-18.

Guerrero Pineda Michel Yaneth, Jiménez Vieyra Francisco Israel. (2006). Efecto de aturdimiento sobre el pH sanguíneo, temperatura y niveles de glucosa, creatin cinasa, lactato y calidad de la canal en conejos de la raza California sacrificados a los 60 días. Tesis para Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. Campus – Xochimilco. pg 6-54.

Guerrero M.Y., Flores-Peinado S.C., Becerril-Herrera M., Cardona-Leija A., Alonso-Spilsbury M., Zamora-Fonseca M.M., Toca J, Ramírez, Toca J.A. and Mota-Rojas D. (2007). Insensibilization of california breed rabbits and it's effects on sanguineous pH, temperature, glucose levels, creatine kinase and slaughter performance. *J. Anim. Vet. Adv.*, 6(3):410-415.

Gondret F.; Larzul C.; Combes S. Ad H. De Rochambeau. (2005). Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits in relation to growth rate in rabbits. *Journal of Animal Science*. 83:1526-1535.

Grandin T. (1994). Solving livestock handling problems. *Veterinary Medicine*. 89: 989-998.

Grandin T. (2000). Livestock handling and transport. 2a edition, Wallingford, Oxon, Uk: CABI Publishing: Oxon. 3^a ed. pg 1-58.

Gregory N.G. (2005). Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science*, 70:481-491.

Hernández P. (2004). Calidad nutricional de la carne de conejo. *Cunicultura*. 1: 17-21.

Hernández P; Pla M; Blasco A. (1998). Carcass characteristics and meat quality of Rabbit lines selected for different objectives: II Relationships between meat characteristics. *Livestock Production Science*. 54: 125 – 131.

Honkavara M., Leppavuori A., Rintasalo E., Eloranta E. & Ylonen J. (1999). Evaluation of animal stress and welfare during long distance transport of cattle in Finland. 45th International Congress of Meat Science and Technology, Yokohama Japan. Paper , 52-63.

Jolley D. Paul. (1990). Rabbit transport and its effects on meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 28: 119-134.

Knowles T. G. (1998). A review of the road transport of slaughter sheep. *Veterinary Record*, 143: 212-219.

Knowles T. G.; Brown S. N.; Warris P. D.; Phillips A. J.; Dolan S. K.; Hunt P.; Ford J. E.; Edwards J. E.; and Watkins P. E. (1995a). Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours. *Veterinary Record*, 136: 431-438.

Knowles T. G.; Ball R. C.; Warris P. D. and Edwards J. E. (1996). A survey to investigate potential dehydration in slaughtered broiler chickens. *British Veterinary Journal*, 152: 307-314.

Knowles T. G. & Warris P. D. (2000). Stress physiology of animals during transport. En *Livestock, Handling and transport*, T Grandin, ed 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, 385-407.

Knowles T. G.; Warris P. D.; Brown S. N.; Edwards J. E. and Mitchell M. A. (1995b). Response of broilers to deprivation of food and water for 24 hours. *British Veterinary Journal*, 151: 197-202.

Lambertini L., Vignola G., Badiani A, Zaghini G., & Formigoni A. (2005). The effect of journey time and stocking density during transport on carcass and meat quality in rabbits. *Meat Science*., pg 1-6.

Larzul C., Thébault R. G., Allain D. (2004). Effect of feed restriction on rabbit meat quality of the Rex du Poitou. *Meat science*, 67: 479 – 484.

Lawrice R. A. (1977). *Ciencia de la carne*. Zaragoza-España: 2ª Edición Acribia. pg 265.

- Leheska, J., Wulf, D. & Maddock, R. (2006). Effects of fasting and transportation on pork quality development and extent of postmortem metabolism. *J. Animal Science*, 81: 3194-3202.
- Liste G., María G.A., Buil T., Garcia- Belenguer S., Chacón G., Olleta J.L., Sañudo C., & Villarroel M. (2006). Journey length and high temperatures; effects on rabbit welfare and meat quality. Abstract. Feb., 113(2):59-64.
- Liste G., Villarroel M., Chacón G., Sañudo C., Olleta J.L., Garcia- Belenguer S, Alierta S. & María G.A. (2009). Effect of lairage duration on rabbit welfare and meat quality. *Meat Science.*, 82: 71-76.
- López G.; Carballo G. B.; Madrid V. A. (2001). Tecnología de la carne y productos cárnicos. Madrid: Mundiprensa. 1ª edición, pg 32, 85-87.
- López V. R.; Caspvanadocha A. (2004). Tecnología de mataderos. México: Mundiprensa. s/ed, pg 341.
- Maldonado J.M., Mota-Rojas D., Becerril-Herrera M., Flores-Peinado S., Camacho-Morfin D., Cardona-Leija A., Ramírez-Necoechea R., Morfin-Loyden L., González-Lozano M., Pereda-Solís M., and Alonso-Spilsbury M. Broiler. (2007). Welfare Evaluation Trough Two Stunning Methods: Effects on Critical Blood Variables and Carcass Yield. *J. of Animal and Veterinary Advances*, 6(12):1469-1473.
- María G., López M., Lafuente R. & Mocé M.L. (2001). Evaluation of electrical stunning methods using alternative frequencies in commercial rabbits. *Meat Science*, 57: 139-143.
- María G. A.; Buil T.; Liste G.; Villarroel M.; Sañudo C. and Olleta J. L. (2006). Effects of transport time and season on aspects of rabbit meat quality. *Meat science*, 72: 773-777.
- Masoero G., Riccioni L., Bergoglio G. & Napolitano F. (1992) Implications of fasting and transportation for a high quality rabbits meat product. *J. Appl. Rabbit Res.* 15: 841-847.
- Mench J.A. y Mason G.J. (1997). Behaviour en: *Animal Welfare*, M.C. Appleby, y B.O. Hughes, ed. CABI Publising Wallingford, pg. 127-141.
- Moberg G.P. (1985). Biological response to stress: Key to assessment of animal well-being?. En *Animal Stress*, G.P. Morberg, ed American Physiological Society, Maryland, pg. 27-50.
- Moreno G. (2006). Higiene e inspección de carnes Vol. I. España, edit. Díaz de Santos 2ª ed, pg 441-459. Cap 29.

Mota-Rojas D.; Becerril-Herrera M.; Lemus C; Sánchez P; González M; Olmos A. S; Ramírez R. & Spilsbury M. (2006). Effect of different periods of transport on pre – and post slaughter indicators which affect pig meat quality. *Meat Science*. 73: 404-412.

Mota-Rojas D.; Becerril-Herrera M.; Trujillo-ortega M.E., Alonso-Spilsbury M., Flores-Peinado S., and Guerrero-Legarreta I. (2009). Effect of Pre-Slaughter Transport , Lairage and Sex on Pigs Chemical Serologic Profiles. *J. Anim. Vet. Adv.*, 8(2):246-250.

Mournier L., Dubroeuq H., Andanson S. & Veissier I. (2006). Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *J. Animal Science*, 84: 1567-1576.

Northcutt K.J., Buhr J. R. & Young L.L. (1998). Influence of pre-slaughter stunning on turkey breast muscle quality. *Poultry Science*, 77:487-492.

Parrot R- F. and Misson B. H. (1989). Changes in pig salivary cortisol in response to transport simulation, food and water deprivation, and mixing. *British Veterinary Journal*, 145: 501-505.

Papinaho P.A & Fletcher D.L. (1996). The effects of stunning amperage and deboning time on early rigor development and breast meat quality of broilers. *Poultry Science*, 75:672-676.

Pla M., Guerrero L., Guardia D., Oliver M.A. and Blasco A. (1998). Carcass characteristics and meat quality of rabbit line selected for different objectives. I Between lines comparison. *Livestock Production Science*, 54: 115 – 123.

Ramírez T. Jorge Alberto. (2004). Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Valencia. Facultad de Veterinaria. España. pg 3-166.

Ramírez R.M.; Mota-Rojas D.; Reyes ADL.; Becerril-Herrera M; Flores-Peinado S; Alonso-Spilsbury M.; Cardona L.A.; Ramírez-Necoechea R. and Lemus-Flores C. (2006). Slaughtering process, carcass yield and cutting process in California and Chinchilla rabbit breeds. *J. Food Technology*, 4 (1):86-89.

Rodríguez P., Oliver Ma. A., Dalmau A. & Velarde A. (2006). Efecto del aturdimiento sobre la calidad de la canal y de la carne en corderos. *Eurocarne*, N° 148 Julio-Agosto. pg 1-6.

Rødboten M.; Kubeerød E.; Lea P. and Ueland Ø. (2004). A sensory map of the meat universe. Sensory profile of meat from 15 species. *Meat Science*, 68: 137-144.

Rubio L.M.S. y Mendez M.D. (1996). Conceptos relacionados con la calidad de la carne. En Memorias del Curso de Actualización: Ganadería, Industria y Ciencia de la carne en México. FMVZ-UNAM. pg. 133-139.

Sandford J.C. (1988). El Conejo Doméstico: Biología y Producción. Zaragoza-España: Acribia, pg XVII-XVIII; 203.

SCAHAW (Scientific Committee on Animal Welfare). (2002). The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle). European Commission (Health y Consumer Protection Directorate-General), pg 129.

Szendrö Zs.& Kustos K. (1992). The effect of starvation on the carcass yield of New Zeland white rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 15: 879-883.

Templeton G. (1976). Cría del conejo doméstico. México: Continental. Cap 1. pg 13-29.

Warris P.D. (1990). The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 28: 171-186.