



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO EN LOS INDICADORES DE BIENESTAR EN CONEJOS CALIFORNIA**

**YAMILETH JERÓNIMO ROMERO**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

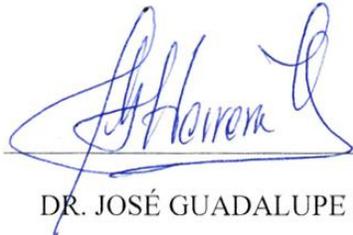
**2022**

---

La presente tesis titulada: **Efecto de dos métodos de aturdimiento en los indicadores de bienestar de conejos California**, realizado por la alumna: **YAMILETH JERÓNIMO ROMERO**, bajo la dirección del Consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA  
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



---

DR. JOSÉ GUADALUPE HERRERA HARO

ASESORA:



---

DRA. MARÍA ESTHER ORTEGA CERRILLA

ASESORA:



---

DRA. MARÍA CONCEPCIÓN MÉNDEZ GÓMEZ-HUMARÁN

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, FEBRERO 2022

# EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO EN LOS INDICADORES DE BIENESTAR EN CONEJOS CALIFORNIA

Yamileth Jerónimo Romero, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2022

## RESUMEN

Los consumidores demandan procedimientos de matanza de conejos en condiciones de bienestar que garanticen carne de calidad, como el uso de métodos de aturdimiento, los cuales han sido poco evaluados en México debido a la producción de esta especie principalmente en pequeña escala. El estudio se basó en una muestra de 120 conejos California, de ambos sexos, con un promedio de 2 kg de peso y 65 días de edad, usando los métodos de concusión y electronarcosis previo a la matanza. Se plantearon tres objetivos a manera de capítulos: Capítulo 1. Objetivo: relacionar el efecto de dos métodos de aturdimiento y sexo, evaluando las manifestaciones de conductas durante el aturdimiento y degüello, lesiones en canal y factores que afectan el bienestar animal (BA). Se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2 x 2, se obtuvieron factores de riesgo de lesiones y las conductas fueron comparadas con U-Mann-Withney y Kruskall-Wallis. Los resultados mostraron que la electronarcosis produce mejores condiciones durante la matanza y mayor BA que la concusión. Capítulo 2. Objetivo: comparar el efecto de dos métodos de aturdimiento en las características de la canal y las propiedades fisicoquímicas de la carne. Se registraron el peso vivo, canal caliente y fría, pH (1, 24 y 48h) en *Biceps femoris*; color, capacidad de retención de agua (CRA) y resistencia al corte (RCort) en *Longissimus dorsi*. Se compararon los métodos de aturdimiento y sexo usando PROC GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC). La calidad de carne se analizó con pruebas no paramétricas. No se encontraron diferencias entre sexos ( $p > 0.05$ ), existieron diferencias en la canal caliente favoreciendo a la electronarcosis ( $p < 0.05$ ). Hubo diferencia en el  $pH_{1h}$  ( $p < 0.05$ ), pero no en el  $pH_{24h}$  ni en la resistencia al corte de la carne ( $p > 0.05$ ). El método de electronarcosis originó carne más oscura y amarilla ( $L^*$  y  $b^*$   $p < .0001$ ) y con mayor CRA ( $p = 0.049$ ), que el método de concusión. El método eléctrico produce menor estrés en el *ante mortem* en los conejos que la concusión, pero no influye en la calidad de la carne. Capítulo 3. Objetivo: caracterizar la canal del conejo despiezada e identificar la importancia relativa de sus partes. La canal fue despiezada a las 24 h *post mortem*; se registró el peso de la canal fría (PCF), cabeza (CBZ), brazos (BRZ), piernas (PRN), lomo (LOM), espaldilla (ESP), tórax (TOX), faldilla (FAL), hígado (HIG) y riñones (RIS). Los datos fueron analizados usando correlaciones de Pearson, Análisis de Componentes Principales y Conglomerados. Los resultados mostraron que el 72 % de la variación en la canal lo explican cuatro componentes (CP). El CP1, explicó el 37 % de la variación total, y lo conformó el PCF, CBZ, PRN y LOM; el CP2, explicó el 16% con las variables BRZ, TOX y FAL; el CP3, con el 11% y conformado por RIS; y el CP4, 8% constituido por HIG y ESP. El análisis de conglomerados permitió identificar dos grupos (CLU) de conejos, diferenciados por el peso de las partes que integran la canal.

**Palabras clave:** Bienestar animal, electronarcosis, concusión, características de canal, propiedades fisicoquímicas de la carne, análisis de componentes principales, análisis de conglomerados.

# EFFECT OF TWO STUNNING METHODS ON WELFARE INDICATORS IN CALIFORNIA RABBITS

Yamileth Jerónimo Romero, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2022

## ABSTRACT

The demand for slaughter practices to be carried out under conditions of welfare, and that guarantee quality meat products, is growing among consumers. In Mexico, diverse methods for stunning rabbits before slaughter are available. However, such methods have been poorly evaluated, since rabbit farming takes place mainly in small-scale production units. The present study was based in a sample of 120 California rabbits, including both sexes, with an average weight of 2 kg and 65 days of age. Electrical stunning and manual stunning method were used before slaughter. Three objectives were determined in the form of chapters. Chap.1. Objective: To relate the effect of two stunning methods and gender by evaluating the manifested conducts, lesions in the carcass and the factors that contribute to animal welfare (AW) during stunning and slaughter. A completely randomized 2x2 factorial design was used, risk factors for the lesions were obtained and the conducts were compared with a Mann-Whitney test and Kruskal Wallis test. Results indicate that electrical stunning before slaughter resulted in better AW conditions than manual stunning. Chap.2. Objective: To compare the effect of two stunning methods for rabbits in the characteristics of the carcass, as well as in the chemical and physical properties of the meat. Live-weight, warm-carcass weight and cold-carcass weight were registered; pH (1, 24 and 48h *postmortem*) was measured in *Biceps femoris*; and the water holding capacity (WHC) and meat tenderness, i.e., Shear force test, were evaluated in *Longissimus dorsi*. The stunning methods and gender were compared with PROC GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Meat quality was analyzed with nonparametric tests. No difference was found between gender ( $p>0.05$ ). However, the stunning methods were different in the warm-carcass favoring electrical stunning.  $pH_{1h}$  was different ( $p<0.05$ ), while  $pH_{24h}$  and meat tenderness showed no difference in relation to the stunning method ( $p>0.05$ ). Electrical stunning generated meat that was less bright and with a yellow tone ( $L^*$  and  $b^*$   $p<.0001$ ), with a higher WHC ( $p=0.049$ ). In general, results demonstrated that electrical stunning in rabbits generated less stress prior to slaughter and improved some meat characteristics. However, no influence was found in the quality of the meat. Chap.3. Objective: To characterize the cut rabbit carcass and to identify the relative importance of the cuts. Carcasses were cut 24 h *postmortem*; the weight of the cold-carcass (CCW), head (HE), arms (AR), legs (LE), back (BA), shoulder (SH), thorax (TH), belly flaps (BF), liver (LI) and kidneys (KI) were registered. Data were analyzed with Pearson correlations, principal component analysis, and cluster analysis. Results demonstrated that 72% of the variation in the cuts was explained by four principal components (PC). PC1 explained 37% of the total variation including CCW, HE, LE and BA; PC2 explained 16% of the variation with variables AR, TH and BF; PC3 explained 11% of the variation with KI; and CP4 explained 8% of the variation with LI and SH. The cluster analysis permitted to pinpoint two groups (CLU) of rabbits with different weight in the cuts that conform the carcass.

**Keywords:** Animal welfare, electrical stunning, carcass characteristics, meat chemical properties, meat physical properties, principal component analysis, cluster analysis.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, PRGP – Ganadería.

Al Consejo particular de esta tesis, Dr. José G. Herrera Haro, Dra. Ma. Esther Ortega Cerrilla, Dra. Ma. Concepción Méndez Gómez-Humarán; y al Dr. José Ricardo Bárcena Gama como sinodal.

A todos los académicos de Ganadería con los que tuve la fortuna de coincidir y que compartieron su conocimiento conmigo.

## DEDICATORIA

A mis padres, Felipe Jerónimo Ascencio y María Estela Romero Márquez, quienes me han cuidado con tanto amor y paciencia y me han regalado sus trabajo y esfuerzo. Sin ustedes no habría logrado llegar hasta aquí y más allá.

A mis hermanos Diana y Alberto que a pesar del tiempo y la distancia seguimos siendo un súper equipazo.

A mis amigos Nancy, Sara, Silvia, Liz, Nathaniel y Vianey, que en cada momento han estado a mi lado animándome y brindándome su apoyo.

A Enrique por todo su cariño y amor.

Al Dr. Herrera que no sólo ha sido mi consejero académico sino también mi consejero en esta etapa de mi vida y sé que sus palabras no han sido en vano y perdurarán.

A todos ustedes...

## GRACIAS

*Dispuesto a luchar  
Sin miedo a morir  
Tal era mi fe  
Que llegué, vi y vencí  
Warcry*

*“Donde no falta voluntad siempre hay un camino”  
J. R. R. Tolkien*

## CONTENIDO

RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTA DE CUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL .....	12
OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	13
<b>General</b> .....	13
<b>Específicos</b> .....	13
<b>Hipótesis</b> .....	14
REVISIÓN DE LITERATURA .....	14
<b>Panorama mundial de la cunicultura</b> .....	14
<b>Panorama nacional de la cunicultura</b> .....	16
<b>Ventajas del conejo y su carne</b> .....	17
<b>Tendencias hacia el consumo de carne de conejo</b> .....	18
CAPITULO I. EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO EN LOS INDICADORES DE BIENESTAR Y LESIONES DE LA CANAL DE CONEJOS .....	20
<b>1.1. RESUMEN</b> .....	20
<b>1.2. ABSTRACT</b> .....	21
<b>1.3. INTRODUCCIÓN</b> .....	22
<b>1.4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	24
<b>1.4.1. Lugar de estudio</b> .....	24
<b>1.4.2. Métodos de aturdimiento</b> .....	25
<b>1.4.3. Evaluación del aturdimiento</b> .....	25
<b>1.4.4. Análisis estadístico</b> .....	27
<b>1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	28
<b>1.5.1. Manejo y conducta de los conejos durante el aturdimiento</b> .....	28
<b>1.5.2. Conducta de los conejos durante el degüello</b> .....	28
<b>1.5.3. Evaluación de lesiones en la canal</b> .....	33
<b>1.5.4. Comparación de lesiones según el tratamiento aplicado</b> .....	36
<b>1.5.5. Factores de riesgo en la presentación total de lesiones en la canal</b> .....	38

<b>1.6. CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>CAPITULO II. EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJOS CALIFORNIA</b> .....	
<b>2.1. RESUMEN</b> .....	41
<b>2.2. ABSTRACT</b> .....	42
<b>2.3. INTRODUCCIÓN</b> .....	43
<b>2.4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	44
<b>2.4.1. Lugar de estudio</b> .....	44
<b>2.4.2. Características de la canal</b> .....	44
<b>2.4.3. Análisis de calidad de la carne</b> .....	45
<b>2.4.4. Análisis estadístico</b> .....	46
<b>2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	46
<b>2.5.1. Características de la canal</b> .....	46
<b>2.5.2. Rendimiento en canal</b> .....	48
<b>2.5.3. pH</b> .....	50
<b>2.5.4. Capacidad de retención de agua</b> .....	53
<b>2.5.5. Color</b> .....	54
<b>2.5.6. Resistencia al corte</b> .....	55
<b>2.6. CONCLUSIONES</b> .....	56
<b>CAPITULO III. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CONEJOS CALIFORNIA EN UN SISTEMA SEMIESPECIALIZADO EN PEQUEÑA ESCALA</b> .....	
<b>3.1. RESUMEN</b> .....	57
<b>3.2. ABSTRACT</b> .....	58
<b>3.3. INTRODUCCIÓN</b> .....	59
<b>3.4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	60
<b>3.4.1. Lugar de estudio</b> .....	61
<b>3.4.2. Recolección de datos</b> .....	61
<b>3.4.3. Análisis estadístico</b> .....	61
<b>3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	61
<b>3.5.1. Estadísticos descriptivos de la canal</b> .....	61

<b>3.5.2. Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Conglomerados.....</b>	<b>63</b>
<b>3.6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES .....	67
LITERATURA CITADA .....	68

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías evaluadas durante el aturdimiento de los conejos.....	26
Cuadro 2. Categorías evaluadas durante el aturdimiento y degüello de conejos California.....	30
Cuadro 3. Evaluación de lesiones en canales de conejos California .....	34
Cuadro 4. Probabilidad de lesiones en conejos California para cada variable causal basado en el análisis de regresión logística.....	39
Cuadro 5. Medias, desviaciones estándar, porcentaje del total de características de la canal de conejos California según el método de aturdimiento.....	47
Cuadro 6. Características relacionadas con el rendimiento en canal según método de aturdimiento y el sexo.....	49
Cuadro 7. Calidad de carne de conejos según sexo y método de aturdimiento previo a la matanza. ....	52
Cuadro 8. Medias, desviaciones estándar, porcentaje del total de características de la canal de conejos California .....	62
Cuadro 9. Matriz de correlaciones de partes de la canal de conejos California. ....	63
Cuadro 10. Autovalores y proporción de varianza explicada y acumulada por cada componente principal (CP). ....	64
Cuadro 11. Medias y desviaciones estándar (D. E.) de las partes de la canal fría.....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de carne de conejo por continente, 2020.....	15
Figura 2. Producción mundial de carne de conejo por país, periodo 2018-2020.....	15
Figura 3. Producción nacional de carne de conejo, periodo 2010-2020.....	17
Figura 4. Prueba de Kruskal-Wallis comparando la frecuencia total de lesiones según tratamiento aplicado.....	37
Figura 5. Comportamiento promedio de pH en el tiempo según método de aturdimiento previo a la matanza. ....	51
Figura 6. Distribución de las observaciones sobre los componentes principales. ....	66

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La matanza de los animales para consumo se ha convertido en un tema de importancia científica, social y ética, por su impacto en el bienestar animal (BA) y la calidad de la carne (Smulders *et al.*, 2006). Desde el punto de vista social y ético, los consumidores demandan altos estándares de BA en la producción de alimentos de origen animal, en especial durante la matanza, aspectos que en conjunto orientan las políticas empresariales y legislativas relacionadas con las nuevas tendencias de consumo (Horgan y Gavinelli, 2006). Los problemas en la calidad de la carne que son influenciados por el proceso de aturdimiento y sangría durante la matanza incluyen hemorragias equimóticas por ruptura de capilares, sangrado inadecuado y presencia de carne pálida, suave y exudativa o carne oscura, firme y seca, como consecuencia del estrés provocado por el manejo *ante mortem* (Traore *et al.*, 2012).

El BA recibe cada vez más atención por parte de las autoridades, el público y las organizaciones no gubernamentales, por lo que su implementación y mejora en los sistemas de producción es de suma importancia para la industria cárnica. En la Unión Europea el BA es tema de debate y legislación, y se han demandado alternativas a diversos manejos zootécnicos, incluida la matanza (Chulayo y Muchenje, 2015; Stoier *et al.*, 2016). Un ejemplo es Italia, donde las unidades de producción cunícola enfrentan un periodo crítico que cuestiona el futuro de la industria de la carne de conejo, debido a reducciones continuas en el consumo y críticas crecientes relacionadas con las condiciones de BA en el sistema de producción y matanza (Cullere y Dalle, 2018).

Para atender dichas demandas es necesario tener sistemas de producción sostenibles que desarrollen nuevas tecnologías y sistemas de matanza de conejos que consideren el bienestar de los animales, no solo como una tendencia, sino como un requerimiento de las unidades de producción para operar. La mejora del bienestar de los animales también conduce a un mayor valor

de las canales, mayor calidad del producto, con menos cortes y lesiones, lo que significa mayores oportunidades de negocio (Stoier *et al.*, 2016). El desarrollo e implementación de nuevas tecnologías es el camino para obtener un mejor BA, mejores características en la canal y mayor calidad de la carne. La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2021), ha contribuido a generar conciencia del bienestar de los animales para abasto y está tratando de establecer estándares internacionales; México al ser miembro de la OIE deberá apearse a esos acuerdos, por lo que es conveniente generar experiencias propias en este tema.

## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **General**

Comparar la efectividad de los métodos de la electronarcosis y del método mecánico por concusión para producir la inconsciencia en conejos California, así como conocer el efecto del sexo y su interacción con el método de aturdimiento.

### **Específicos**

#### Capítulo 1

Evaluar las condiciones de bienestar animal de ambos métodos de aturdimiento.

#### Capítulo 2

Comparar el efecto de ambos métodos de aturdimiento en las características de la canal y la calidad de la carne de conejos California.

#### Capítulo 3

Caracterizar la canal del conejo despiezada e identificar la importancia relativa de sus partes.

## **Hipótesis**

La electronarcosis como método de aturdimiento durante la matanza de conejos afecta en menor proporción el bienestar animal que el método por concusión, así como el método de aturdimiento repercute en las características de la canal y la calidad de la carne de conejo y existen diferencias entre sexos.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Panorama mundial de la cunicultura**

En el sur de California (1920), Italia, Francia, España, Bélgica y la República Federal de Alemania (1970) fue donde se desarrolló por primera vez la cría intensiva de conejos para la producción de carne (Lebas *et al.*, 1997). La introducción de la inseminación artificial, el desarrollo de manejo en bandas, la amplia distribución de razas especializadas y un mayor conocimiento en la nutrición y el control de enfermedades del conejo, llevaron a un progreso importante de la cunicultura en la producción animal (Fortun-Lamothe *et al.*, 2009). Esta intensificación permitió producir carne de conejo de alta calidad, y si bien los precios son menores que otras especies su costo sigue siendo mayor en comparación con el pollo y el cerdo (Hoffman *et al.*, 2004).

Las estadísticas de producción mundial de carne de conejo presentadas por la FAOSTAT (2020) indicaron que para el año 2020 la producción mundial total estuvo alrededor de 0.7 millones de toneladas de carne de conejo procedente de Asia (67.5 %), Europa (19.6 %), África (11.2 %) y América (1.7 %) (Figura 1).

Entre los años 2018 y 2020, China fue el primer productor a nivel mundial (461,345 t/año), seguido de la República Popular Democrática de Corea (150,742 t/año), Egipto (69,698 t/año), España

(37,216 t/año) y Francia (29,257 t/año); ubicando a México en el onceavo lugar de producción de carne de conejo a nivel mundial (4,460 t/año) (Figura 2). La producción de carne de conejo en Europa sufrió una disminución del 58 % en el año 2020 con respecto al 2014, pasando de 304,192 t a 175,422 t, cabe mencionar que España, Francia e Italia no reportaron datos de producción para el año 2020 (FAOSTAT, 2020).

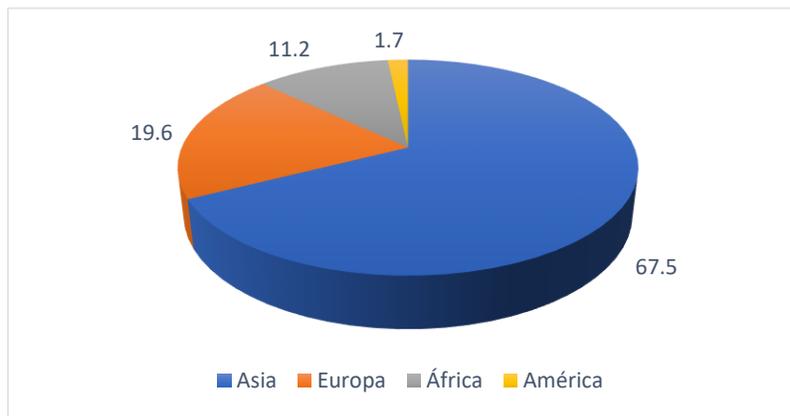


Figura 1. Producción mundial de carne de conejo por continente, 2020.  
Fuente: FAOSTAT (2020)

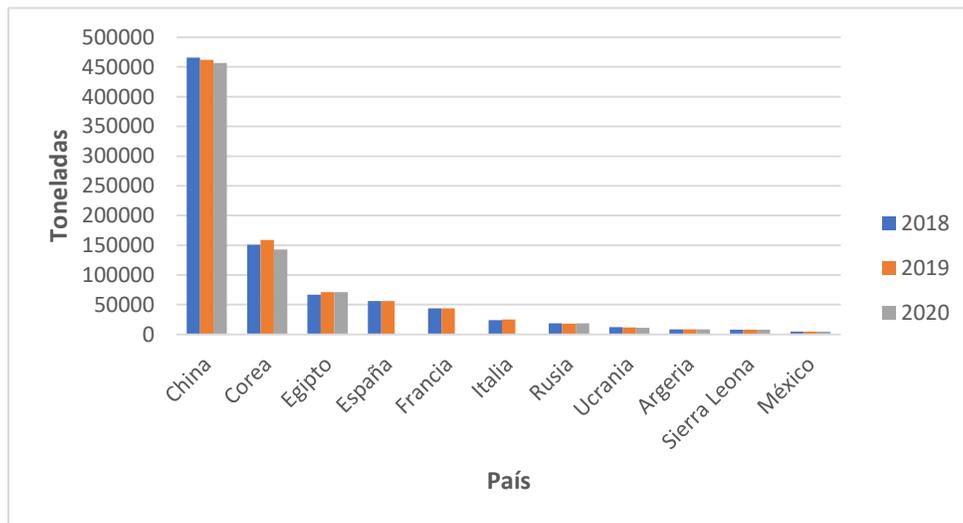


Figura 2. Producción mundial de carne de conejo por país, periodo 2018-2020.  
Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (2020).

Durante el periodo 2018-2020 los principales países exportadores de carne de conejo fueron España (5,932 t), China (5,042 t), Francia (4,859 t), Hungría (4,635 t) y Bélgica (3,770 t); mientras

que los principales importadores de carne de conejo fueron Alemania (5,356 t), Bélgica (3,738 t), Portugal (2,331 t), Italia (2,101 t) y Francia (1,877 t) (FAOSTAT, 2020).

### **Panorama nacional de la cunicultura**

En México, el conejo se consume desde la época prehispánica (tochtli, conejo de campo en náhuatl); sin embargo, la especie, tal como se le conoce fue introducida en el país por los colonizadores españoles. La actividad se desarrolló en sistemas de traspatio y la producción se destinaba para autoconsumo (Mendoza, 2001).

La cunicultura en México fue incentivada por la FAO desde 1945 gracias a que la producción de conejo es una actividad que ayuda a abatir la pobreza y la desnutrición (Terán *et al.*, 2011). A partir de 1973 el gobierno federal impulsó la cunicultura a través de la entrega de paquetes familiares, entonces la cunicultura creció hasta finales de 1988, cuando apareció la enfermedad hemorrágica viral del conejo (EHVC), contra la cual se realizaron campañas de inspección, matanza, desinfección y sobrevigilancia; además de cuarentenar a las unidades de producción. Cuando el país fue declarado libre de la EHVC en 1995, la cunicultura poco a poco resurgió y a partir de entonces se han explorado y abierto nuevos mercados (Mendoza, 2001; Olivares *et al.*, 2009).

Los principales estados productores de carne de conejo son el Estado de México, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Ciudad de México, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Jalisco. Asimismo, el consumo per cápita nacional de este producto se ha estimado en 100 g año<sup>-1</sup> (Jaramillo *et al.*, 2015).

Vélez *et al.* (2021) reportaron para el año 2018 una población cunícola nacional de 1'407,000 cabezas. Como se puede observar en la Figura 3, la producción de carne de conejo en México ha

ido en aumento, teniendo una tasa media de crecimiento anual de 0.3 % para el periodo 2010 - 2020 (FAOSTAT, 2020).

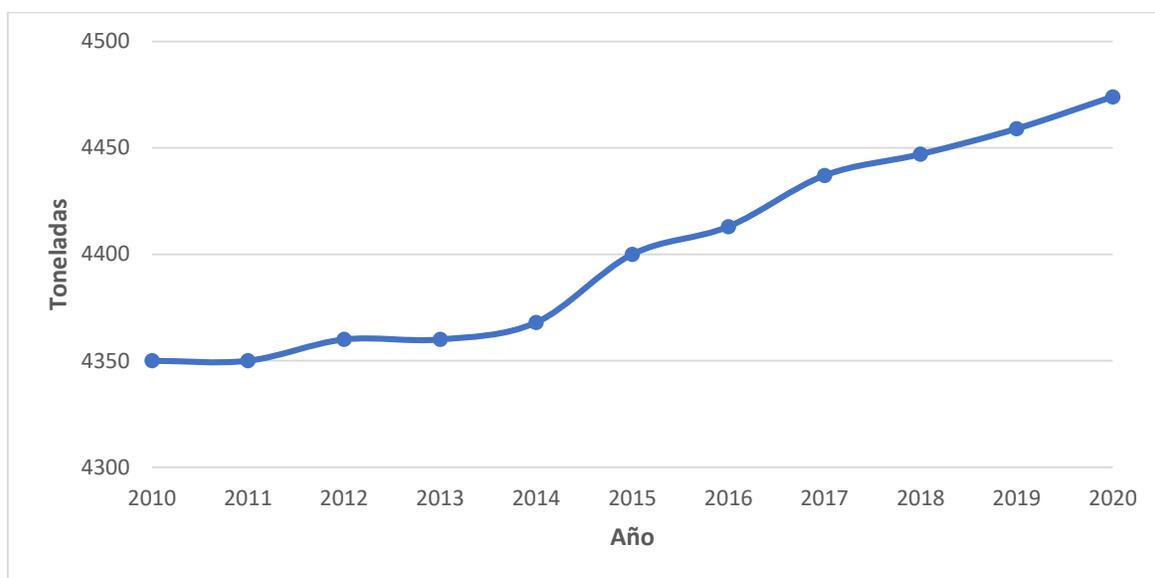


Figura 3. Producción nacional de carne de conejo, periodo 2010-2020.  
Fuente: FAOSTAT (2020).

La USDA (United States Department of Agriculture) el 13 de abril de 2020 confirmó la reaparición de la enfermedad hemorrágica viral del conejo (RHDV Rabbit Hemorrhagic Disease Virus) con la presencia del serotipo RHDV2 (Rabbit Hemorrhagic Disease Virus Serotype 2). En ese mismo mes se notificaron muertes de conejos domésticos en Chihuahua y se confirmó la presencia del nuevo serotipo de la EHVC en México (Lorenzo *et al.*, 2020). La Comisión México-Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa y otras Enfermedades Exóticas de los Animales (CPA) y SENASICA implementaron una campaña de vacunación en las unidades de producción cunícola a nivel nacional con el objetivo de prevenir una nueva epizootia.

### **Ventajas del conejo y su carne**

El conejo tiene varias ventajas por las cuales puede ser considerado como un animal ideal para la producción de carne. Algunas de las ventajas son un período de gestación y ciclo de vida corto, es

un animal muy prolífico y tiene una alta capacidad de conversión alimenticia (Lebas *et al.*, 1997). El conejo es un herbívoro monogástrico con fermentación cecal, esta ventaja digestiva le permite aprovechar alimentos ricos en celulosa (forrajes) y convertirlos en proteína (microbiana y de descamación del intestino delgado), minerales y vitaminas del complejo B, a través de la producción y consumo de los cecotrofos (Carabaño *et al.*, 2010).

Por otro lado, el conejo no compite con los humanos por el alimento (en contraste con las aves de corral y los cerdos que tienen un alto requerimiento de cereales en sus dietas), siendo así útil en el contexto de una ganadería sostenible. De esta forma, los conejos transforman alimentos de baja calidad nutricional en un producto rico en proteínas, magro, bajo en colesterol y bajo en sodio, por lo que se considera que la carne de conejo es un alimento muy saludable (Dalle Zotte y Szendrő, 2011; Dalle Zotte, 2014).

### **Tendencias hacia el consumo de carne de conejo**

En los últimos años los consumidores han cambiado su estilo de vida y por ende sus hábitos alimenticios. Se ha observado un creciente interés en cuestiones éticas relacionadas con las técnicas de cría y matanza de los animales, así como los estándares de bienestar asociados a la producción. Las actitudes de los consumidores hacia la forma en que se crían y matan a los animales destinados al consumo humano se pueden atribuir a varios factores. En primer lugar, la relación directa entre el consumidor y la producción de alimentos se ha ido dissociando progresivamente. En segundo lugar, se considera que el desarrollo de sistemas de cría intensiva es responsable de algunas amenazas para la salud pública, p. ej. la encefalopatía espongiiforme bovina en el caso de la carne de bovino, los problemas ecológicos relacionados con la contaminación del aire y el agua, la pérdida de la diversidad genética del ganado y la transformación de los animales

en “animales de vida corta” o “máquinas de producción” (Napolitano *et al.*, 2010). Como resultado, el bienestar animal es ahora uno de los principales factores determinantes para los consumidores a la hora de definir la calidad de la carne. Esto hace que el bienestar sea un aspecto clave para orientar las preferencias del consumidor y la elección de la carne. Esta actitud es aún más relevante para el conejo, ya que cada vez se lo considera más como una mascota en lugar de un animal productor de alimentos (Cullere y Dalle Zotte, 2018).

Comprender el comportamiento de compra de los consumidores es fundamental para satisfacer sus expectativas, sin embargo, definir qué impulsa el comportamiento de los consumidores al comprar carne implica factores complejos y heterogéneos, ya que los compradores tienen necesidades y características distintas (Buitrago-Vera *et al.*, 2016). Los consumidores definen la calidad de los productos de origen animal de acuerdo con cuatro dimensiones principales: rasgos sensoriales, salubridad, conveniencia y características del proceso. Los rasgos sensoriales se refieren a la apariencia, olor, sabor y textura. La salubridad se refiere a las características nutricionales y a los efectos promotores de la salud de un alimento específico, pero también a los posibles efectos negativos que puede tener sobre la salud humana (es decir, por su alto contenido en ácidos grasos saturados, o por estar contaminado). La conveniencia se refiere a la facilidad de preparación de un producto alimenticio, mientras que las características del proceso se refieren al procedimiento para obtener un producto alimenticio específico, que incluye el sistema de producción (Napolitano *et al.*, 2010).

# CAPITULO I. EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO EN LOS INDICADORES DE BIENESTAR Y LESIONES DE LA CANAL DE CONEJOS

## 1.1. RESUMEN

La aplicación de procedimientos de matanza de conejos en condiciones de bienestar es una demanda legítima de los consumidores, pero su implementación ha sido poco evaluada en las unidades de producción cunícola en pequeña escala en México. Objetivos: Relacionar el efecto de dos métodos de aturdimiento (concusión y electronarcosis) con el manejo, conductas observadas durante el aturdimiento y degüello, así como con las lesiones en la canal, como factores que afectan el bienestar animal durante la matanza. Materiales y Métodos: Se utilizaron 120 conejos California, con un peso promedio de 2 kg. Se registraron categorías de manejo, conductas y se contabilizaron las lesiones en la canal. Análisis estadístico: Se obtuvieron estadísticos descriptivos y se compararon las conductas usando pruebas de Mann-Whitney y Kruskal Wallis. Además, se identificaron factores de riesgo de lesiones en la canal asociados con los métodos de matanza, peso y sexo. Durante la aplicación del aturdimiento, la precisión ( $p < 0.009$ ), el número ( $p < 0.095$ ) y el pataleo ( $p < 0.001$ ) fueron diferentes; mientras que la vocalización no presentó diferencia ( $p = 0.7$ ). Durante el degüello el tiempo ( $p = 0.4$ ), la vocalización ( $p = 0.6$ ), el parpadeo ( $p = 0.7$ ), el reflejo corneal ( $p = 0.8$ ) y las pupilas dilatadas ( $p = 0.2$ ) no presentaron diferencias entre métodos; siendo que sí las hubo en el pataleo ( $p < 0.01$ ), boqueo ( $p < 0.01$ ), cabeza enderezada ( $p < 0.001$ ) y lomo arqueado ( $p < 0.01$ ). En la evaluación de lesiones *post-mortem* las canales que presentaron menor número de lesiones, de menor tamaño y ubicadas en las extremidades fueron por electronarcosis ( $p < 0.001$ ). El método de matanza fue un factor de riesgo en la presentación de contusiones ( $p > 0.0003$ ). Se concluye que el método de concusión ocasiona peores condiciones durante la matanza de conejos y menor bienestar animal que la electronarcosis.

**Palabras clave:** Bienestar animal, aturdimiento, electronarcosis, concusión, lesiones en la canal.

## 1.2. ABSTRACT

There is a growing demand among consumers for slaughter methods to be carried out under conditions of welfare. However, in Mexico, the use of such methods has been poorly evaluated in small-scale rabbit farms. Objectives: To relate the effect of two slaughter methods (manual and electrical stunning) with; handling practices; conducts observed during stunning and exsanguination; and lesions in the carcass, as factors that impact on rabbit welfare during slaughter. Material and methods: 120 California rabbits with an average weight of 2 kg were used and distributed by sex. Categories related to handling practices and conduct were registered, as well as the number of lesions in the carcass. Statistical analysis: Data were analyzed with a Mann-Whitney test and Kruskal Wallis test to ascertain differences in the conduct during slaughter. Risk factors were identified for such lesions associated with the slaughter methods, weight, and sex of the rabbits. During stunning, precision ( $p<0.009$ ), number of applications ( $p<0.095$ ) and kicking reflexes ( $p<0.001$ ) were different, while vocalization showed no difference ( $p=0.7$ ). During exsanguination, the duration ( $p=0.4$ ), vocalization ( $p=0.6$ ), blinking ( $p=0.7$ ), corneal reflex ( $p=0.8$ ) and dilated pupils ( $p=0.2$ ) were not different between slaughter methods. In contrast, kicking reflexes ( $p<0.01$ ), gasping ( $p<0.01$ ), lifting of the head ( $p<0.001$ ) and arching of the back ( $p<0.01$ ) were different. In a post-mortem evaluation, it was determined that rabbits slaughtered with electrical stunning had less lesions, with a smaller size and located in extremities ( $p<0.001$ ). Thus, the slaughter method is a risk factor associated with the presence of contusions in the carcass ( $p>0.0003$ ). The use of a manual method for stunning was related to greater presence of negative welfare conducts in rabbits during slaughter than with electrical stunning, but such results could be influenced by the operator's ability to properly induce unconsciousness before exsanguination.

**Keywords:** Animal welfare, stunning, electrical stunning, concussion, lesions in carcass

### 1.3. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los consumidores demandan que los productos de origen animal se obtengan de acuerdo con estándares de bienestar animal (BA) (Stoier *et al.*, 2016), lo cual ha propiciado el desarrollo de sistemas de matanza que consideren el bienestar de los animales y la sostenibilidad de la producción, obteniendo una mejor calidad del producto, y una mejor oportunidad de negocio. En el caso de los conejos, el aturdimiento previo a la matanza produce la inconsciencia del animal, reduciendo el estrés durante el degüello. La evaluación de la inconsciencia en los conejos, previo al degüello, se puede realizar estimando la frecuencia con que se presentan conductas como reflejos oculares, parpadeo, boqueo, dilatación de las pupilas y pataleo, así como la pérdida de posición del cuerpo, levantamiento de cabeza, arqueado de lomo, vocalizaciones y frecuencia respiratoria (Verhoeven *et al.*, 2015). La Norma Oficial Mexicana NOM-033-xSAG/ZOO-2014 sobre los métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres (DOF, 2014) establece que los animales no deben presentar signos de dolor, estrés o angustia al momento de la matanza, ya que ello compromete su bienestar, estado físico, sanitario y bioquímico, así como la calidad y cantidad de carne comercializable (ICF, 2017). En la Unión Europea, un mayor bienestar animal favorece la obtención de canales con mejor calidad y menos lesiones. El aturdimiento tiene como objetivo la inducción rápida de la inconsciencia, que es la incapacidad de percibir y responder a estímulos externos por depresión profunda del cerebro, previa a la matanza evitando estrés y dolor al animal durante el degüello y sangrado (DOF, 2014).

En países como Italia y Hungría, la aplicación del aturdimiento por electronarcosis es una práctica común previa a la matanza de los conejos en rastro (ICF, 2017). En México, los métodos más utilizados son el aturdimiento mecánico por concusión y el desnucamiento, aunque éste último está prohibido en la norma NOM-033-SAG/ZOO-2014. Algunos países de la Unión Europea

además del aturdimiento por concusión usan perno cautivo no penetrante y penetrante y electronarcosis (ICF, 2017). El aturdimiento por electronarcosis consiste en el paso de corriente eléctrica a través de la cabeza del animal, de una magnitud capaz de inducir actividad epiléptiforme tónico-clónica, durante la cual se alcanza el estado de insensibilidad (McKinstry y Anil, 2004) y el de concusión en golpear la base de la cabeza en la región occipital mediante un objeto alargado, romo, sin filo y macizo, o en su defecto con la mano.

El método de electronarcosis induce la inconciencia inmediata en cerdos, aves y conejos, lo que es una ventaja en términos de bienestar animal, aunque es crucial que los electrodos estén colocados correctamente para lograr el aturdimiento deseado (Stoier *et al.*, 2016), minimizando las reacciones de miedo, ansiedad, dolor y estrés hasta la muerte del animal. Anil *et al.* (1998) encontraron que el aturdimiento eléctrico puede proporcionar una duración suficiente de insensibilidad, lo que lo convierte en un método adecuado para su uso en la matanza de conejos.

Se recomienda utilizar múltiples indicadores para evaluar y determinar la pérdida del conocimiento antes de comenzar los procedimientos de degüello y desangrado, así como desuello. Si después de evaluar los indicadores se considera que el animal no está inconsciente es necesario repetir el aturdimiento (Verhoeven *et al.*, 2015).

Un manejo adecuado durante el matanza reduce la presencia de hemorragias, lesiones cutáneas y fracturas, y mejora las propiedades fisicoquímicas de la carne. El bienestar animal también debe evaluarse en el manejo *ante mortem* y sus repercusiones en las características de la canal. Las contusiones son alteraciones en la canal que evidencian un manejo previo inadecuado a la matanza, como la sujeción inapropiada del animal, mal traslado y una alta densidad en la jaula de espera, así como un tiempo prolongado en espera a la matanza (Stoier *et al.*, 2016; Grandin, 2017).

En México, Guerrero *et al.* (2007) compararon los dos métodos de aturdimiento, sin embargo, no se dio un enfoque de BA, y aunque se evaluaron algunas variables relacionadas con la de calidad de la carne aún se requieren más estudios que también incluyan las características de la canal.

La interacción del sexo y el método de aturdimiento ha sido poco estudiada. Los estudios realizados durante el aturdimiento y matanza no hacen distinción entre sexos, empleando ambos sexos. Algunos estudios realizados con estas características son los de Anil *et al.* (1998), Petracci *et al.* (2010) y Valkova *et al.* (2021b).

La hipótesis en este estudio fue que la electronarcosis como método de aturdimiento durante la matanza de conejos afecta en menor proporción el bienestar animal que el método por concusión. Por tanto, los objetivos fueron comparar la efectividad como método de aturdimiento de la electronarcosis y el mecánico por concusión en conejos California, así como evaluar las condiciones de bienestar animal en ambos métodos y conocer la interacción del sexo con el método de aturdimiento.

## **1.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

Los procedimientos en este estudio se realizaron de acuerdo con el Reglamento para el Uso y Cuidado de Animales Destinados a la Investigación del Colegio de Postgraduados (COBIAN/001/22).

### **1.4.1. Lugar de estudio**

El estudio se realizó en la Unidad de Producción Cunícola del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, situado a 19°27'48.4'' N y 98°54'30.8'' O, a una altitud de 2250 m. El experimento se llevó a cabo de enero a mayo de 2021.

## **1.4.2. Métodos de aturdimiento**

El aturdimiento mecánico por concusión se realizó golpeando la base de la cabeza en la región occipital con las manos. El aturdimiento eléctrico se realizó con un aturridor eléctrico manual Midwest processing systems modelo VS200 de 120 V y 1 A. Los conejos recibieron una descarga eléctrica de 600 V y 1 A en la región occipital por 2 s. El tiempo transcurrido entre el aturdimiento y el degüello se midió con un cronómetro y la medición de las contusiones se realizó con una regla milimétrica.

## **1.4.3. Evaluación del aturdimiento**

### **1.4.3.1. Categorías de manejo y conductuales**

Una sola persona realizó las observaciones, registrando de manera individual las categorías de manejo (precisión de la aplicación del método de aturdimiento, tiempo transcurrido entre el aturdimiento y el degüello, y número de aplicaciones del método), así como la presencia o ausencia de las categorías conductuales de los animales (Grandin, 2017), las cuales se presentan en el Cuadro 1. La evaluación comenzó desde que el conejo fue extraído de la jaula hasta el degüello. El operador aplicó el método de aturdimiento correspondiente al tratamiento (concusión o electronarcosis). Durante el manejo, para ambos métodos se registró si el área anatómica donde se realizó el aturdimiento fue correcta (región occipital) o incorrecta (cualquier otra área), el número de aplicaciones (1 o > 1), y el tiempo entre aturdimiento y degüello (< 30 s o > 30 s); para las categorías de comportamiento se registró si las conductas estuvieron presentes o ausentes. Después del aturdimiento, el conejo se colgó de las patas traseras, boca abajo y fue degollado.

Cuadro 1. Categorías evaluadas durante el aturdimiento de los conejos.

Categoría	Etograma
<b>Durante la sujeción</b>	<b>Intento de fuga:</b> El animal realiza movimientos para buscar una salida y evitar ser sujetado.
a) Intento de fuga	
b) Pataleo	<b>Pataleo:</b> Movimiento violento de patas traseras. Cuando se presenta después del aturdimiento se refiere a la fase clónica.
<b>Durante el aturdimiento</b>	
a) Vocalización	<b>Vocalización:</b> Sonidos voluntarios producidos por la vibración de las cuerdas vocales. Chillidos cortos y agudos
b) Pataleo	
<b>Durante el degüello</b>	<b>Parpadeo:</b> Cierre y apertura de los párpados
a) Vocalización	<b>Reflejo corneal:</b> Reacción al tocar el globo ocular con la yema del dedo después de haber aplicado el método de aturdimiento.
b) Pataleo	
c) Parpadeo	<b>Pupilas dilatadas:</b> Aumento del diámetro de las pupilas.
d) Reflejo corneal	<b>Boqueo:</b> Respiraciones profundas no rítmicas a través de la boca abierta.
e) Pupilas dilatadas	
f) Boqueo	<b>Cabeza enderezada:</b> Levantar o intentar levantar la cabeza.
g) Cabeza enderezada	<b>Arqueo del lomo:</b> Cualquier reflejo que tienda a llevar el cuerpo a su posición normal.
h) Arqueo del lomo	

Fuente: Anil *et al.*, 1998; Lafuente y López 2014.

#### 1.4.3.2. Evaluación de lesiones en la canal

La canal se dividió en dos regiones: extremidades (patas delanteras y traseras), y tronco (cuello, tórax y lomo). Se consideraron contusiones a las lesiones traumáticas con ruptura de vasos sanguíneos, con acumulación de sangre sin discontinuidad cutánea. Se registró la totalidad de las lesiones observadas y su localización. La extensión se determinó según el diámetro aproximado

del área afectada, considerándose tres niveles:  $\leq 0.5$  cm, entre 0.6 y 1 cm, y  $> 1$  cm. En las canales en las que se presentó más de una contusión de diferente extensión, se tomó el criterio de la contusión de mayor magnitud para calificarla (Knock y Carroll, 2019).

#### 1.4.4. Análisis estadístico

Se utilizaron 120 conejos raza California, 60 machos y 60 hembras, de  $65 \pm 5$  días de edad, con un peso  $2.2 \pm 0.2$  kg y sin previo ayuno, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente a 4 tratamientos según un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 2$ , donde los efectos principales fueron: A: Tipo de aturdimiento ( $a_1$ = aturdimiento mecánico por concusión,  $a_2$ = electronarcosis) y B= sexo ( $b_1$ = macho,  $b_2$ = hembra) y 30 repeticiones por combinación de tratamiento. Se obtuvieron los estadísticos descriptivos para las variables analizadas, y las categorías se transformaron a rangos y fueron comparadas usando la prueba de U-Mann-Whitney y los análisis de varianza con Kruskal Wallis. Para relacionar la presencia de lesiones en la canal con los métodos de aturdimiento, sexo, peso del animal y tiempo entre aturdimiento se realizó un análisis de Regresión Logística, estimando factores de riesgo u oportunidad (OR). Los análisis estadísticos fueron realizados usando SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). El modelo general fue el siguiente:

$$P(Y=1/X) = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_4 X_4)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_4 X_4)}}$$

Donde:

$Y=1$  si se presentan lesiones y  $Y=0$  de otra manera

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_4$  = Parámetros desconocidos

$X_1, \dots, X_4$  = Variables independientes (método de matanza, sexo, tamaño del animal y tiempo al degüello).

## **1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1.5.1. Manejo y conducta de los conejos durante el aturdimiento**

Previo al aturdimiento, los animales permanecieron en un local contiguo al área de matanza; al momento en que fueron trasladados de esa área algunos tuvieron intentos de fuga (28 %) o pataleo (43 %), interpretándose como una reacción de estrés que podría deberse a la reducción de su bienestar. Posteriormente, se procedió al aturdimiento y colgado de las patas. La precisión con que se aplicaron los métodos de aturdimiento fue diferente ( $p < 0.009$ ), encontrándose que ocurrieron 17.5 % de fallas, principalmente con el método de concusión, cuando se ha reportado que el máximo aceptable es 1 %, y si se encuentra más de 4 % ya se reflejan problemas graves en el proceso de matanza. El 5 % de los animales requirieron una segunda aplicación del método de aturdimiento ( $p < 0.095$ ), siendo este porcentaje el máximo permitido (Grandin, 2013).

### **1.5.2. Conducta de los conejos durante el degüello**

El degüello se trató de realizar en menos de 30 s después del aturdimiento, para evitar que los conejos recobraran la conciencia (Anil *et al.*, 1998). Como se observa en el Cuadro 2, el 10.8 % de los animales fueron degollados después de ese tiempo, sin presentar diferencias entre métodos ( $p > 0.38$ ). En pataleo, cabeza enderezada y arqueado del lomo sí exhibieron diferencia entre método ( $p < 0.02$ ), siendo más benigno el método de electronarcosis.

Las conductas que deben estar ausentes en un animal y que sirven como indicadores de inconsciencia no son los mismos en los distintos métodos de aturdimiento. Cuando se aturde

físicamente, los indicadores más importantes son el reflejo de incorporación y los reflejos oculares. Para los métodos de aturdimiento que no destruyen físicamente el cerebro, por ejemplo, el aturdimiento eléctrico, los indicadores más importantes son el reflejo de incorporación y la vocalización (Verhoeven *et al.*, 2015). La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en inglés) (2020) considera que un indicador es 100 % sensitivo cuando identifica a todos los animales conscientes como conscientes.

#### **1.5.2.1. Vocalizaciones antes y durante el aturdimiento**

No se encontraron diferencias entre métodos en la vocalización previa ( $p=0.698$ ) ni durante el aturdimiento ( $p=0.560$ ). El porcentaje de vocalización en cada método fue menor a 5 %. En bovinos y porcinos se han establecido  $\leq 3 \%$  y  $\leq 5 \%$  respectivamente, como porcentajes de vocalización aceptables durante el manejo previo y aturdimiento (Grandin, 2013).

La vocalización es un indicador de comportamiento, ya que se ha sugerido que los conejos rara vez vocalizan y sólo lo hacen cuando están conscientes y experimentan dolor o estrés significativos (Mayer, 2007). Sin embargo, no todos los animales conscientes vocalizan, por lo que la ausencia de este comportamiento no garantiza la inconciencia.

Las vocalizaciones se registraron en dos ocasiones, cuando los conejos fueron sujetos para ser aturridos y durante el aturdimiento. Las vocalizaciones inmediatamente antes del aturdimiento pueden ser signo de problemas de manejo y las vocalizaciones durante el aturdimiento reflejan una mala aplicación del método, cualquier vocalización después del aturdimiento debe estar ausente (Grandin, 2013). Según la EFSA (2020), la vocalización es un indicador fácil de medir y tiene un 71 % y 57 % de sensibilidad para un método físico y para un método eléctrico, respectivamente.

Cuadro 2. Categorías evaluadas durante el aturdimiento y degüello de conejos California.

<b>Categoría</b>	Total			Concusión			Electronarcosis			P-valor
	%	±	EEM	%	±	EEM	%	±	EEM	
<b>Aturdimiento</b>										
Área	<b>17.5</b>		7.7	<b>13.3</b>		8.2	<b>4.2</b>		9.8	0.009
Aplicaciones	<b>5.0</b>		9.5	<b>4.2</b>		9.8	<b>0.8</b>		----	0.095
Vocalización	<b>5.8</b>		9.3	<b>2.5</b>		10.9	<b>3.3</b>		10.2	0.698
Pataleo	<b>43.3</b>		5.2	<b>35.8</b>		5.9	<b>7.5</b>		9.0	<.001
<b>Degüello</b>										
Tiempo >30 s	<b>10.8</b>		8.5	<b>6.7</b>		9.1	<b>4.2</b>		9.8	0.380
Vocalización	<b>2.5</b>		10.9	<b>1.7</b>		12.7	<b>0.8</b>		----	0.560
Pataleo	<b>49.2</b>		4.7	<b>35.8</b>		5.9	<b>13.3</b>		8.2	<.001
Parpadeo	<b>26.7</b>		6.8	<b>12.5</b>		8.3	<b>14.2</b>		8.1	0.681
Reflejo corneal	<b>14.2</b>		8.1	<b>7.5</b>		9.0	<b>6.7</b>		9.1	0.794
Pupilas dilatadas	<b>26.7</b>		6.8	<b>10.8</b>		8.5	<b>15.8</b>		7.9	0.217
Boqueo	<b>30.0</b>		6.8	<b>10.0</b>		9.3	<b>20.0</b>		8.0	0.017
Cabeza enderezada	<b>15.8</b>		7.9	<b>13.3</b>		8.2	<b>2.5</b>		10.9	0.0012
Lomo arqueado	<b>11.7</b>		8.4	<b>9.2</b>		8.7	<b>2.5</b>		10.9	0.023

### **1.5.2.2. Fase clónica (pataleo *post* aturdimiento)**

En este estudio se encontró diferencia durante la fase clónica entre ambos métodos de aturdimiento ( $p < .001$ ), se debe a que en la médula espinal se encuentran inervados los circuitos para los movimientos recíprocos de las piernas, que requieren una médula espinal funcional pero no necesariamente una coordinación cerebral. Los reflejos espinales, como el pataleo, se pueden presentar más vigorosamente con un método de aturdimiento físico, mientras que con el método eléctrico es común que se presente una fase tónica-clónica atenuada (Grandin, 2013), por lo que fue más fácil identificarlos y registrarlos con el método por concusión.

Un buen aturdimiento induce las fases tónica (rígida) y clónica (contracciones musculares repetidas), durante las cuales el individuo se encuentra inconsciente. Un error común cuando se evalúa este comportamiento es que se puede confundir la fase clónica con un retorno a la sensibilidad, pero los reflejos de patadas pueden estar presentes después de una insensibilización efectiva, y por lo tanto la ausencia total de dichas fases se deben a que el animal no fue insensibilizado (Grandin, 2013). Según la EFSA (2020), la aparición de la fase tónico-clónica es un indicador con una dificultad media para poderse medir y tiene un 89 % y 93 % de sensibilidad para un método físico y para un método eléctrico, respectivamente.

### **1.5.2.3. Reflejo corneal, parpadeo y pupilas dilatadas**

No se encontraron diferencias entre tratamientos en reflejo corneal, parpadeo ni pupilas dilatadas ( $p > 0.05$ ). El aturdimiento físico efectivo no debe presentar reflejo corneal ni parpadeo, debido al trauma cerebral infringido, pero es posible que se presenten después de un aturdimiento eléctrico efectivo como resultado de la actividad residual del tronco encefálico (Gregory y Shaw, 2000). En cerdos aturridos eléctricamente se ha presentado 93.8 % de reflejo corneal y 40.8 % de parpadeo

(Vogel *et al.*, 2011), en este estudio solamente se registraron estas conductas en 6.7 % y 14.2 % respectivamente, esta diferencia puede asociarse con que los reflejos corneales se evaluaron aproximadamente 60 s después del aturdimiento (aproximadamente 30 s después del comienzo de la exanguinación). La pérdida de sangre antes de que el observador probara los reflejos corneales puede haber sido suficiente para invalidar la actividad del tronco encefálico (Vogel *et al.*, 2011). Aunque sólo se puede asegurar que el animal está inconsciente cuando las conductas están ausentes, la presencia no necesariamente implica que el animal esté consciente (Verhoeven *et al.*, 2015). Según la EFSA (2020), el reflejo corneal es un indicador con una dificultad media para su medición, con 96 % y 94 % de sensibilidad para el método de concusión y eléctrico, respectivamente, mientras que el parpadeo tiene una sensibilidad de 69 % sin importar el método de aturdimiento y su medición es fácil.

Las pupilas dilatadas (midriasis) son un buen indicador de muerte y tiene una sensibilidad de 98 % sin importar el método de aturdimiento; sin embargo, su medición es difícil (EFSA, 2020).

#### **1.5.2.4. Boqueo**

En los resultados de este estudio se observa que los métodos de concusión y electronarcosis tuvieron diferencias en la presencia de boqueo ( $p < 0.02$ ). En el animal moribundo el boqueo o respiración agónica es el último patrón respiratorio y siempre resultará en la apnea terminal, así como puede presentarse después de un correcto aturdimiento eléctrico, por lo que podría considerarse como un signo positivo (Pluta y Romaniuk, 1990).

#### **1.5.2.5. Reflejo de incorporación**

Se encontró diferencia entre métodos ( $p < 0.05$ ). Vogel *et al.* (2011) encontraron en cerdos aturdidos eléctricamente un 14.3 % de reflejo de incorpora, en este estudio se encontró 2.5 %. El

reflejo de incorporación se refiere a cualquier movimiento que tienda a llevar el cuerpo a su posición normal, este reflejo incluye levantar la cabeza y arquear el lomo. Un animal que está consciente después de un aturdimiento fallido puede presentar este reflejo (EFSA, 2020). Los movimientos de recuperación están orientados, pero a veces son difíciles de distinguir de otros movimientos (Terlouw *et al.*, 2016). Según la EFSA (2020), el reflejo de incorporación es un indicador con una dificultad media para su medición y tiene un 77 % de sensibilidad.

### **1.5.3. Evaluación de lesiones en la canal**

La evaluación de lesiones *post mortem* han sido estudiadas en bovinos, cerdos, ovinos, cabras, aves de corral y conejos, relacionadas principalmente con el transporte de las granjas a los mataderos (tiempo y tipo de transporte, densidad de carga, etc.) y en menor medida con el método de aturdimiento (Mendonça *et al.*, 2016; Valkova *et al.*, 2021b; Valkova *et al.*, 2021a).

#### **1.5.3.1. Ubicación de lesiones en la canal**

Como se puede observar en el Cuadro 3, el 93 % de los conejos California evaluados presentaron al menos una lesión en la canal. Se encontraron diferencias ( $p < 0.01$ ) en la ubicación de las lesiones, 24 % en el tronco, 20 % en las extremidades y 48 % en ambos. Valkova *et al.* (2021b) en sus estudios de comparación de la posición de las lesiones traumáticas *post mortem* en conejos, encontraron una incidencia de lesiones traumáticas del 1.52 %, del cual el 0.83 % fueron en las extremidades y el 0.69 % en el tronco, encontrando diferencia entre ambos ( $p < 0.01$ ). En otro estudio, Petracci *et al.* (2010) encontraron una media de 2 % de canales con lesiones, sin embargo, sólo tomaron en cuenta aquellos hematomas que midieron más de 1 cm<sup>2</sup>, encontrando la mayoría de los hematomas en piernas, músculos torácicos y la parte interna del lomo.

Cuadro 3. Evaluación de lesiones en canales de conejos California

Categoría	Total			Concusión			Electronarcosis			P-valor
	%	±	EEM	%	±	EEM	%	±	EEM	
Canales con lesiones	<b>93.3</b>		0.61	<b>50.0</b>		4.51	<b>43.3</b>		5.27	0.004
<b>Ubicación anatómica</b>										
Tronco	<b>24.2</b>		7.05	<b>16.7</b>		7.80	<b>7.5</b>		8.96	0.019
Extremidades	<b>20.8</b>		7.38	<b>0.8</b>		----	<b>20.0</b>		7.46	<.001
Ambos	<b>48.3</b>		4.76	<b>32.5</b>		6.24	<b>15.8</b>		7.89	<.001
Ninguno	<b>6.7</b>		9.91	<b>0.0</b>		----	<b>6.7</b>		9.91	0.004
<b>Número de lesiones</b>										
Baja (0-3)	<b>54.2</b>		4.22	<b>18.3</b>		8.17	<b>35.8</b>		6.12	<.001
Alta (4-14)	<b>45.8</b>		4.99	<b>31.7</b>		6.60	<b>14.2</b>		8.70	<.001
<b>Tamaño de lesión</b>										
Pequeña (≤0.5 cm)	<b>18.3</b>		8.17	<b>0.0</b>		----	<b>18.3</b>		8.17	<.001
Mediana (0.6-1 cm)	<b>10.0</b>		9.30	<b>4.2</b>		10.67	<b>5.8</b>		10.11	0.545
Grande (>1 cm)	<b>65.0</b>		2.79	<b>45.8</b>		4.98	<b>19.2</b>		8.07	<.001
Ninguno	<b>6.7</b>		9.91	<b>0.0</b>		----	<b>6.7</b>		9.91	0.004

Las lesiones *post mortem* en las canales detectadas durante la inspección en el matadero reflejan el tipo de manejo de los animales antes de la matanza. La ventaja de utilizar la inspección de las canales para la evaluación del BA es que se permite valorar las lesiones individualmente, haciendo visible cualquier contusión que comúnmente se pasa por alto. Dichas lesiones se pueden evaluar según el lugar del cuerpo en el que se encuentren (tronco o extremidades) (Huneau-Salaün *et al.*, 2015). Valkova *et al.* (2021a) reportaron que las lesiones traumáticas de las extremidades ocurren

más a menudo que las lesiones traumáticas del cuerpo en bovinos (0.66 vs 0.24 %), ovinos (0.11 vs 0.01 %) y porcinos (0.4 vs 0.01 %) ( $p < 0.01$ ).

En los resultados de este estudio se observó que los métodos de concusión y electronarcosis tuvieron diferencias en cuanto a la ubicación de las lesiones ( $p < 0.01$ ). Las lesiones con el método de concusión fueron del 16.7 % en el tronco y 0.8 % en las extremidades; así como con el método de electronarcosis se tuvieron lesiones del 7.5 % en el tronco y 20.0 % en las extremidades. Con el método de electronarcosis sí se observa la tendencia de mayor porcentaje de lesiones en extremidades que en tronco, a diferencia del método de concusión, donde el tronco se ve más afectado, esto debido a la lesión provocada por el método de aturdimiento en la región occipital; por lo anterior también es posible explicar el 32.5 % de lesiones en ambas regiones de la canal por el método de concusión contra el 15.8 % por el método de electronarcosis.

La ubicación de las lesiones puede estar relacionada con la manipulación previa a la matanza, que daña las extremidades más que el tronco de los animales, ya que las extremidades también son la parte principal del cuerpo por la que se capturan los conejos cuando se manipulan durante la captura, carga y descarga y colgado en el matadero (Petracci *et al.*, 2010). Los moretones eran de color rojo brillante, lo que indica que las contusiones ocurrieron antes y/o durante la matanza (Cooper y Cooper, 2007).

Los datos sobre el porcentaje de hematomas entre los estudios y los mataderos no se pueden comparar fácilmente debido a las diferencias en los métodos de inspección veterinaria y clasificación de la canal (Petracci *et al.*, 2010).

### **1.5.3.2. Número y tamaño de lesiones**

El método de concusión mostró mayor número de lesiones, entre 4 y 14 ( $31.7 \pm 6.6$ ), a diferencia del método de electronarcosis, entre 0 y 3 ( $35.8 \pm 6.12$ ) ( $p < 0.01$ ). En cuanto al tamaño de lesión, cuando las lesiones fueron medianas no hubo diferencia ( $p = 0.54$ ) y cuando fueron grandes la mayor frecuencia se presentó en el método de concusión ( $45.8 \pm 4.98$ ). Lo anterior evidencia que la aplicación del método de concusión ocasiona mayor número de lesiones y de mayor tamaño que el método de electronarcosis ( $p < 0.01$ ).

El total de las lesiones pequeñas ( $18.3 \pm 8.17$ ,  $p < 0.01$ ) se presentó con el método de electronarcosis, y con mayor incidencia en las extremidades ( $20.0 \pm 7.46$ ,  $p < 0.01$ ), sin embargo, no se observó mayor pataleo durante el aturdimiento y matanza en comparación con el método de concusión ( $p < 0.001$ ). La presencia de dichas lesiones podría asociarse con el paso de corriente eléctrica que puede inducir contracciones musculares que provocan daños en las fibras musculares y la consiguiente hemorragia en el tejido muscular. La hemorragia se debe a un fuerte aumento de la presión intravascular, como resultado de lo cual los capilares sanguíneos pueden romperse y causar sangrado (Kranen *et al.*, 2000).

Estudios en bovinos han mostrado mayor presencia de lesiones pequeñas y medianas, 74.9 % y 19.1 % respectivamente (Knock y Carroll, 2019). En ovinos se ha encontrado prevalencia de lesiones pequeñas (Teiga-Teixeira *et al.*, 2021).

### **1.5.4. Comparación de lesiones según el tratamiento aplicado**

La comparación de rangos (Kruskall-Wallis) expresadas como puntajes mostró diferencias entre tratamientos ( $\text{ChiSq} < 0.01$ ) (Figura 1), siendo los tratamientos 1 y 2, diferentes de los tratamientos 3 y 4, es decir la frecuencia de lesiones tuvo un puntaje mayor cuando se usó el método de

concusión en comparación con electronarcosis ( $\text{ChiSq} < 0.05$ ), no encontrando diferencias entre sexos ( $\text{ChiSq} > 0.05$ ).

Hubo un promedio de 3.76 lesiones por canal, con un rango entre 0 y 14 para las 120 canales. El promedio de lesiones por método fue de 4.81<sup>a</sup> y 2.70<sup>b</sup> para concusión y electronarcosis ( $p < 0.01$ ), respectivamente. Para los diferentes tratamientos las medias fueron: T<sub>1</sub>= 4.77<sup>a</sup>, T<sub>2</sub>=4.87<sup>a</sup>, T<sub>3</sub>=2.90<sup>b</sup> y T<sub>4</sub>=2.50<sup>b</sup>, presentando un EEM=0.49 ( $p < 0.0005$ ).

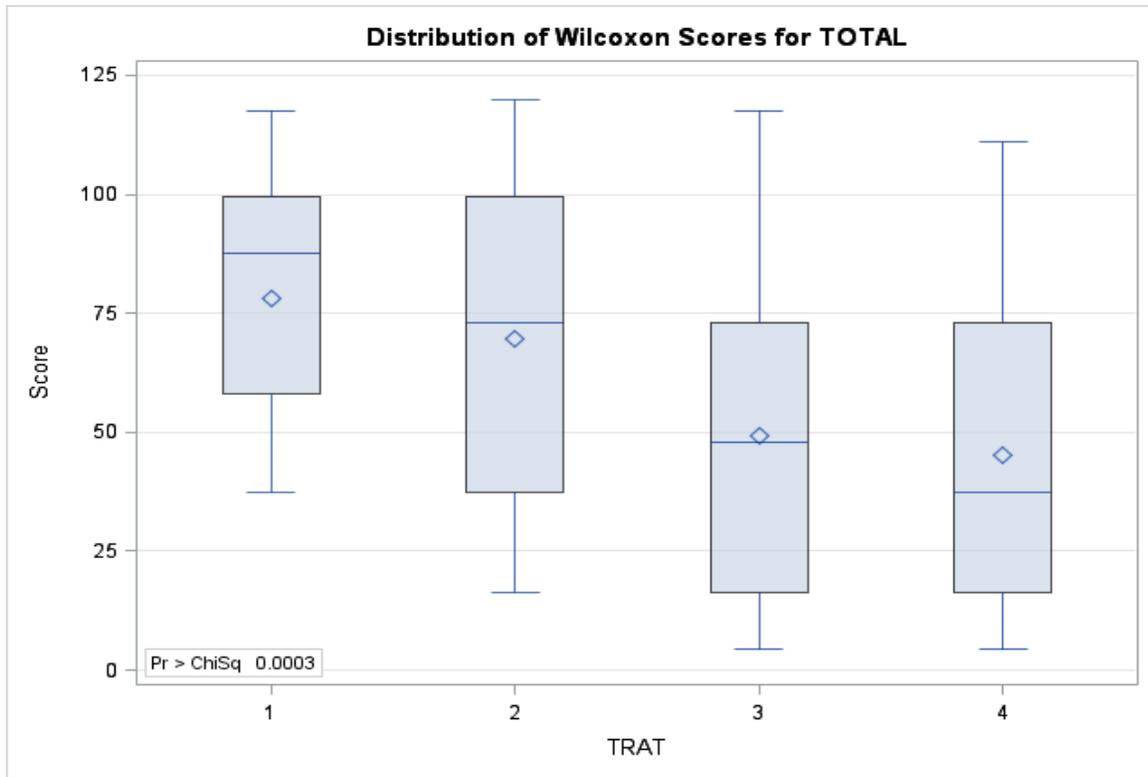


Figura 4. Prueba de Kruskal-Wallis comparando la frecuencia total de lesiones según tratamiento aplicado T<sub>1</sub>. Concusión, machos, T<sub>2</sub>. Concusión, hembras, T<sub>3</sub>. Electronarcosis, machos, T<sub>4</sub>. Electronarcosis, hembras. Scores presentados en rangos.

En ovinos se comparó la presencia de lesiones petequiales en el tejido adiposo, probando método de aturdimiento por electronarcosis (31.4 %) y sin método de aturdimiento previo a la matanza (2.5 %) ( $p < 0.001$ ) (Thornton *et al.*, 1979). Aunque el método por electronarcosis presentó mayor frecuencia de lesiones, éstas fueron pequeñas, además de que es necesario aplicarlo, ya que de no

aplicar ningún método de aturdimiento se compromete el bienestar animal. Otro estudio en terneros comparó los métodos por electronarcosis y por perno cautivo (método mecánico). Las observaciones se hicieron en el músculo *Longissimus dorsi*, encontrando diferencias entre métodos ( $p \leq 0.05$ ), con mayor frecuencia y severidad de las lesiones para el método eléctrico (16.7 % sin lesiones, 66.7 % de lesiones de poca gravedad, y 16.6 % de lesiones graves); en comparación con el método por perno cautivo (75.0 % sin lesiones, 25.0 % de lesiones de poca gravedad, y 0.0 % de lesiones graves). Sin embargo, se presentaron problemas de manejo debido a que el operador no estaba capacitado para el uso del aturdidor eléctrico y a que los terneros se rehusaron a entrar al cajón inmovilizador, por lo que los terneros se golpearon, lo que indujo a incluir las lesiones previas a la matanza con las provocadas por el método de aturdimiento eléctrico (Lambooy, 1986).

Las especies pequeñas, como los conejos, son de fácil manejo y sujeción, lo que permite controlar factores externos que puedan producir lesiones previas a la matanza, por lo que las lesiones encontradas en la evaluación *post mortem* de la canal se asocian al método de aturdimiento.

#### **1.5.5. Factores de riesgo en la presentación total de lesiones en la canal**

El análisis de regresión logística estableció que el sexo y peso de los conejos, así como el tiempo entre el aturdimiento y la matanza no estuvieron relacionados con el total de lesiones presentadas en la canal de los conejos evaluados en el presente estudio ( $\text{ChiSq} > 0.05$ ). El método por concusión fue más susceptible de producir lesiones en la canal que el método de electronarcosis (Cuadro 4), es decir, que es 4.6 veces más probable de ocurrir lesiones si se usa el método por concusión ( $\text{ChiSq} < 0.01$ ).

En diversos estudios sobre transporte, los factores de riesgo que se han asociado con las lesiones que se encuentran en la evaluación *post mortem* de la canal son sexo, raza, condición corporal,

peso vivo, objetivo zootécnico, distancia y tiempo de viaje, tipo de alojamiento durante el viaje, densidad de carga, condiciones de manejo, tipo de camión, condiciones de carga y descarga, estación del año, granja de origen, matadero y si hubo tiempo de descanso previo a la matanza (Petracci *et al.*, 2010; Knock y Carroll, 2019; Bethancourt-Garcia *et al.*, 2019; Tarumán *et al.*, 2018; Teiga-Teixeira *et al.*, 2021).

Cuadro 4. Probabilidad de lesiones en conejos California para cada variable causal basado en el análisis de regresión logística.

Variable	Categoría	Parámetro	EE (b <sub>i</sub> )	OR	IC 95%	Pr>ChiSq	
Método	Concusión	(0)	1.53	0.42	4.60	2.01-10.49	0.0003
	Electronarcosis	(1)					
Sexo	Macho	(0)	0.40	0.41	1.49	0.66-3.35	0.34
	Hembra	(1)					
Peso	2.0- 2.2 Kg	(0)	-0.19	0.46	0.82	0.33-2.04	0.68
	2.2- 2.4 Kg	(1)					
Tiempo	<30 s	(0)	0.16	0.66	1.17	0.32-4.24	0.81
	>30 s	(1)					

## **1.6. CONCLUSIONES**

La electronarcosis es un método adecuado de insensibilización de conejos previo a la matanza que causa menos conductas negativas y lesiones en la canal, en comparación con el método de concusión, no siendo influenciada por el peso y sexo del animal.

El método de concusión afecta negativamente el bienestar durante la matanza de conejos, sin estar afectado por el sexo ni el peso del animal, pero sí se encuentra influenciado por la habilidad del operador para el aturdir a los animales, previo a su degüello.

## **CAPITULO II. EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJOS CALIFORNIA**

### **2.1. RESUMEN**

El desarrollo de métodos de aturdimiento de conejos que propicien una matanza en condiciones de bienestar es una demanda de los consumidores, además permite obtener canales más pesadas y mejor calidad de carne. Objetivo: Comparar el efecto de dos métodos de aturdimiento (concusión y electronarcosis), en las características de la canal y las propiedades fisicoquímicas de la carne de conejo. Materiales y Métodos: Se utilizaron 120 conejos de raza California de 2 kg. Se registró pesos: vivo, de la canal caliente (CC), canal fría (CF) y sus partes. Se midió pH a tres diferentes tiempos *post mortem* (1, 24 y 48 h) en *Biceps femoris*, el color, la capacidad de retención de agua (CRA) y la resistencia al corte (RCort) en *Longissimus dorsi*. Análisis Estadístico: Se calcularon estadísticos descriptivos de las variables evaluadas para las características de la canal. Se compararon métodos de aturdimiento y sexo, mediante un DCA con arreglo factorial 2x2 usando PROC GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Las variables de calidad de carne se analizaron con U-Mann-Whitney y Kruskal Wallis. Las medias se compararon con Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Resultados: Únicamente se encontraron diferencias entre los métodos de aturdimiento ( $p < 0.05$ ), y mayor rendimiento en la CC con electronarcosis ( $p < 0.05$ ). No existieron diferencias en el pH ni en la RCort de la carne atribuibles al método de aturdimiento ( $p > 0.05$ ). El método eléctrico originó carne menos brillante y amarilla ( $L^*$  y  $b^*$   $p < .0001$ ) y con mayor CRA ( $p = 0.049$ ). Se concluye que el método eléctrico produce menor estrés *ante mortem* en los conejos que el aturdimiento por concusión y mejora algunas características de la canal, pero no influye en la calidad de la carne.

**Palabras clave:** Electronarcosis, concusión, calidad de la carne, características de la canal.

## 2.2. ABSTRACT

In the production of rabbit meat, developing stunning methods that allow slaughter to be carried out under conditions of welfare is a growing demand among consumers, additionally, applying such methods could result in a heavier carcass and better meat quality. Objectives: To compare the effect of two stunning methods for rabbits (manual and electrical stunning) in characteristics of the carcass, as well as in the chemical and physical properties of the meat. Material and methods: 120 California rabbits with an average weight of 2 kg were used. Live-weight, cold carcass-weight, warm carcass-weight and weight of meat cuts were registered. In *Biceps femoris*, pH was measured at three post-mortem periods (1, 24 and 48 hr). In *Longissimus dorsi*, the water holding capacity (WHC) and meat tenderness, i.e., Shear force test, were evaluated. Statistical analysis: Means and standard deviations were calculated for the carcass characteristics evaluated. Two stunning methods were compared and grouped by gender with a completely randomized design with factorial arrangement of treatments using PROC GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Variables related to the quality of the meat were analyzed with a Mann-Whitney U test and Kruskal Wallis test. The Tukey's test was used to ascertain differences ( $p < 0.05$ ). Results: Electrical stunning resulted in a higher yield in the warm carcass compared with manual stunning ( $p < 0.05$ ). No differences were found in pH or meat tenderness associated to the stunning method ( $p > 0.05$ ). Electrical stunning generated meat that was less bright and with a yellow tone ( $L^*$  and  $b^*$   $p < .0001$ ), with a higher WHC ( $p = 0.049$ ). Results show that the electrical stunning method generated less stress prior to slaughter and improved some meat characteristics. However, no influence was found in the quality of the meat.

**Keywords:** Electrical stunning, manual stunning, meat quality, carcass characteristics

### 2.3. INTRODUCCIÓN

Actualmente los consumidores no solo se preocupan por un alto valor nutricional de la carne, sino también en la forma en que se obtiene, lo cual ha propiciado el desarrollo de sistemas de producción sostenibles y que en el proceso de matanza consideren el bienestar de los animales (Stoier *et al.*, 2016). Los estudios se han enfocado a las condiciones de matanza en la granja y en la fase *ante mortem* (Matics *et al.*, 2014; Trocino *et al.*, 2018). Los métodos de aturdimiento previos a la matanza influyen en la calidad de la carne, ya que el estrés durante la matanza repercute en el metabolismo muscular *ante y post mortem* y en consecuencia en la tasa y grado de descomposición del glucógeno y la disminución del pH, el cual se encuentra estrechamente ligado con la calidad de la carne (Gregory, 1994; Terlouw, 2005). Diversos autores han señalado la relación entre el manejo de los conejos antes de la matanza, las características de la canal y la calidad de la carne (Apata *et al.*, 2013; Nakyinsige *et al.*, 2014; Lafuente y López, 2014; Trocino *et al.*, 2018; Składanowska-Baryza *et al.*, 2020), evidenciando que menor estrés en el animal durante la matanza mejora la calidad del producto, debido a que no ocurre un deterioro de su estado físico, bioquímico y sanitario (ICF, 2017); por ello, minimizar el estrés del conejo durante la matanza puede asegurar una carne con un pH final óptimo y minimizar la incidencia de carne oscura, firme y seca (DFD) o pálida, suave y exudativa (PSE), produciendo carne con características fisicoquímicas deseables (Nakyinsige *et al.*, 2014).

En este estudio se planteó la hipótesis que el método de aturdimiento de conejos previo a la matanza repercute en las características de la canal, la calidad de la carne de conejo y que existen diferencias entre sexos. Objetivos: comparar el efecto de dos métodos de aturdimiento, concusión y electronarcosis, en las características de la canal y la calidad de la carne de conejos California, así como conocer el efecto del sexo y su interacción con el método de aturdimiento.

## 2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos en este estudio se realizaron de acuerdo con el Reglamento para el Uso y Cuidado de Animales Destinados a la Investigación del Colegio de Postgraduados (COBIAN/001/22).

### 2.4.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó durante el periodo de enero a mayo de 2021, en las instalaciones cunícolas del Colegio de Postgraduados, ubicado en Texcoco Edo. de México a una altitud de 2250 msnm y coordenadas 19°27'48.4'' N y 98°54'30.8'' O. Los análisis de calidad de carne se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la misma institución.

### 2.4.2. Características de la canal

Se utilizaron 120 conejos de la raza California (60 hembras y 60 machos) de  $65 \pm 5$  días de edad, con un peso  $2.2 \pm 0.2$  kg. El peso se cuantificó con una báscula digital (Torrey, mod. SXE-30) y se reportó en gramos. Los animales fueron pesados antes de la matanza para obtener el peso vivo (PV), se aturdieron bajo dos diferentes métodos y posteriormente fueron degollados y desollados, registrando los pesos de la canal caliente y de las vísceras; 24 h después se registró el peso de la canal fría y se refrigeró a 4 °C. Se continuó con el despiece, siguiendo la metodología recomendada por la *World Rabbit Science Association* (Blasco y Ouhayoun, 1996). El rendimiento en canal caliente (RCC), fría (RCF) y de referencia (RCR), así como la pérdida por goteo (PG), fueron calculadas usando las siguientes ecuaciones y se reportaron en porcentaje:  $RCC = (\text{Peso canal caliente} / \text{peso vivo}) * 100$ ,  $RCF = (\text{Peso canal fría} / \text{peso vivo}) * 100$ ,  $RCR = (\text{Peso canal de referencia} / \text{peso vivo}) * 100$ , y  $PG = (\text{Peso canal caliente} - \text{peso canal fría} / \text{peso canal caliente}) * 100$ . La disección de las canales incluyó la cabeza, brazos, piernas, lomo, espaldilla, tórax y faldilla.

### 2.4.3. Análisis de calidad de la carne

El pH se midió por duplicado con un potenciómetro portátil con electrodo de penetración (HANNA, mod. HI99163) en el músculo *Biceps femoris* (Blasco y Piles, 1990), y se cuantificó en tres tiempos: 1 h, 24 h y 48 h *post mortem*. La tasa de disminución de pH se calculó de la siguiente manera:  $(\text{pH}_{1\text{h}} - \text{pH}_{24\text{h}}) / 24\text{h}$  (Önenç y Kaya, 2004). El color se midió por triplicado con un medidor de colorimetría CR-400 Minolta (Chroma Meter CR 200, Tokio, Japón) en un corte transversal de 10 mm de espesor en la parte media del músculo *Longissimus dorsi* a las 24 h *post mortem*, registrando valores de L\* (luminosidad), a\* (rojo-verde) y b\* (amarillo-azul), con base al sistema CIE (Robertson, 1977). La capacidad de retención de agua (CRA), se midió por duplicado y se determinó utilizando 5 g del *Longissimus dorsi* finamente picado y mezclado con 8 mL de solución de cloruro de sodio 0.6 M. La carne y el NaCl se colocaron en tubos para centrifuga y se agitaron con una varilla de vidrio, posteriormente se colocaron en baño de hielo por 30 min. En seguida la muestra se introdujo en una centrífuga Beckman Coulter J2-HS, USA durante 15 min a 10,000 rpm. El volumen del sobrenadante se decantó y la diferencia se reportó como mL de solución de NaCl retenidos por 100 g de carne (Braña *et al.*, 2011). La resistencia al corte se midió por duplicado con un medidor de textura (TA-XSGCi Stable Micro Systems, Godalming, England) y una cuchilla Warner-Bratzler (Blade Set with 'V' slot blade for USDA Standard) en la carne procedente del músculo *Longissimus dorsi* en crudo y se cuantificó en unidades de fuerza ( $\text{N}/\text{cm}^2$ ) (Lorenzen *et al.*, 2010). La carne se preparó en bloques de 2 x 1 x 1 cm y el corte se hizo perpendicular a la dirección de la fibra muscular.

#### **2.4.4. Análisis estadístico**

La información se analizó usando el paquete estadístico SAS (SAS v.9.4., Inst. Inc., Cary, NC). Se probaron las suposiciones del modelo: normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Bartlett) y se obtuvieron estadísticos descriptivos de la canal expresados como media  $\pm$  desviación estándar. Se comparó el método de aturdimiento aplicado, sexo y su interacción mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Debido a que no existieron diferencias entre sexos, se compararon únicamente los métodos de aturdimiento. El análisis del pH se realizó usando medidas repetidas en tiempo. Las variables de calidad de carne se analizaron con U-Mann-Whitney y Kruskal Wallis. Se usó la Prueba de Tukey para comparar medias ( $p < 0.05$ ).

### **2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **2.5.1. Características de la canal**

En el Cuadro 5 se presentan los estadísticos descriptivos de las características de la canal de conejos California expresados como media  $\pm$  desviación estándar y el porcentaje de las partes de la canal con respecto a la canal fría. El rendimiento en canal caliente fue de 59% existiendo diferencias atribuibles a los métodos de aturdimiento aplicados ( $p < 0.01$ ), siendo el método eléctrico en el que se observó el mayor peso. Las partes económicamente importantes de la canal: piernas, lomo y brazos representan el 49 % de la canal fría, obteniendo un mayor peso cuando se usó el método eléctrico en comparación con el de concusión ( $p < 0.01$ ), al igual que el tamaño de la cabeza y tórax. De igual manera existieron diferencias ( $p < 0.01$ ) en el peso de las vísceras rojas, favoreciendo al método por concusión ( $p < 0.01$ ).

Cuadro 5. Medias, desviaciones estándar, porcentaje del total de características de la canal de conejos California según el método de aturdimiento.

Variable (g)	Total			Método de aturdimiento		EEM	P>F
	Media	D.E.	%	Concusión	Eléctrico	±	
Peso vivo	2149	133.0	100	2134	2165	12.1	0.211
Canal caliente*	1265	91.5	59	1244	1286	8.3	0.011
Canal fría	1220	86.2	100	1211	1230	7.9	0.214
Canal referencia	1013	80.0	83	1003	1023	7.3	0.165
Cabeza	105	8.8	9	101	109	0.8	<.001
Brazos	152	14.5	12	147	156	1.3	0.003
Piernas	261	26.3	21	256	267	2.4	0.020
Lomo	202	25.4	16	197	208	2.3	0.010
Espaldilla	103	12.5	9	102	105	1.1	0.322
Tórax	220	30.4	18	228	211	2.8	0.002
Faldilla	73	14.4	6	73	74	1.3	0.636
Hígado	67	15.1	6	68	67	1.4	0.787
Riñones	17	3.1	1	17	16	0.3	0.373
Víscera roja	20	4.8	2	22	17	0.4	<.001

\*con respecto al peso vivo.

La diferencia en el peso de la canal caliente puede asociarse con una menor pérdida de sangre con el método de aturdimiento eléctrico (1.46 %) en comparación con el método de concusión (3.62 %) ( $p < 0.05$ ), tal como lo reportaron Apata *et al.* (2013). Sin embargo, Lafuente y López (2014) no encontraron diferencias en la pérdida de sangre entre estos métodos ( $p = 0.063$ ).

El mayor peso de la cabeza, brazos, piernas y lomo en el método de aturdimiento eléctrico, así como el menor peso del tórax en el método por concusión puede relacionarse con la diferencia en la retención de agua, siendo mayor en el método eléctrico en comparación con el método por concusión, tal como se discutirá en el apartado de calidad de la carne. El peso de la víscera roja (corazón y pulmones) fue menor en el método eléctrico ( $p < .001$ ), probablemente debido a un menor peso en los pulmones, esto de acuerdo con lo reportado por Khalid *et al.* (2015), quienes observaron diferencia ( $p < 0.001$ ) en el peso de los pulmones en corderos aturridos con diferentes métodos, pero no en el peso del corazón ( $p > 0.05$ ), esto podría suceder porque una de las acciones del aturdimiento eléctrico es la inhibición cardíaca a través de la estimulación parasimpática mediada por el nervio vago, este paro cardíaco reduce la cantidad de sangre perdida en la exanguinación, pero la sangre "faltante" no se conserva en la carne y probablemente se pierde durante el faenado de la canal o se retiene en las vísceras (Leach y Warrington, 1976; Kirton *et al.*, 1981).

### **2.5.2. Rendimiento en canal**

Se puede observar en el Cuadro 6, que en las características relacionadas con el rendimiento en canal de conejos California, no existieron diferencias atribuibles a los métodos de aturdimiento, sexo e interacción entre ellos, ( $p > 0.05$ ) a excepción del peso y rendimiento de la canal caliente, en las que se evidenciaron diferencias entre métodos ( $p < 0.05$ ), mostrando canales más pesadas y con

mayor rendimiento aquellas a las que se les aplicó el método eléctrico en comparación con el método de concusión.

La diferencia en el rendimiento de la canal caliente se puede atribuir a la forma de estimación, ya que ésta última se obtiene a partir de los datos del peso de la canal caliente. En el caso de RFC, no se encontraron diferencias entre métodos ( $p>0.05$ ) concordando con lo estudio concuerdan con lo informado por Apata *et al.* (2013) y Składanowska-Baryza *et al.* (2020).

Cuadro 6. Características relacionadas con el rendimiento en canal según método de aturdimiento y el sexo

Variable (g)	Método de aturdimiento		Sexo		EEM ±	P-valor		
	Concusión	Eléctrico	Macho	Hembra		Método	Sexo	Met*Sex
PESO VIVO	2134	2165	2139	2160	17.1	0.211	0.389	0.197
RCC %	57.37	59.41	59.32	57.45	0.73	0.049	0.072	0.183
RCF %	56.75	56.96	57.24	55.46	0.28	0.612	0.06	0.234
RCR %	46.23	47.23	47.42	46.04	0.62	0.255	0.12	0.234
PG %	2.68	4.27	3.50	3.45	0.37	0.003	0.941	0.982

RCC: Rendimiento en canal caliente; RCF: Rendimiento en canal fría; RCR: Rendimiento en canal de referencia. PG: Pérdida por goteo de la canal.

En la pérdida por goteo (PG), se encontró diferencia ( $p=0.003$ ) entre métodos, siendo el eléctrico el que perdió más agua. Estos resultados están en concordancia con los reportados por Składanowska-Baryza *et al.* (2020) ( $p<0.0001$ ) y Apata *et al.* (2013) ( $p<0.05$ ), pero no con los obtenidos por Dal Bosco *et al.* (1997), quienes no encontraron diferencias ( $p>0.05$ ). La pérdida de agua por goteo mide el exudado de agua extracelular y que es fácil de extraer si se les aplica una

fuerza a las miofibrillas que reduzca el espacio filamental, tal como ocurre durante la contracción del *rigor mortis*.

La PG también se ve influenciada por los cambios en la membrana celular (fenómenos osmóticos y cambios en la permeabilidad) lo que resulta en el paso de agua del interior al exterior de la célula, dichos cambios en la membrana celular pueden asociarse con el estímulo eléctrico al que fueron sometidos los animales con el método de aturdimiento por electronarcosis, resultando en un mayor contenido de agua extracelular y por lo tanto en una mayor PG (Currie y Wolfe, 1983). Otro factor que influye en la PG es el despiezado, ya que el agua sale a través de las superficies de corte, por lo que una canal despiezada perderá más agua por goteo que una canal entera (Zayas, 1997).

### **2.5.3. pH**

En la Figura 5, el pH medido en la primera hora descendió hasta las 24 h y posteriormente se mantuvo o presentó un ligero ascenso (48 h), observándose también que existieron diferencias ( $p < 0.05$ ) entre métodos, siendo más alto con el método de concusión que con la electronarcosis. La reducción en el pH se estabilizó después de 24 y 48 h *post mortem*, sin que se observaran diferencias entre métodos ( $p > 0.05$ ). Lafuente y López (2014), reportaron resultados similares comparando los métodos de aturdimiento por dislocación cervical y por electronarcosis, con diferencia por método y tiempo ( $p < 0.05$ ) durante las primeras 2 h *post mortem*, situación que cambió a las 24 h cuando el pH fue similar en ambos tratamientos ( $p > 0.05$ ). Składanowska-Baryza *et al.* (2020) encontraron diferencia en tiempo entre la primera y las 24 h ( $p < 0.001$ ), pero no entre las 24 y 48 h *post mortem*, y no encontraron diferencias entre los métodos de aturdimiento.

De acuerdo con Blasco y Piles (1990), el pH de los conejos en el *Biceps femoris* a los 20 min es de 6.6, y a las 24 h su valor está entre 5.77 y 5.82. El pH inicial en este estudio fue medido a la hora,

por lo que ya había iniciado la caída de pH y el valor encontrado fue menor para ambos métodos (6.27 y 5.99 para concusión y electronarcosis, respectivamente). En cuanto al pH a las 24 h, los resultados de este estudio fueron 5.71 y 5.62 (atudimiento por concusión y eléctrico, respectivamente). Para que una carne se considere “normal”, el pH inicial medido a los 45 min *post mortem* debe estar entre 5.9 y 6.2, así como el pH final a las 24 h debe estar entre 5.5 y 5.9 (Jerez-Timaure *et al.*, 2020), condiciones con las que cumplió el pH de la carne en este estudio.

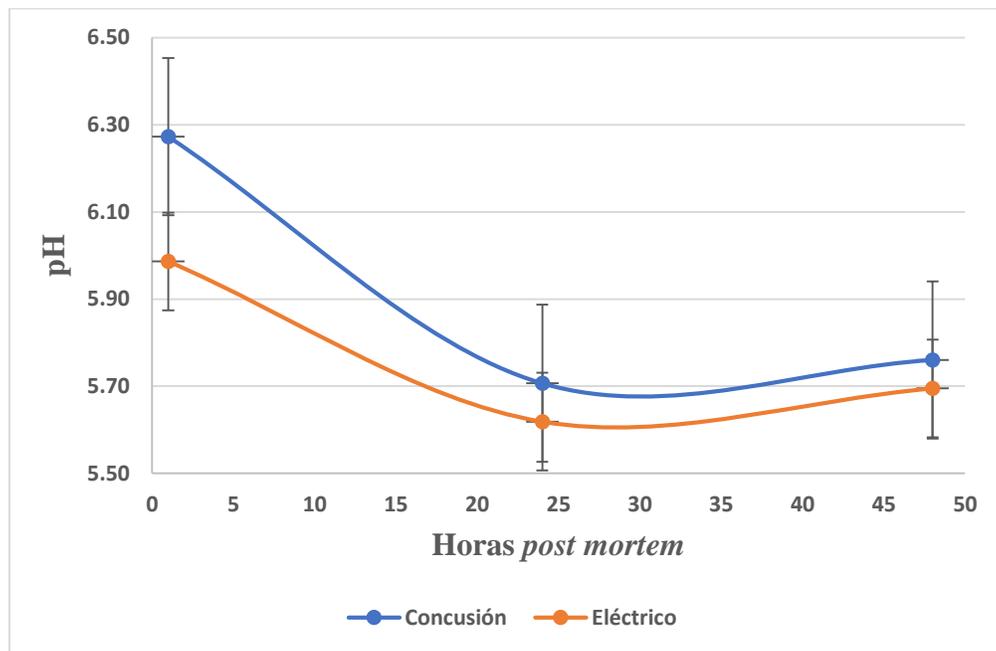


Figura 5. Comportamiento promedio de pH en el tiempo según método de aturdimiento previo a la matanza.

Según Bate-Smith y Bendall (1949), existen cuatro patrones diferentes de la instauración del *rigor mortis* en conejos. 1) cuando los animales no pasan por estrés *ante mortem* el *rigor mortis* se establece en la primera hora ( $\text{pH}_{5 \text{ min}} 7$ ) y dura hasta la novena hora ( $\text{pH}_{9 \text{ h}} 6$ ) *post mortem*; 2) cuando los animales pasan por un estrés agudo *ante mortem* el *rigor mortis* se establece en la primera hora ( $\text{pH}_{5 \text{ min}} 6.5$ ) y dura hasta la quinta hora ( $\text{pH}_{5 \text{ h}} 5.9$ ) *post mortem*; 3) cuando los animales pasan por un estrés crónico *ante mortem* el *rigor mortis* se establece en la segunda hora

(pH<sub>5 min</sub> 7.05) y dura hasta la sexta hora (pH<sub>6 h</sub> 6.5) *post mortem*; y 4) cuando los animales están completamente exhaustos y sin reservas energéticas el *rigor mortis* se establece en la primera hora (pH<sub>5 min</sub> 7.2) y dura hasta la segunda hora (pH<sub>2h</sub> 7.2) *post mortem*.

Como se observa en el Cuadro 7, el método de aturdimiento en los conejos influyó en la acidificación *post mortem* (p<0.0001), tal como se manifiesta en la tasa de disminución de pH<sub>1 h</sub> - pH<sub>24 h</sub> (2.4 x 10<sup>-2</sup> vs 1.5 x 10<sup>-2</sup>).

Cuadro 7. Calidad de carne de conejos según sexo y método de aturdimiento previo a la matanza.

Variable	Método de aturdimiento		Sexo		EEM	P-valor		
	Concusión	Eléctrico	Macho	Hembra	±	Método	Sexo	Met*Sex
<b>pH</b>								
1 h	6.27	5.99	6.15	6.11	0.042	0.019	0.422	0.234
24 h	5.71	5.62	5.66	5.67	0.041	0.218	0.775	0.950
48 h	5.76	5.70	5.71	5.75	0.044	0.324	0.391	0.988
1 - 24 (h <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	2.4x10 <sup>-2</sup>	1.5x10 <sup>-2</sup>	2.1x10 <sup>-2</sup>	1.8x10 <sup>-2</sup>	0.001	<.0001	0.235	0.314
<b>CRA</b>	23.72	26.73	26.10	24.35	1.07	0.0487	0.251	0.777
<b>Color (Medido a las 24 horas <i>post mortem</i>)</b>								
L*	59.47	56.81	58.54	57.74	0.33	<.0001	0.260	<.0001
a*	15.12	15.06	15.31	14.87	0.31	0.8646	0.211	0.593
b*	5.73	4.39	5.13	4.99	0.16	<.0001	0.404	<.0001
<b>RCort (N/cm<sup>2</sup>)</b>	30.4	32.1	33.8	30.3	1.06	0.318	0.638	0.947

<sup>a</sup> tasa de disminución de pH entre 1 y 24 h. **CRA**: capacidad de retención de agua dada en mL de NaCl al 0.6 M retenidos en 100g de carne (mL 100g<sup>-1</sup>). **L\***: luminosidad; **a\***: rojo a verde; **b\***: amarillo a azul. **RCort**: Resistencia al corte, medida en Newtons / cm<sup>2</sup>.

Se han establecido diferencias en la acidificación *post mortem* hasta las 24 h, asociadas con el método de aturdimiento, más ácido y menor tasa de disminución de pH con aturdimiento eléctrico en comparación con el aturdimiento mecánico. Dal Bosco *et al.*, (1997) reportaron que el estímulo eléctrico puede acelerar la acidificación muscular, pero estas diferencias en el pH durante la maduración no afecta el pH final de la carne.

Sybesama y Groen (1970) encontraron diferencias en el pH entre el método eléctrico (400 V, 1.5 A) y mecánico; asociándose al aumento de lactato en sangre producido por las fuertes contracciones musculares provocadas por el aturdimiento eléctrico en las fases tónico clónica, que en conejos tiene una duración de  $17 \pm 2$  s y  $17 \pm 6$  s respectivamente (Anil *et al.*, 1998).

#### **2.5.4. Capacidad de retención de agua**

Está fuertemente influenciada por el pH, un cambio en la CRA produce un cambio en la estructura de las proteínas miofibrilares por la desnaturalización de éstas debido a la caída de pH. El nivel mínimo de la CRA se encuentra en el pH 5.2, y se relaciona con los puntos isoeléctricos de las proteínas más importantes de las miofibrillas, miosina (pH 5.4) y actina (pH 4.7). A un pH mayor o menor de 5.2, la CRA aumenta, si el pH<sub>24 h</sub> óptimo de la carne se encuentra entre 5.5 y 5.9, significa que a ese pH se encuentra el punto óptimo de la CRA (Zayas, 1997). En este estudio (Cuadro 7), la CRA presentó diferencias entre métodos de aturdimiento ( $p=0.048$ ) (Cuadro 3), favoreciendo al método eléctrico, concordando con lo reportado por Apata *et al.* (2013) ( $p < 0.05$ ); sin embargo, Lafuente y López (2014) no encontraron diferencia entre métodos de aturdimiento ( $p>0.05$ ). Esta discrepancia puede deberse a que la CRA se midió en el *Longissimus dorsi* y el pH en el *Biceps femoris*, sin embargo, Składanowska-Baryza *et al.* (2020) no encontraron diferencia ( $p=0.183$ ) en el pH por efecto del músculo en el que se midió. Cabe mencionar que tanto Apata *et*

*al.* (2013) como Lafuente y López (2014) obtuvieron sus resultados de CRA mediante el método de compresión, mientras que en este estudio se utilizó el método de centrifugación. En este estudio, para ambos métodos el pH<sub>24 h</sub> se encontró entre 5.5 y 5.9, por lo que se puede decir que la CRA fue adecuada en ambos, pero superior en el método eléctrico.

### **2.5.5. Color**

Los parámetros de color que presentaron diferencia ( $p < 0.0001$ ) debido al método de aturdimiento fueron L\* (59.47 vs 56.81) y b\* (5.73 vs 4.39), por concusión y por electronarcosis, respectivamente (Cuadro 7), obteniendo una carne más luminosa y amarilla con el método de concusión. No se observaron diferencias ( $p > 0.05$ ) en el enrojecimiento de la carne (a\*), lo que indica que no hubo variación en el contenido de mioglobina de los músculos. Nakyinsige *et al.* (2014), observaron cambios de color en la carne de conejos sin aturdimiento (sacrificio halal) y aturdidos con gas, encontrando una carne más luminosa (L\*) ( $p < 0.05$ ) en el aturdimiento con gas (47.5) en comparación con el grupo sin aturdimiento (45.6); así como una carne más amarilla (b\*) ( $p < 0.05$ ) en el grupo sin aturdimiento (14.96) en comparación con el grupo aturdido con gas (13.05). En contraste, Składanowska-Baryza *et al.* (2020) sólo encontraron diferencia ( $p < 0.05$ ) en L\*, que fue mayor con el método por concusión. Por otro lado, Dal Bosco *et al.* (1997) reportaron que la influencia del método de aturdimiento en los parámetros de color no es relevante ( $p > 0.05$ ). Es importante tener en cuenta la alta variabilidad en los parámetros de color, lo que podría dificultar encontrar un efecto significativo entre los métodos de aturdimiento (Lafuente y López, 2014).

MacDougall (1982) indica que el aumento de la luminosidad (L\*) es causado por cambios en las proteínas musculares (actina y miosina). A un pH de 5.9 existe una palidez ligera, la cual aumenta

a medida que el pH se acerca al punto isoeléctrico de las proteínas y cesa la glucólisis. El aumento de la luminosidad suele acompañarse de un aumento de la tonalidad hacia el amarillo. El color de la carne depende de diferentes factores, por ejemplo, el pH, la temperatura y la reducción de la metamioglobina. El estrés *ante mortem* y la velocidad de enfriamiento también afectan las propiedades de dispersión de la luz de la carne ( $L^*$ ).

El valor de  $L^*$  en una carne normal está entre 57 – 48, por encima de ese valor se considera pálida y por debajo oscura (Alvarado *et al.*, 2011). La carne obtenida con el método eléctrico tiene un valor de  $L^*$  56.8, por lo que la carne es normal, mientras que la carne obtenida con el método de concusión tiene un valor de  $L^*$  59.47 considerado PSE.

#### **2.5.6. Resistencia al corte**

La resistencia al corte es la medida instrumental más utilizada para cuantificar la textura o ternura de la carne. La textura de la carne es la cualidad de ser cortada o masticada con mayor o menor facilidad (Lorenzen *et al.*, 2010).

Como se puede ver en el Cuadro 7, en la resistencia al corte no se encontraron diferencias atribuibles al método de aturdimiento ( $p > 0.05$ ), lo que concuerda con el estudio de Składanowska-Baryza *et al.* (2020) ( $p = 0.947$ ). Los resultados obtenidos en este estudio son mayores a los reportados por North *et al.* (2019), que encontraron una resistencia al corte promedio de  $26.6 \pm 0.9$  N, sin embargo, Pascual y Pla (2008) reportaron una media de 36 N. La calidad de la carne de conejo es bastante estable, a diferencia de otras especies, no se observan alteraciones específicas de la textura y las propiedades físicas de la carne, tal como una condición similar a la carne PSE o DFD, y las características tanto de la canal como de la carne son difícilmente modificables por factores de producción (Hernández y Gondret, 2006).

Los resultados de pH, CRA y color indican que la carne proveniente del método por concusión tiende a las características de una carne PSE.

## **2.6. CONCLUSIONES**

La evidencia de este estudio indica que el método eléctrico produce un menor estrés *ante mortem* en los conejos que el aturdimiento por concusión, lo que proporciona un mayor bienestar de los conejos durante la matanza y cumple con las condiciones éticas y comerciales que demandan actualmente los consumidores de carne de conejo, pero además favorece la calidad de algunas características de la canal como el peso de la cabeza, brazos, piernas y lomo; sin influir en la calidad de la carne

## **CAPITULO III. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CONEJOS CALIFORNIA EN UN SISTEMA SEMIESPECIALIZADO EN PEQUEÑA ESCALA**

### **3.1. RESUMEN**

En México, el conejo se cría principalmente en sistemas de producción en pequeña escala; se comercializa, vivo o en canal, en mercados poco extensos, pero bien definidos, como son pequeños restaurantes para su oferta como platillo exótico. Con el objetivo de caracterizar la canal del conejo despiezada e identificar la importancia relativa de sus partes, se obtuvo una muestra de 120 conejos California finalizados en engorda, de ambos sexos, peso promedio de 2 kg y 65 días de edad, los cuales fueron aturridos previo a la matanza y despiezados a las 24 h *post mortem*; se registró el peso de la canal fría (PCF), cabeza (CBZ), brazos (BRZ), piernas (PRN), lomo (LOM), espaldilla (ESP), tórax (TOX), faldilla (FAL), hígado (HIG) y riñones (RIS). Los datos fueron analizados usando correlaciones de Pearson, Análisis de Componentes Principales y Conglomerados. Se encontró que el 72 % de la variación en las partes de la canal lo explicaban cuatro componentes principales (CP). El CP1, explicó el 37 % de la variación total, y lo conformó el PCF, CBZ, PRN y LOM; el CP2, explicó el 16% con las variables BRZ, TOX y FAL; el CP3, con el 11% y conformado por RIS; y el CP4, 8% constituido por HIG y ESP. El análisis de conglomerados permitió identificar dos grupos (CLU) de conejos, diferenciados por el peso de las partes que integran la canal. El CLU1, constituido por conejos ligeros y CLU2, con animales más pesados. Se concluyó que el peso de la canal fría, cabeza, piernas y lomo, pueden ser usados como un índice de la eficiencia en la producción de carne.

**Palabras clave:** *Oryctolagus cuniculus*, canal fría, componentes principales, conglomerados.

### 3.2. ABSTRACT

In Mexico, rabbit meat is mainly produced in small-scale farms, and is commercialized as live-animal or carcass weight; in small but well-established markets, such as restaurants, that offer rabbit meat as an exotic dish. The objective of the present study was to characterize the cut rabbit carcass, in order to identify the relative importance of the cuts. Samples of 120 fattened California rabbits, with an average weight of 2 kg and 65 days of age were obtained. Animals were stunned before slaughter and carcasses were cut 24 h *postmortem* to register the weight of the cold-carcass (CCW), head (HE), arms (AR), legs (LE), back (BA), shoulder (SH), thorax (TH), belly flaps (BF), liver (LI) and kidneys (KI). Data were analyzed with Pearson correlations, principal component, and cluster analysis. Results indicate that 72% of the variation in the cuts was explained by four principal components (PC). PC1 explained 37% of the total variation including the CCW, HE, LE and BA; PC2 explained 16% of the variation with variables AR, TH and BF; and PC4 explained 8% of the variation with LI and SH. The cluster analysis pointed out two groups (CLU ) of rabbits, that had weight variations in the different cuts that conform the carcass. CLU1 included lighter animals, while CLU2 included heavier animals. It is concluded that the weight of the cold-carcass, head, legs and back could be used as an efficiency index in the production of rabbit meat.

**Keywords:** *Oryctolagus cuniculus*, cold-carcass, principal component analysis, cluster analysis.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

La producción cunícola en la región oriente del estado de México (ROEDOMÉX), se apoya en granjas familiares en pequeña escala, cuya comercialización se realiza por lo general a pie de granja, principalmente con animales de razas puras como Nueva Zelanda Blanco, California, Chinchilla y sus cruza; este sistema contribuye a la alimentación familiar y a generar ingresos derivados de la comercialización. El consumo de conejo constituye un factor de seguridad alimentaria por ser una carne magra y nutritiva, además, presenta algunas ventajas para el sistema de producción familiar como es rusticidad, manejo e instalaciones mínimas; alimentación de bajo costo, basada en dietas altas en forrajes; y un aprovechamiento de alimentos no convencionales, subproductos agrícolas o residuos de cocina (Vélez *et al.*, 2021). Aunado a lo anterior, la raza California, posee excelentes características maternas, buena conformación muscular y una alta prolificidad (Lebas *et al.* 1997).

En la ROEDOMÉX, el conocimiento de sus parámetros productivos en cada etapa de la vida del animal es escaso, constituyendo una limitante para realizar una selección adecuada de reproductores y medir su avance genético, tomando en cuenta el promedio regional de la raza, ni su rendimiento de las partes de la canal en el animal después de ser destazado, a su vez, es poco común la matanza en rastros particulares o municipales, esta se realiza en las propias unidades de producción, un procedimiento que consiste en el aturdimiento por desnucamiento y posteriormente proceder al degüello del conejo, procedimiento que no considera el cumplimiento de las condiciones de bienestar, que evitan el dolor de los animales (Tudela, 2006; Vásquez *et al.*, 2007).

Existen métodos y técnicas para caracterizar y clasificar morfométricamente a una población de animales, entre los que sobresalen los multivariados, tales como el análisis de componentes

principales, el análisis factorial y el análisis de conglomerados que pueden ser aplicados para describir la actividad cunícola en México. El Análisis de Componentes Principales es una técnica estadística que permite describir la variación total de un conjunto de datos, reduciendo su espacio multidimensional, mediante la transformación de este conjunto de variables correlacionadas, en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas denominadas Componentes Principales, CP (Price *et al.*, 2006; Herrera y García, 2010). El análisis de conglomerados, también conocido como de agrupamiento o similitud, consiste en varias técnicas estadísticas de tipo exploratorias para clasificar un conjunto de variables en grupos, estratos o clúster (CLU). Este análisis permite identificar grupos homogéneos de observaciones, y considerarlos como unidad de análisis o conglomerado, y posteriormente, basado en algún criterio, como su distancia euclidiana, ir uniendo de acuerdo con su homogeneidad entendiendo por grupo homogéneo aquel cuyos miembros difieren significativamente de los de cualquier otro (Sarstedt y Mooi, 2014).

El objetivo de este estudio fue caracterizar las canales de conejos califonia a través de sus distintas componentes mediante las técnicas multivariadas de análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

Los procedimientos en este estudio se realizaron de acuerdo con el Reglamento para el Uso y Cuidado de Animales Destinados a la Investigación del Colegio de Postgraduados (COBIAN/001/22).

### **3.4.1. Lugar de estudio**

El estudio se realizó durante el periodo de enero a mayo de 2021, en las instalaciones cunícolas del Colegio de Postgraduados, ubicado en Texcoco Edo. de México a una altitud de 2250 msnm y coordenadas 19°27'48.4'' N y 98°54'30.8'' O.

### **3.4.2. Recolección de datos**

Se obtuvo la información de matanza de 120 conejos raza California, ambos sexos, de  $65 \pm 5$  días de edad y con un peso  $2.2 \pm 0.2$  kg. Las variables obtenidas fueron, 24 h *post mortem*: pesos de canal fría, cabeza, brazos, piernas, lomo, espaldilla, tórax, faldilla, hígado y riñones. Los pesos fueron medidos con una báscula digital Torrey, mod. SXE-30.

### **3.4.3. Análisis estadístico**

Se calcularon los estadísticos descriptivos, además del porcentaje de cada parte con respecto a la canal fría. Se realizó el análisis de correlación de Pearson entre el peso de la canal fría y los pesos de sus partes. Se aplicaron los Análisis de Componentes Principales (ACP) y de Conglomerados (ACLU). Los grupos creados en el ACLU fueron comparados mediante análisis de varianza. Los análisis estadísticos fueron realizados usando SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

## **3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.5.1. Estadísticos descriptivos de la canal**

En el Cuadro 8, se presentan la media, desviaciones estándar y la proporción del total de características de la canal. Las características de la canal como peso vivo, peso de la canal fría, peso de brazos, peso de piernas y peso del lomo con valores de 2149 g, 1221 g, 1158 g, 152 g, 262 g y 2149 g, respectivamente, fueron parecidas a las reportados por Luis-Chincoya *et al.* (2018)

para las mismas partes del cuerpo. En contraste, la proporción de las piernas respecto al peso de la canal fría Luis-Chincoya *et al.* (2018) reportaron valores hasta 9 % menor al encontrado en este estudio, 21.4 %. Estas diferencias pueden deberse a la variación entre razas.

Cuadro 8. Medias, desviaciones estándar, porcentaje del total de características de la canal de conejos California

<b>Variable (g)</b>	<b>Media</b>	<b>±</b>	<b>D. E.</b>	<b>%</b>	<b>Variable (g)</b>	<b>Media</b>	<b>±</b>	<b>D. E.</b>	<b>%</b>
<b>Peso vivo</b>	2149		133	-					
<b>Canal Fría</b>	1221		86	100	<b>Espaldilla</b>	104	13		8.5
<b>Canal Referencia</b>	1013		80	82.9	<b>Tórax</b>	220	31		18.0
<b>Cabeza</b>	105		9	8.6	<b>Faldilla</b>	74	14		6.0
<b>Brazos</b>	152		15	12.4	<b>Hígado</b>	68	15		5.5
<b>Piernas</b>	262		27	21.4	<b>Riñones</b>	17	3		1.4
<b>Lomo</b>	202		26	16.6	<b>Víscera Roja*</b>	20	5		1.6

\*corazón y pulmones

Los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables de características de la canal se muestran en el Cuadro 9. Existieron varias correlaciones significativas entre variables ( $p < 0.05$ ). Todas las correlaciones de la canal fría con las distintas variables coinciden con las reportadas por Luis-Chincoya *et al.* (2018) positivas de moderadas a altas, destacando la correlación alta con las piernas (0.74), y moderadamente alta con el lomo (0.60), brazos (0.60) y tórax (0.64). Luis-Chincoya *et al.* (2018) obtuvieron correlaciones de moderadas a altas.

Cuadro 9. Matriz de correlaciones de partes de la canal de conejos California.

	Canal Fría	Cabeza	Brazos	Piernas	Lomo	Esp.	Tórax	Faldilla	Hígado	Riñones
Canal Fría	1									
Cabeza	0.50*	1								
Brazos	0.60*	0.44*	1							
Piernas	0.74*	0.42*	0.40*	1						
Lomo	0.60*	0.40*	0.45*	0.56*	1					
Espaldilla	0.54*	0.29*	0.13	0.35*	0.45*	1				
Tórax	0.64*	0.12	0.18	0.44*	0.17	0.39*	1			
Faldilla	0.24*	0.20**	0.40*	-0.02	0.17	-0.02	-0.10	1		
Hígado	0.15	-0.11	-0.18	0.07	-0.03	-0.03	0.12	-0.18**	1	
Riñones	0.27*	0.13	0.02	0.18**	0.09	0.09	0.18	0.13	0.17	1

\*= $p < 0.01$ , \*\*= $p < 0.05$ .

### 3.5.2. Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Conglomerados

El ACP permitió reducir la dimensionalidad de las variables consideradas. Los primeros cuatro componentes principales aportaron el 72 % de la variación (Cuadro 10), el primer componente explicó el 37 %.

Las variables que integran los primeros cuatro componentes principales son las siguientes: el primer componente se integra por la canal fría, cabeza, piernas y lomo; el segundo componente se integra por los brazos, el tórax y la faldilla; el tercer componente sólo incluye a los riñones y el cuarto se integra por la espaldilla y el hígado. Luis-Chincoya *et al.* (2018) reportaron que el primer componente se constituyó por peso vivo, piel, canal, cabeza, piernas, lomo, brazos y faldilla, que explican la conformación y estructura de la canal, aportando un 56 % de la variación.

Cuadro 10. Autovalores y proporción de varianza explicada y acumulada por cada componente principal (CP).

CP	Autovalor	Explicada	Acumulada
1	3.71	0.37	0.37
2	1.59	0.16	0.53
3	1.10	0.11	0.64
<b>4</b>	<b>0.82</b>	<b>0.08</b>	<b>0.72</b>
:	:	:	:
10	0.07	0.01	1.00

El análisis de conglomerados dividió a la población de conejos California en dos grupos de acuerdo con sus características de la canal, tal como se muestra en el Cuadro 11. De igual manera se observa que el peso de la faldilla y el hígado fue igual en ambos grupos, sin embargo, las demás características sí fueron distintas ( $p < 0.01$ ), siendo el grupo 2 el más pesado.

En la Figura 6, en los ejes X, Y y Z se muestran los CP 1, 2 y 3, respectivamente. Se aprecia que el CP1 (eje X) está definiendo la agrupación, hacia la izquierda el grupo 1 (verde) y hacia la derecha el grupo 2 (rojo), las características que definen el CP1 son: canal frío, cabeza, piernas y lomo, todas ellas con diferencias significativas entre grupos.

Al analizar las características de las variables que integran el Factor 1, capacidad productiva de la unidad de producción de conejos, tres de las variables están relacionadas con el tamaño de la unidad de producción y las otras tres restantes con la producción misma de conejos, si bien estas

variables no han sido estudiadas previamente para analizar la producción de conejos, hay estudios que mencionan que la capacidad productiva de una unidad de producción pecuaria está determinada principalmente por el tamaño de la unidad de producción, traducido en inventarios, como maquinaria, equipo, construcciones y vientres.

Cuadro 11. Medias y desviaciones estándar (D. E.) de las partes de la canal fría.

Variable (g)	Grupo 1 (n=94)			Grupo 2 (n=26)			P
	Media	±	D. E.	Media	±	D. E.	
Canal fría	1189		65	1318		53	<.0001
Cabeza	102		7	114		9	<.0001
Brazos	196		22	221		21	<.0001
Piernas	253		23	290		21	<.0001
Lomo	148		13	164		12	<.0001
Espaldilla	101		11	114		11	<.0001
Tórax	216		25	237		35	0.0011
Faldilla	71		11	75		16	0.1385
Hígado	66		14	71		18	0.1923
Riñones	16		3	18		4	0.0007

En el caso particular de la actividad cunícola este inventario lo constituye principalmente los vientres y sementales, por lo tanto, la cantidad de carne de conejo producida depende del número de vientres con que cuenten los cunicultores, como se reporta en otras especies pecuarias, que mencionan que el tamaño de la unidad de producción es un factor que impacta en la producción como el realizado con productores de bovinos de doble propósito en el trópico de México o el realizado en apicultura en Suiza, en donde el tamaño de la unidad de producción medido en

número de colonias fue el factor que más afecta la producción de miel.

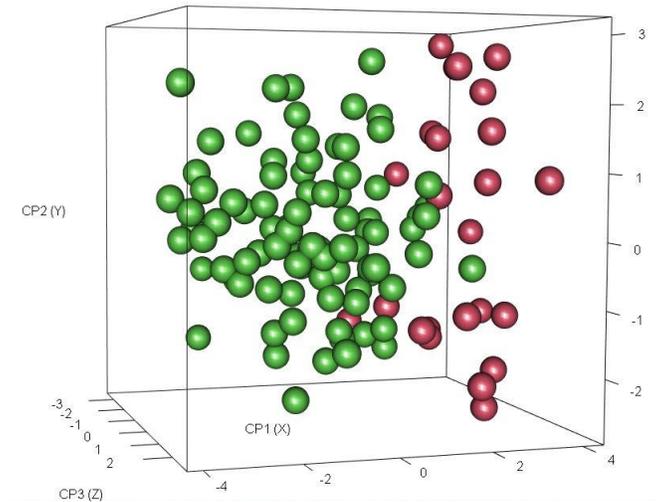


Figura 6. Distribución de las observaciones sobre los componentes principales. Verde, Grupo 1 y en rojo Grupo 2.

### 3.6. CONCLUSIONES

En conejos California, la caracterización mediante las partes de la canal, está determinado por el peso de la canal fría, cabeza, piernas y lomo, lo cual es un indicador de la eficiencia en la producción de carne. Se identificaron dos grupos diferenciados por pesos de las partes que integran la canal.

## CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

La electronarcosis es un método adecuado de insensibilización para conejos previo a la matanza. Provee un mejor bienestar animal, causando un menor estrés que se manifiesta en menor número de conductas negativas durante la matanza y menos lesiones en la canal en la evaluación *post mortem*. Este método favorece el peso de la cabeza, brazos, piernas y lomo, sin influir en la calidad de la carne, lo cual cumple con las exigencias éticas y comerciales que demandan actualmente los consumidores de carne de conejo. La caracterización mediante las partes de la canal está determinada por el peso de la canal fría, cabeza, piernas y lomo, lo cual es un indicador de la eficiencia en la producción de carne.

Se recomienda en investigaciones futuras estudiar la relación costo - beneficio de la implementación del aturdimiento eléctrico previo a la matanza en las unidades de producción cunícola.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado, J. G. G., Lara, R. A. G., García, J. L. A., Pozos, R. L., Rivera, E. D. J. R., & Rojo, A. D. A. (2011). Efecto del método de insensibilización sobre los parámetros más importantes que influyen en el sacrificio y calidad de la carne de cerdo. *Nacameh*, 5(2), 40-55.
- Anil, M. H., Raj, A. B. M., & McKinstry, J. L. (1998). Electrical stunning in commercial rabbits: Effective currents, spontaneous physical activity and reflex behaviour. *Meat Science*, 48(1-2), 21-28. doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00071-5.
- Apata, E. S., Eniolorunda, O. O., Amao, K. E., & Okubanjo, A. O. (2013). Effect of stunning methods on quality of rabbit carcass and meat. *Nigerian Journal of Animal Production*, 40(2), 229-236.
- Bate-Smith, E. C., & Bendall, J. R. (1949). Factors determining the time course of rigor mortis. *The Journal of physiology*, 110(1-2), 47. doi.org/10.1113/jfisiol.1949.sp004420.
- Bethancourt-Garcia, J. A., Vaz, R. Z., Vaz, F. N., Silva, W. B., Pascoal, L. L., Mendonça, F. S., ... & Restle, J. (2019). Pre-slaughter factors affecting the incidence of severe bruising in cattle carcasses. *Livestock Science*, 222, 41-48. doi.org/10.1016/j.livsci.2019.02.009.
- Blasco, A., & Piles, M. (1990). Muscular pH of the rabbit. In *Annales de Zootechnie* (Vol. 39, No. 2, pp. 133-136).
- Blasco, A., Ouhayoun, J., Masoero, G. (1993). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 1 (1), 3-10.
- Braña, V. D., Ramírez, R. E., Rubio, L. M., Sánchez, E. A., Torrescano, U. G., Arenas M. M., Partida, P. J., Ponce, A. E., Ríos, R. F. (2011). Manal de análisis de calidad en muestras de carne. INIFAP. Folleto técnico 11, 13-15.
- Buitrago-Vera, J., Escribá-Pérez, C., Baviera-Puig, A., & Montero-Vicente, L. (2016). Consumer segmentation based on food-related lifestyles and analysis of rabbit meat consumption. *World Rabbit Science*, 24, 169-182. doi.org/10.4995/wrs.2016.4229.
- Carabaño, R., Piquer, J., Menoyo, D., & Badiola, I. (2010). The digestive system of the rabbit. In C. de Blas, & J. Wiseman (Eds.). *Nutrition of the Rabbit* (2nd ed.). London: CABI Publishing
- Chulayo, A. Y., & Muchenje, V. (2015). A balanced perspective on animal welfare for improved meat and meat products. *South African Journal of Animal Sciences*, 45(5), 452-469. doi.org/10.4314/sajas.v45i5.2
- Cooper, J. E., & Cooper, M. (2007). *Introduction to veterinary and comparative forensic medicine*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Cullere, M., & Dalle Zotte, A. (2018). Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Science*, 143, 137-146. doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029

- Currie, R. W., & Wolfe, F. H. (1983). An assessment of extracellular space measurements in *post-mortem* muscle. *Meat science*, 8(2), 147-161. doi.org/10.1016/0309-1740(83)90012-8.
- Dal Bosco, A., Castellini, C., & Bernardini, M. (1997). Effect of transportation and stunning method on some characteristics of rabbit carcasses and meat. *World Rabbit Science*, 5(3).
- Dalle Zotte, A. & Szendrő, Zs. (2011) The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*, 88, 319-331. doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017
- Dalle Zotte, A. (2014). Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*, 4(4), 62-67. doi:10.2527/af.2014-0035.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2014). NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial 26 de agosto de 2015. www.dof.gob.mx/nota\_detalle.php?codigo=5405210. (Consulta: Agosto 2021).
- EFSA European Food Safety Authority, Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Saxmose Nielsen, S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Depner, K., ... & Spooler, H. (2020). Stunning methods and slaughter of rabbits for human consumption. *EFSA Journal*, 18(1). doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5927.
- FAOSTAT (Statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020). Roma, Italia. Recuperado 06 de febrero 2022 de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>.
- Fortun-Lamothe, L., Combes, S., & Gidenne, T. (2009). Contribution of intensive rabbit breeding to sustainable development. A semi-quantitative analysis of the production in France. *World Rabbit Science*, 17, 79–85
- Grandin, T. (2013). Making slaughterhouses more humane for cattle, pigs, and sheep. *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, 1(1), 491-512.
- Grandin, T. (2017). Recommended Animal Handling Guidelines and Audit Guide: A Systematic Approach to Animal Welfare. (June), 134.
- Gregory, N. G. (1994). Preslaughter handling, stunning and slaughter. *Meat science*, 36(1-2), 45-56. doi.org/10.1016/0309-1740(94)90032-9
- Gregory, N. G. (1994). Preslaughter handling, stunning and slaughter. *Meat science*, 36(1-2), 45-56. doi.org/10.1016/0309-1740(94)90032-9
- Gregory, N., & Shaw, F. (2000). Penetrating captive bolt stunning and exsanguination of cattle in abattoirs. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 3(3), 215-230. doi.org/10.1207/S15327604JAWS0303\_3.
- Guerrero, M. Y., Flores-Peinado, S. C., Becerril-Herrera, M., Cardona-Leija, A., Alonso-Spillsbury, M., Zamora-Fonseca, M. M., ... & Mota-Rojas, D. (2007). Insensibilization of California breed rabbits and its effect on sanguineous pH, temperature, glucose levels, creatine kinase and slaughter performance. *Journal of Animal and Veterinary Advances*.

- Hernandez, P., & Gondret, F. (2006). Rabbit meat quality. In: L. Maertens, P. Coudert (eds.) *Recent advances in rabbit sciences*, 269-290.
- Herrera, H. J.G. y C. A. García. 2010. *Bioestadística en ciencias veterinarias, procedimientos de análisis de datos con SAS*. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. 258p.
- Hoffman, L. C., Nkhabutlane, P., Schutte, D. W., & Vosloo, C. (2004). Factors affecting the purchasing of rabbit meat: A study of ethnic groups in the Western Cape. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 32, 26–35.
- Horgan, R., & Gavinelli, A. (2006). The expanding role of animal welfare within EU legislation and beyond. *Livestock Science*, 103(3), 303–307. doi.org/10.1016/j.livsci.2006.05.019
- Huneau-Salaün, A., Stärk, K. D. C., Mateus, A., Lupo, C., Lindberg, A., & Le Bouquin-Leneveu, S. (2015). Contribution of meat inspection to the surveillance of poultry health and welfare in the European Union. *Epidemiology & Infection*, 143(11), 2459-2472. doi.org/10.1017/S0950268814003379.
- ICF in association with SAFOSO and AETS, European Union. (2017). Preparation of best practices on the protection of animals at the time of killing. 160-162. ISBN 978-92-79-75331-2. doi: 10.2875/15243.
- Jaramillo Villanueva, J. L., Vargas López, S., & Guerrero Rodríguez, J. D. D. (2015). Preferencias de consumidores y disponibilidad a pagar por atributos de calidad en carne de conejo orgánico. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 6(2), 221-232.
- Jerez-Timaure, N., Trompiz, J., Mendoza, E., & Arenas de Moreno, L. (2020). Evaluación del método de aturdimiento y tiempo de reposo corto sobre las características de la canal y la carne de cerdo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3). doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18722
- Khalid, R., Knowles, T. G., & Wotton, S. B. (2015). A comparison of blood loss during the halal slaughter of lambs following traditional religious slaughter without stunning, electric head-only stunning and post-cut electric head-only stunning. *Meat science*, 110, 15-23. doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.06.008
- Kirton, A. H., Frazerhurst, L. F., Woods, E. G., & Chrystall, B. B. (1981). Effect of electrical stunning method and cardiac arrest on bleeding efficiency, residual blood and blood splash in lambs. *Meat Science*, 5(5), 347-353. doi.org/10.1016/0309-1740(81)90033-4.
- Knock, M., & Carroll, G. A. (2019). The potential of post-mortem carcass assessments in reflecting the welfare of beef and dairy cattle. *Animals*, 9(11), 959. doi.org/10.3390/ani9110959.
- Kranen, R. W., Lambooy, E., Veerkamp, C. H., Van Kuppevelt, T. H., & Veerkamp, J. H. (2000). Histological characterization of hemorrhages in muscles of broiler chickens. *Poultry science*, 79(1), 110-116.
- Lafuente, R., & López, M. (2014). Effect of electrical and mechanical stunning on bleeding, instrumental properties and sensory meat quality in rabbits. *Meat science*, 98(2), 247-254. doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.031.

- Lambooy, E. (1986). Automatic electrical stunning of veal calves in a V-type restrainer. In Proceedings, 32nd European Meeting of Meat Research Workers (pp. 77-80).
- Leach, T. M., & Warrington, R. (1976). The electrocardiogram of sheep, monitored by radiotelemetry, during electrical or carbon-dioxide stunning and subsequent slaughter. *Medical and biological engineering*, 14(1), 79-85. doi.org/10.1007/BF02477095
- Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, R., & De Rochambeau, H. (1997). *The Rabbit: husbandry, health, and production* (21). Rome: Food and Agriculture organization of the United Nations.
- Lorenzen, C. L., Calkins, C. R., Green, M. D., Miller, R. K., Morgan, J. B., & Wasser, B. E. (2010). Efficacy of performing Warner–Bratzler and slice shear force on the same beef steak following rapid cooking. *Meat science*, 85(4), 792-794. doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.030
- Lorenzo, C., Lafón-Terrazas, A., Fernández, J. A., Cervantes, F. A., & Martínez-Meyer, E. (2020). La enfermedad hemorrágica viral del conejo impacta a México y amenaza al resto de Latinoamérica. *Therya*, 11(3), 340-345. doi.org/10.12933/therya-20-1050.
- Luis-Chincoya, H., Herrera-Haro, J. G., Pro-Martínez, A., Santacruz-Varela, A., & Jerez-Salas, M. P. (2018). Análisis de componentes principales en características de la canal de conejos Nueva Zelanda Blanco. En J. H, Camacho (Ed.), *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México* (997-1001). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ISBN: 978-607-542-022-6.
- MacDougall, D. B. (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9(1-2), 75-88. doi.org/10.1016/0308-8146(82)90070-X.
- Matics, Z., Szendrő, Z., Odermatt, M., Gerencsér, Z., Nagy, I., Radnai, I., & Dalle Zotte, A. (2014). Effect of housing conditions on production, carcass and meat quality traits of growing rabbits. *Meat science*, 96(1), 41-46. doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.001.
- Mayer, J. (2007). Use of behavior analysis to recognize pain in small mammals. *Lab animal*, 36(6), 43-48. doi.org/10.1038/labon0607-43
- McKinstry, J. L., & Anil, M. H. (2004). The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs. *Meat Science*, 67(1), 121–128. doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.10.002
- Mendonça, F. S., Vaz, R. Z., Cardoso, F. F., Restle, J., Vaz, F. N., Pascoal, L. L., ... & Boligon, A. A. (2016). Pre-slaughtering factors related to bruises on cattle carcasses. *Animal Production Science*, 58(2), 385-392.
- Mendoza A., B. 2001. Situación de la cunicultura en México. *Lagomorpha: revista de la Asociación Española de Cunicultura*, (117), 60-68.
- Nakyinsige, K., Sazili, A. Q., Zulkifli, I., Goh, Y. M., Bakar, F. A., & Sabow, A. B. (2014). Influence of gas stunning and halal slaughter (no stunning) on rabbits welfare indicators and meat quality. *Meat science*, 98(4), 701-708. doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.017.

- Napolitano, F., Girolami, A. & Braghieri, A. (2010). Consumer liking and willingness to pay for high welfare animal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 537 – 543. doi.org/10.1016/j.tifs.2010.07.012.
- North, M. K., Dalle Zotte, A., & Hoffman, L. C. (2018). The effects of quercetin supplementation on New Zealand White grower rabbit carcass and meat quality—A short communication. *Meat science*, 145, 363-366. doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.014.
- North, M. K., Dalle Zotte, A., & Hoffman, L. C. (2019). Growth, carcass and meat quality traits of two South African meat rabbit breeds. *South African Journal of Animal Science*, 49(5), 815-823. doi.org/10.4314/sajas.v49i5.4.
- Olivares Pineda, R., Gómez Cruz, M. Á., Schwentesius Rindermann, R., & Carrera Chávez, B. (2009). Alternativas a la producción y mercadeo para la carne de conejo en Tlaxcala, México. *Región y sociedad*, 21(46), 191-207.
- Önenç, A., & Kaya, A. (2004). The effects of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processed by Turkish slaughter procedures. *Meat Science*, 66(4), 809-815.
- Organización Mundial de Sanidad Animal. (2021, 15 agosto). *Sacrificio de animales*. Código Sanitario para los Animales Terrestres. Recuperado 7 de febrero de 2022, de [https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/tahc/current/chapitre\\_aw\\_slaughter.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_slaughter.pdf)
- Pascual, M., & Pla, M. (2008). Changes in collagen, texture and sensory properties of meat when selecting rabbits for growth rate. *Meat science*, 78(4), 375-380. doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.009
- Petracci, M., Bianchi, M., Biguzzi, G., & Cavani, C. (2010). Preslaughter risk factors associated with mortality and bruising in rabbits. *World Rabbit Science*, 18(4), 219-228. doi.org/10.4995/wrs.2010.781
- Pluta, R. Y. S. Z. A. R. D., & Romaniuk, J. R. (1990). Recovery of breathing pattern after 15 min of cerebral ischemia in rabbits. *Journal of Applied Physiology*, 69(5), 1676-1681. doi.org/10.1152/jappl.1990.69.5.1676
- Price, A. L., Patterson, N. J., Plenge, R. M., Weinblatt, M. E., Shadick, N. A., & Reich, D. (2006). Principal components analysis corrects for stratification in genome-wide association studies. *Nature genetics*, 38(8), 904-909. doi:10.1038/ng1847
- Robertson, A. R. (1977). The CIE 1976 Color-Difference Formulae. *Color Research & Application*, 2(1), 7–11. doi.org/10.1002/j.1520-6378.1977.tb00104.x
- Sarstedt, M., & Mooi, E. (2014). Cluster Analysis. In *A Concise Guide to Market Research*, Springer, Berlin, Heidelberg, 273-324. doi10.1007/978-3-642-53965-7
- SAS Institute. 2012. SAS/STAT User's Guide:Software version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA, 4424 p.

- Składanowska-Baryza, J., Ludwiczak, A., Pruszyńska-Oszmałek, E., Kołodziejcki, P., & Stanisz, M. (2020). Effect of two different stunning methods on the quality traits of rabbit meat. *Animals*, 10(4), 700. doi.org/10.3390/ani10040700.
- Smulders, D., Verbeke, G., Mormède, P., & Geers, R. (2006). Validation of a behavioral observation tool to assess pig welfare. *Physiology and Behavior*, 89(3), 438–447. doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.07.002
- Stoier, S., Larsen, H. D., Aaslyng, M. D., & Lykke, L. (2016). Improved animal welfare, the right technology and increased business. *Meat Science*, 120, 71–77. doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.010
- Sybesma, W., & Groen, W. (1970). Stunning procedures and meat quality. In 16th European Meeting of Meat Research Workers (341-350).
- Tarumán, J. A., Smulders, J. P., & Gallo, C. B. (2018). Risk factors for bruises and high muscle Ph in lamb carcasses of Tierra del Fuego, Chilean Patagonia. *Open Access Library Journal*, 5(1), 1-11. doi.org/10.4236/oalib.1104291
- Teiga-Teixeira, P., Moura, D., García-Díez, J., & Esteves, A. (2021). Characterization of carcass bruises in cattle in Northern Portugal, a preliminary study. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1168-1174. doi.org/10.1080/1828051X.2021.1957030
- Terán Varela, O. E., Ayala, E. E., Pérez, L. B., Molina, O. M., & Castilla, H. S. (2011). Programas sectoriales enfocados al desarrollo sustentable de la cunicultura familiar. *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, 1*.
- Terlouw, C. (2005). Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience: A brief review of recent findings. *Livestock Production Science*, 94(1-2), 125-135. doi:10.1016/j.livprodsci.2004.11.032
- Terlouw, C., Bourguet, C., & Deiss, V. (2016). Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part II. Evaluation methods. *Meat Science*, Vol. 118, pp. 147–156. doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.010
- Thornton, R. N., Blackmore, D. K., Jolly, R. D., Harris, R. E., & Marsden, N. A. (1979). Petechial haemorrhages in carcass fat of slaughtered lambs. *New Zealand veterinary journal*, 27(9), 181-189. doi.org/10.1080/00480169.1979.34642.
- Traore, S., Aubry, L., Gatellier, P., Przybylski, W., Jaworska, D., Kajak-Siemaszko, K., & Santé-Lhoutellier, V. (2012). Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Science*, 90(4), 917–924. doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.033
- Trocino, A., Zomeño, C., Birolo, M., Di Martino, G., Stefani, A., Bonfanti, L., ... & Xiccato, G. (2018). Impact of pre-slaughter transport conditions on stress response, carcass traits, and meat quality in growing rabbits. *Meat science*, 146, 68-74. doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.035.

- Tudela, F. (2006). Mejora genética del conejo. Importancia y Modos de reemplazos en una explotación cunícola. In: IV Ciclo Internacional de Conferencias en Cunicultura Empresarial. 4 de octubre. Chapingo México. P 143-153.
- Valkova, L., Vecerek, V., Voslarova, E., Kaluza, M., & Takacova, D. (2021a). The Welfare of Cattle, Sheep, Goats and Pigs from the Perspective of Traumatic Injuries Detected at Slaughterhouse Postmortem Inspection. *Animals*, 11(5), 1406. doi.org/10.3390/ani11051406
- Valkova, L., Voslarova, E., Vecerek, V., Dolezelova, P., Zavrelova, V., & Weeks, C. (2021b). Traumatic Injuries Detected during Post-Mortem Slaughterhouse Inspection as Welfare Indicators in Poultry and Rabbits. *Animals*, 11(9), 2610. doi.org/10.3390/ani11092610
- Vásquez R., R. Martínez, C. Manrique y Y. Rodríguez. (2007). Evaluación genética del comportamiento productivo y reproductivo en núcleos de conejos de las razas Nueva Zelanda y Chinchilla. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología*.
- Vélez Izquierdo, A., Espinosa García, J. A., & Aguilar Romero, F. (2021). Tipología y caracterización de cunicultores en los Estados del centro de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(2), 469-486. doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.5811.
- Verhoeven, M. T. W., Gerritzen, M. A., Hellebrekers, L. J., & Kemp, B. (2015). Indicators used in livestock to assess unconsciousness after stunning: A review. *Animal*, 9(2), 320–330. doi.org/10.1017/S1751731114002596
- Vogel, K. D., Badtram, G., Claus, J. R., Grandin, T., Turpin, S., Weyker, R. E., & Voogd, E. (2011). Head-only followed by cardiac arrest electrical stunning is an effective alternative to head-only electrical stunning in pigs. *Journal of Animal Science*, 89(5), 1412-1418.
- Zayas, J. F. (1997). Water holding capacity of proteins. In *Functionality of proteins in food* (76-133). Springer, Berlin, Heidelberg. doi.org/10.1007/978-3-642-59116-7\_3.