

## COMPARACIÓN DE DOS TIPOS DE SACRIFICIO Y DIFERENTES TIEMPOS DE MADURACIÓN SOBRE VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)

H. A. Jurado-Gómez<sup>1</sup>\*, E. J. Cabrera-Lara<sup>1</sup>, J. A. Salazar Salazar<sup>1</sup>

Artículo recibido: 18 de julio de 2016 • Aprobado: 24 de octubre de 2016

### RESUMEN

El objetivo fue determinar el comportamiento de las variables fisicoquímicas y microbiológicas durante la maduración de la carne de cuy (*Cavia porcellus*), utilizando dos métodos de insensibilización (desnucamiento y electronarcosis). La investigación se realizó en los laboratorios de la Universidad de Nariño y se utilizaron 24 animales: 12 para cada método. Los animales ayunaron 12 h antes del sacrificio y las canales se maduraron en refrigeración (2 a 4°C) durante 24 h. Se determinaron las variables pH, acidez, temperatura, capacidad de retención de agua (CRA), conductibilidad eléctrica (CE) y pérdida de agua en refrigeración cada 4 h. Se evaluaron los parámetros microbiológicos coliformes totales y fecales a las 0, 16 y 24 h, además de *Listeria* sp. y la presencia de antibióticos (sulfamidas) al inicio de la maduración. Para detectar diferencia entre métodos de insensibilización para las variables fisicoquímicas se utilizó un diseño de medidas repetidas en el tiempo; para las demás variables se utilizó estadística descriptiva. Los resultados mostraron que el mejor tiempo de maduración fue a las 16 horas, con un pH promedio de 5,42, acidez de 0,272 % y CRA de 12,73. Además, las variables microbiológicas estuvieron por debajo de la norma vigente garantizando la inocuidad de la carne evaluada. No se observó diferencia estadísticas entre métodos de insensibilización y los resultados de antibióticos fueron negativos. Se concluye que el tiempo adecuado de maduración para la carne de cuy fue de 16 horas sin diferencias en el método de insensibilización.

**Palabras clave:** bienestar animal, microbiología, sacrificio, aturdimiento eléctrico, cuy.

## COMPARISON OF TWO TYPES OF SACRIFICE AND DIFFERENT RIPENING TIMES ON PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL VARIABLES OF GUINEA PIG (*Cavia porcellus*) MEAT

### ABSTRACT

The objective was to determine the behavior of the physicochemical and microbiological during ripening of meat of guinea pig (*Cavia porcellus*) variables, using two methods of desensitization (whiplash and electric stun). The research was conducted in the laboratories of the University of Nariño and 24 animals were used: 12 for each method.

<sup>1</sup> Grupo de investigación FISE-PROBIOTEC, Programa de Zootecnia, Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño. Pasto (Colombia).

\* Autor para correspondencia: henryjugam@gmail.com.

12h fast animals before slaughter and channels matured under refrigeration (2-4°C) for 24 h. the variables pH, acidity, temperature, water retention capacity (WRC), electrical conductivity (EC) and cooling water loss every 4 hours were determined. Total coliforms and fecal parameters were evaluated at 0, 16 and 24 h, plus *Listeria sp.* and presence of antibiotics (sulfonamides) at the start of ripening. To detect difference between desensitization methods for physicochemical variables repeated measures design was used in time; whereas for the other variables descriptive statistics were used. The results showed that the best time to maturity was at 16 hours, with an average pH of 5.42, 0.272% acidity and CRA of 12.73. Further, microbiological variables were below the current standard guaranteeing the safety of meat assessed. No statistical difference was observed between desensitization methods and results were negative antibiotics. It is concluded that the proper ripening time for guinea pig meat was 16 hours without differences in the method of desensitization.

**Keywords:** Animal welfare, microbiology, sacrifice, electrical stunning, guinea pig.

## INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) es una especie importante en el departamento de Nariño y prácticamente está en todas los sistemas productivos de la región, especialmente las producciones pequeñas. La cría de esta especie permite solventar gastos imprevistos para el campesino, además de ayudar con la seguridad alimentaria de las familias (Aliaga *et al.* 2009).

En la actualidad, se ha incrementado la demanda de cuy en los centros urbanos como consecuencia de un incremento en la población. Existen épocas del año donde la producción es insuficiente para suplir la demanda de cuyes para asaderos y restaurantes, lo que indica la gran acogida que tiene el producto animal en la zona (Aliaga *et al.* 2009).

A pesar de hallarse una alta demanda, no existe una regulación para la comercialización de este producto que indique las condiciones mínimas de sacrificio y procesamiento que debe cumplir para garantizar su calidad e inocuidad. Entre los factores que determinan la calidad de la carne, están las condiciones de sacrificio y las propiedades físico-químicas y microbiológicas; estas repercuten de

manera directa sobre las propiedades organolépticas de la carne de cuy. A nivel regional, los consumidores no tienen en cuenta este tipo de propiedades, debido a que la mayoría de los animales ofrecidos se encuentran en presentación asada, lo cual disminuye la posibilidad de observar las características sensoriales del animal en canal (Aliaga *et al.* 2009).

Sin embargo, se deben conocer las mejores condiciones para el sacrificio, teniendo en cuenta las buenas prácticas de manufactura y el bienestar de los animales; además del proceso de maduración de la carne, ya que esto no solo permite entregar una carne de calidad que cumpla con las expectativas del consumidor, sino que posibilita determinar las mejores condiciones para el producto procesado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Animales.** Se utilizaron 24 animales entre machos y hembras con peso vivo promedio de 1.070 y 900 g respectivamente. Se sacrificaron en la planta piloto de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño con ayuno previo de 12 h. La maduración se realizó a temperaturas entre 2 y 4°C durante 24 h. Para la eva-

luación de las variables fisicoquímicas se tomaron 12 animales sacrificados en grupos de 4 (un macho y una hembra para cada método de insensibilización) y se evaluó pH, CRA, temperatura y CE. A 8 animales se les registró pérdidas de agua en refrigeración y a los 4 restantes se les evaluó los parámetros microbiológicos de cárnico crudo a las 0, 16 y 24 horas.

**Insensibilización.** Los procedimientos fueron avalados por el comité de ética animal de la Universidad de Nariño, bajo la supervisión de médico veterinario. Se utilizaron dos metodologías para insensibilizar a los animales; la primera mediante desnucamiento y la segunda por electro-narcosis (Figura 1). Esta última se basó en lo propuesto por Mariño (2010); para ello, a los animales se les aplicó agua justo tras de las orejas (lugar de colocación de los electrodos). Luego se suspendió cabeza abajo con la ayuda de un recipiente plástico provisto de una ranura que permitió el acceso al lugar de colocación de los electrodos. Se aplicó la descarga con 150 V y 1 amperio, por 4 segundos.

Luego los animales fueron desangrados, escaldados y depilados, lavados y raspados, eviscerados y, finalmente, las canales se lavaron y desinfectaron para ponerlas en refrigeración.

Las pruebas físico-químicas se evaluaron durante 24 h de maduración y las mediciones se realizaron cada 4 h de la siguiente manera:

**pH y temperatura.** Se midieron con un potenciómetro Oakton-pH® 2700 provisto de un electrodo de vidrio y una sonda de temperatura. Una vez calibrado, se insertaron los electrodos en el músculo *psaos mayor* izquierdo y derecho efectuando 4 lecturas, limpiando el electrodo con agua destilada en cada medición (Nakandakari *et al.* 2014). Al mismo tiempo se determinó la temperatura de la canal.

**Acidez.** Se pesaron 10 g de muestra y se maceraron; luego se depositaron en un beaker y se añadieron 100 mL de agua destilada. Se dejó en reposo durante una hora, se filtró a un erlenmeyer de 250 mL y se aforó con agua destilada. De este filtrado, se transfirieron 10 mL a otro



**FIGURA 1.** Métodos de insensibilización: A. Insensibilización por desnucamiento. B. Insensibilización por electro-narcosis.

erlenmeyer y se adicionaron tres gotas de solución indicadora de fenolftaleína. Finalmente, se tituló con una solución de NaOH 0,01 normal hasta que la muestra adquirió una coloración rosada que duró 30 segundos (Zumbado 2004).

Los resultados se expresaron en porcentaje de acidez, en función del ácido láctico y se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ácido láctico} = \left( \frac{a \times N \times \text{meq}}{b} \right) \times 100$$

$$b = \frac{m \times V}{250}$$

Donde:

a: volumen en mililitros consumido de solución de NaOH 0,01 N

N: normalidad de la solución de NaOH.

meq: masa molar expresada en g/mol.

Para el ácido láctico, meq = 0,090 g/mol

b: masa en gramos de la muestra en la dosis valorada.

m: masa inicial de la muestra (gramos)

V: volumen de la dosis tomada (mililitros)

### Capacidad de retención de agua

(CRA). Se picaron finamente 10 g de carne y se colocaron 5 g en un tubo de centrífuga (por duplicado). A cada tubo se añadieron 8 mL de solución de NaCl 0,6 M y se agitó. Los tubos se llevaron a un baño de hielo durante 30 minutos con agitación constante. Luego, se centrifugaron durante 30 minutos más a 2.500 rpm en una centrífuga HERMLE Z<sup>®</sup> 230, enseguida se decantó el sobrenadante en una probeta de 10 mL y se midió el volumen no retenido de los 8 mL de solución de NaCl y se calculó la cantidad de solución retenida por 100 g de muestra (Zumbado 2004).

$$\% \text{ CRA} = \left( \frac{V_a - V_s}{\text{peso muestra}} \right) \times 100$$

Dónde:

V<sub>a</sub> = volumen de solución salina añadida al tubo de centrífuga

V<sub>s</sub> = volumen del sobrenadante

**Conductividad eléctrica (CE).** Se utilizó un *tester* de precisión digital Multimeter<sup>®</sup> T9208A, calibrado en la opción de corriente en miliamperios (mA) y una fuente que suministre un voltaje constante; los electrodos del *tester* se conectaron con la muestra y con la fuente para realizar la medición correspondiente de la corriente.

Se extrajo el músculo *Longissimus dorsi*, y se colocaron los electrodos a 7 cm de distancia; un electrodo se conectó directamente a la corriente y el segundo a la muestra (Figura 2), luego se midió la intensidad de corriente y voltaje. Para la interpretación de los datos, se tuvo en cuenta la Ley de Ohm ( $v = I \times R$ ), donde:

v: voltaje suministrado

I: corriente medida

R: la resistencia de la muestra



**FIGURA 2.** Medición de la conductibilidad eléctrica en *Longissimus dorsi*.

Despejamos el valor de la resistencia, basados en la teoría de la conductibilidad eléctrica. Finalmente se determinó la conductividad de la muestra a través de la resistencia medida, donde la con-

ductividad es inversamente proporcional a la resistencia.

$$CE = \frac{1}{R}$$

**Pérdidas de agua en refrigeración.** Se obtuvo el peso de la canal caliente (PCC) y el peso de la canal fría (PCF) cada 4 h durante la maduración; el resultado se expresó como porcentaje de agua perdida en el periodo (Blanchi *et al.* 2006).

**Determinación de antibióticos (sulfamidas).** Se utilizó el kit Kis Test® (Kidney Inhibition Swab) Charm Sciences Inc. Para ello, se verificó una temperatura de 64 °C, luego se desenroscó la tapa del lector Kis Test®, dejando libre el hisopo. Este fue introducido en el hígado de cuy, con el fin de impregnarlo con la muestra. El hisopo se introdujo en el lector de antibióticos y se esperó 4 h para los resultados.

**Variables microbiológicas.** Se determinaron coliformes totales y fecales (método número más Probable NMP), *Listeria* sp., recuento de esporas de *Clostridium* sulfito reductor, recuento de *Staphylococcus* coagulasa positivo y de *Salmonella* mediante la metodología propuesta por la Clínica Veterinaria Roberto Hoyos y Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño.

**Determinación de *Listeria* sp.** Para la preparación del medio se pesaron 47,7 g de medio para *Listeria* y 0,9 g de suplemento, y se disolvieron en 900 mL de agua destilada a una temperatura de 30°C, luego se llevó a autoclave a 121°C durante 15 min y se refrigeró hasta su utilización. Para el enriquecimiento de la muestra, se agregaron 225 ml del medio a un erlenmeyer esterilizado y se adicionaron 25 g de muestra macerada, se agitó hasta homogeneizar la muestra y se dejó en baño María a 30 °C durante 40 h. Para la

lectura del medio incubado, se tomaron 400 microlitros de cada muestra en tubos de ensayo plásticos que se llevaron a baño María a 100°C durante 5 minutos y se los dejó enfriar a temperatura ambiente. Se colocó a cada tubo, una tirilla de lectura con la flecha indicando hacia abajo y dejando actuar por 10 minutos, después de este tiempo se determinó si la muestra fue positiva o negativa (si en la tirilla aparece una línea roja el resultado es negativo y si aparecen dos líneas rojas el resultado es positivo) (Gómez y Gómez 2013).

**Diseño estadístico.** Las variables físico-químicas se evaluaron mediante un diseño de medidas repetidas en el tiempo, mientras que las variables microbiológicas por estadística descriptiva. Además, el comportamiento de las variables físico-químicas durante el tiempo de maduración fue modelados con tres modelos de regresión: lineal, cuadrática y cúbica. De igual manera, se determinó la correlación entre las variables pH, acidez, CRA y CE.

## RESULTADOS

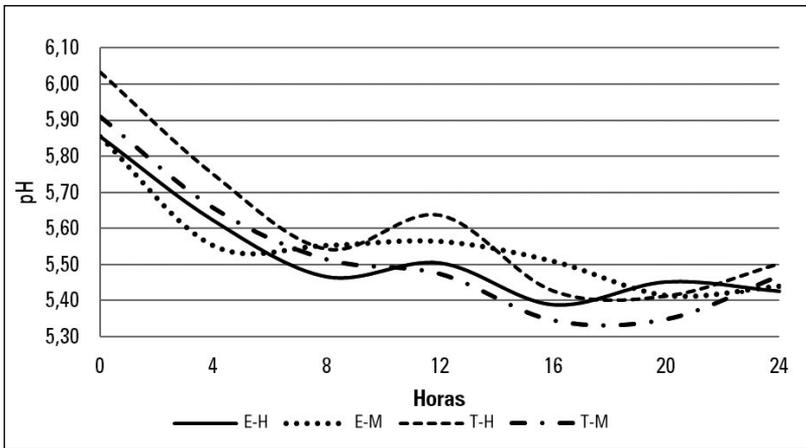
**pH.** Los resultados no muestran una diferencia en el pH entre el sexo de los animales ( $P > 0.05$ ), a excepción del tiempo cero, donde la hembra con insensibilización tradicional mostró un mayor pH (filas de la Tabla 1). Por otra parte, el efecto de la maduración sobre la variable es evidente en todos los tratamientos, observándose un descenso hasta las 16 horas (Figura 3). Por otra parte, se encontró una mejor ajuste del modelo de regresión de cuadrático (Tabla 2).

**Acidez.** Los resultados para el sexo y el tiempo de maduración no muestran diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, se observa un incremento de la acidez hasta la hora 16 (Tabla 3). De igual manera, en la Figura 4 se observa

**TABLA 1.** Evolución del pH de la carne de cuy durante el tiempo de maduración (horas) bajo dos métodos de insensibilización.

Tiempo	Tradicional		Electronarcosis		EEM
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	
0	<sup>A</sup> 5,91 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 6,03 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 5,85 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 5,86 <sup>b</sup>	0,012
4	<sup>B</sup> 5,66 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,75 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,55 <sup>a</sup>	<sup>A,B</sup> 5,62 <sup>a</sup>	0,012
8	<sup>B,C</sup> 5,51 <sup>a</sup>	<sup>B,C</sup> 5,54 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,55 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,47 <sup>a</sup>	0,012
12	<sup>B,C</sup> 5,47 <sup>a</sup>	<sup>B,C</sup> 5,64 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,56 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,50 <sup>a</sup>	0,012
16	<sup>C</sup> 5,35 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 5,43 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,51 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,39 <sup>a</sup>	0,012
20	<sup>C</sup> 5,35 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 5,41 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,41 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,45 <sup>a</sup>	0,012
24	<sup>B,C</sup> 5,47 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 5,50 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,44 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5,43 <sup>a</sup>	0,012
EEM	0,038	0,038	0,038	0,038	

<sup>ab</sup> Letras minúsculas diferentes en la fila muestran diferencias significativas (P < 0,05); <sup>ABC</sup> letras mayúsculas diferentes en la columna muestran diferencias significativas (P < 0,05). EEM: error estándar de la media.



**FIGURA 3.** Curvas de pH contra el tiempo (E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos).

**TABLA 2.** Ecuaciones de regresión cuadrática para la variable pH.

P-value	r <sup>2</sup>	Ecuación
E-H	0,0053	$y = 0,00139x^2 + -0,04866 x + 5,82595$
E-M	0,0408	$y = 0,00076637x^2 + -0,03223 x + 5,78024$
T-H	0,0091	$y = 0,00162x^2 + -0,06018x + 5,99905$
T-M	0,0005	$y = 0,00182x^2 + -0,06232x + 5,90167$

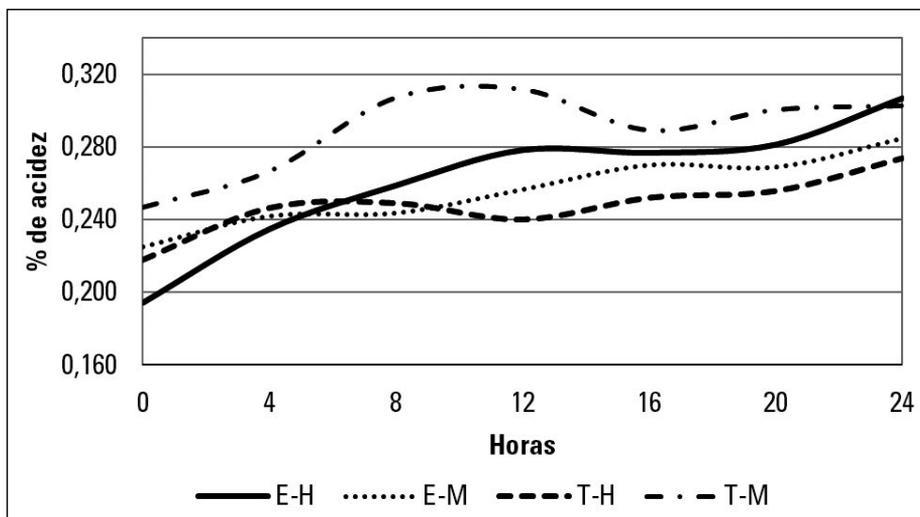
E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos.

que la variable aumenta con el tiempo de la maduración. Se observó un mejor ajuste para el modelo de regresión cúbico (Tabla 4).

**TABLA 3.** Comportamiento de la acidez en carne de cuy bajo dos métodos de insensibilización.

Tiempo	Tradicional		Electronarcosis		EEM
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	
0	A 0,2468 <sup>a</sup>	A 0,2179 <sup>a</sup>	A 0,2250 <sup>a</sup>	A 0,1943 <sup>a</sup>	0,0041
4	A 0,2666 <sup>a</sup>	A 0,2464 <sup>a</sup>	A 0,2419 <sup>a</sup>	A 0,2348 <sup>a</sup>	0,0041
8	A 0,3071 <sup>a</sup>	A 0,2490 <sup>a</sup>	A 0,2436 <sup>a</sup>	A 0,2588 <sup>a</sup>	0,0041
12	A 0,3116 <sup>a</sup>	A 0,2400 <sup>a</sup>	A 0,2565 <sup>a</sup>	A 0,2783 <sup>a</sup>	0,0041
16	A 0,2891 <sup>a</sup>	A 0,2520 <sup>a</sup>	A 0,2700 <sup>a</sup>	A 0,2768 <sup>a</sup>	0,0041
20	A 0,3004 <sup>a</sup>	A 0,2558 <sup>a</sup>	A 0,2689 <sup>a</sup>	A 0,2813 <sup>a</sup>	0,0041
24	A 0,3026 <sup>a</sup>	A 0,2738 <sup>a</sup>	A 0,2846 <sup>a</sup>	A 0,3068 <sup>a</sup>	0,0041
EEM	0,0066	0,0066	0,0066	0,0066	

<sup>ab</sup> Letras minúsculas diferentes en la columna, muestran diferencias significativas (P < 0,05); <sup>ABC</sup> letras mayúsculas diferentes en la fila muestran diferencias significativas (P < 0,05).



**FIGURA 4.** Curvas de acidez contra el tiempo (E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos).

**Capacidad de retención de agua (CRA).** No se observaron diferencias entre sexo, sin embargo, se observó diferencias en el tiempo de maduración para los machos (ambos métodos) a las 20 h (Tabla 5). El comportamiento de la variable durante las 24 horas de maduración no mostró una tendencia, por lo cual, las ecuaciones de regresión no modelaron su comportamiento, con R-cuadrados de 0,036 a 0,38 (Figura 5).

**Temperatura.** Como era de esperarse, la temperatura descendió de forma acelerada durante las 4 primeras horas como consecuencia de la refrigeración; sin embargo, mostró igual comportamiento para ambos sexos. Los resultados indican que la temperatura de la canal se estabiliza cerca de los 10 °C (Tabla 6). Este mismo comportamiento se puede observar en la Figura 6. La regresión cúbica presentó el mejor ajuste del modelo (Tabla 7).

**TABLA 4.** Ecuaciones de regresión cúbica para la variable acidez.

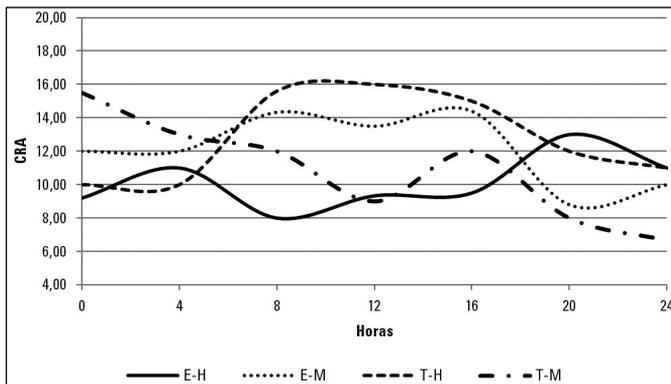
P-value	r <sup>2</sup>	Ecuación
EH	0,0017	0,9803 $y = 0,19276 + 0,01450x - 0,00090960x^2 + 0,00002083x^3$
EM	0,0104	0,9328 $y = 0,22586 + 0,00351x - 0,00011086x^2 + 0,00000269x^3$
TH	0,0299	0,8627 $y = 0,22002 + 0,00781x - 0,00068304x^2 + 0,00001888x^3$
TM	0,09	0,709 $y = 0,24211 + 0,01264x - 0,00083929x^2 + 0,00001736x^3$

E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos.

**TABLA 5.** Comportamiento de la CRA en carne de cuy bajo dos métodos de insensibilización.

Tiempo	Tradicional		Electronarcosis		EEM
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	
0	A15,5 <sup>a</sup>	A10,0 <sup>a</sup>	A12,00 <sup>a</sup>	A 9,20 <sup>a</sup>	0,45
4	A13,0 <sup>a</sup>	A10,0 <sup>a</sup>	A12,00 <sup>a</sup>	A11,00 <sup>a</sup>	0,45
8	A12,0 <sup>a</sup>	A15,6 <sup>a</sup>	A14,33 <sup>a</sup>	A 8,00 <sup>b</sup>	0,45
12	AB 9,0 <sup>a</sup>	A16,0 <sup>a</sup>	A13,50 <sup>a</sup>	A 9,33 <sup>a</sup>	0,45
16	A12,0 <sup>a</sup>	A15,0 <sup>a</sup>	A14,40 <sup>a</sup>	A 9,50 <sup>b</sup>	0,45
20	B 8,0 <sup>a</sup>	A12,0 <sup>a</sup>	B 8,80 <sup>a</sup>	A13,00 <sup>a</sup>	0,45
24	B 6,7 <sup>b</sup>	A11,0 <sup>a</sup>	B10,00 <sup>a</sup>	A11,00 <sup>a</sup>	0,025
EEM	0,356	0,356	0,356	0,356	

<sup>ab</sup> Letras minúsculas diferentes en la columna, muestran diferencias significativas (P < 0,05); <sup>ABC</sup> letras mayúsculas diferentes en la fila muestran diferencias significativas (P < 0,05).

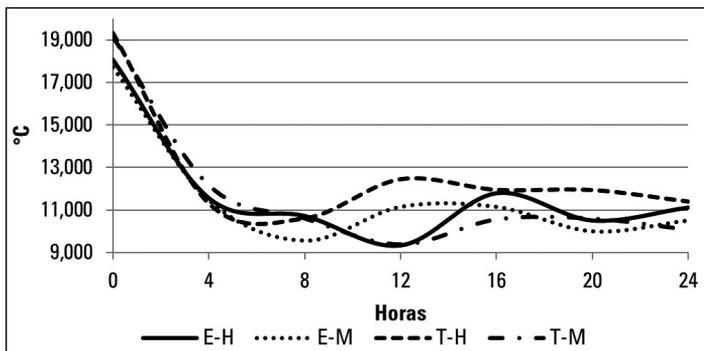


**FIGURA 5.** Curvas de CRA contra el tiempo (E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos).

**TABLA 6.** Valores de temperatura encontrados durante la maduración de carne de cuy bajo dos métodos de insensibilización.

Tiempo	Tradicional		Electronarcosis		EEM
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	
0	<sup>A</sup> 19,142 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 19,325 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 17,710 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 18,070 <sup>ab</sup>	0,156
4	<sup>B</sup> 12,167 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,308 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,480 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,560 <sup>a</sup>	0,156
8	<sup>C</sup> 10,608 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 10,608 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 9,560 <sup>a</sup>	<sup>BC</sup> 10,720 <sup>a</sup>	0,156
12	<sup>C</sup> 9,383 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 12,450 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,150 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 9,333 <sup>a</sup>	0,156
16	<sup>C</sup> 10,558 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,950 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,150 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,792 <sup>a</sup>	0,156
20	<sup>C</sup> 10,600 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,942 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 10,000 <sup>a</sup>	<sup>BC</sup> 10,508 <sup>a</sup>	0,156
24	<sup>C</sup> 10,075 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,400 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 10,508 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 11,117 <sup>a</sup>	0,156
EEM	0,213	0,213	0,213	0,213	

<sup>ab</sup> Letras minúsculas diferentes en la columna, muestran diferencias significativas ( $P < 0,05$ ); <sup>ABC</sup> letras mayúsculas diferentes en la fila muestran diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

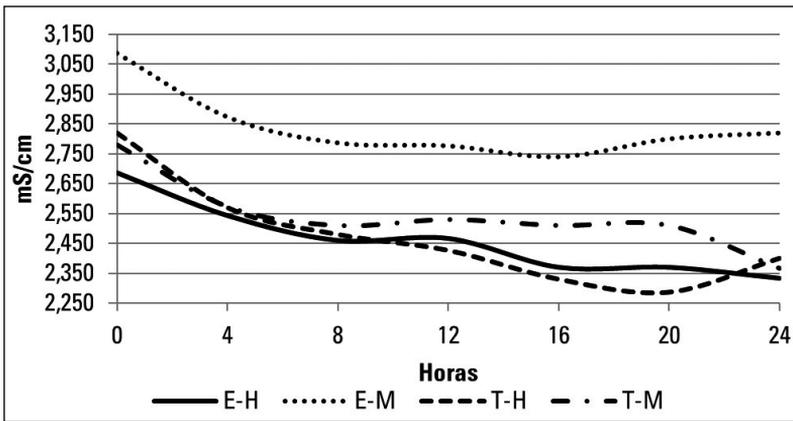


**FIGURA 6.** Curvas de temperatura contra el tiempo (E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electro-narcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos).

**TABLA 7.** Ecuaciones de regresión cúbica para la variable temperatura.

	P-value	r <sup>2</sup>	Ecuación
EH	0,031	0,8593	$y = 17,82352 - 1,89727x + 0,13951x^2 - 0,00303x^3$
EM	0,0402	0,8323	$y = 17,37676 - 1,83427x + 0,13982x^2 - 0,00317x^3$
TH	0,0505	0,8042	$y = 18,78155 - 2,20967x + 0,18160x^2 - 0,00430x^3$
TM	0,0025	0,9741	$y = 18,96948 - 2,11057x + 0,14993x^2 + -0,00323x^3$

EH: electronarcosis en hembras; EM: electronarcosis en machos; TH: desnucamiento en hembras; TM: desnucamiento en machos



**FIGURA 7.** Curvas de CE contra el tiempo (E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos).

**TABLA 8.** Comportamiento de la CE durante la maduración de carne de cuy bajo dos sistemas de insensibilización.

Tiempo	Tradicional		Electronarcosis		EEM
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	
0	A 11,6 <sup>ab</sup>	A 16,9 <sup>ab</sup>	A 22,25 <sup>a</sup>	A 14,70 <sup>b</sup>	0,09
4	A 9,7 <sup>b</sup>	A 13,2 <sup>ab</sup>	A 17,85 <sup>a</sup>	A 12,77 <sup>ab</sup>	0,09
8	A 8,9 <sup>b</sup>	A 12,0 <sup>ab</sup>	A 16,42 <sup>a</sup>	A 11,69 <sup>ab</sup>	0,09
12	A 9,2 <sup>b</sup>	B 11,3 <sup>ab</sup>	A 16,14 <sup>a</sup>	AB 10,54 <sup>ab</sup>	0,09
16	A 9,4 <sup>b</sup>	B 10,3 <sup>ab</sup>	B 15,53 <sup>a</sup>	B 9,64 <sup>b</sup>	0,09
20	A 9,6 <sup>b</sup>	B 9,9 <sup>b</sup>	B 15,78 <sup>a</sup>	AB 10,27 <sup>ab</sup>	0,09
24	A 9,5 <sup>b</sup>	B 10,7 <sup>b</sup>	B 14,63 <sup>a</sup>	B 9,22 <sup>b</sup>	0,09
EEM	0,08	0,08	0,08	0,08	

<sup>ab</sup> Letras minúsculas diferentes en la columna, muestran diferencias significativas (P < 0,05); <sup>ABC</sup> letras mayúsculas diferentes en la fila muestran diferencias significativas (P < 0,05).

**Conductibilidad eléctrica (CE).** La variable muestra un descenso hasta la hora 16 (Figura 7). Aunque los resultados estadísticos muestran que las diferencias se dan en distintos tiempos (Tabla 8). Para el caso de la comparación por sexo, se observa que los machos con electronarcosis presentaron valores más altos de CE durante la maduración en comparación con los machos por desnucamiento, aunque en algunos tiempos, la diferencia se observa también con las hembras. De igual manera, la regresión

cúbica modeló el comportamiento de la variable (Tabla 9).

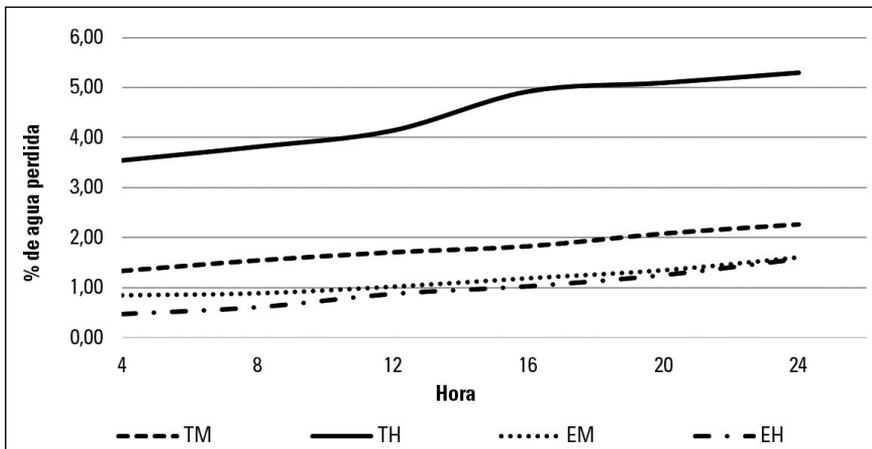
**Pérdidas de agua en refrigeración.** Las pérdidas durante la refrigeración muestran que el método tradicional con hembras mostró una menor pérdida, en comparación con los otros tratamientos (Figura 8).

**Correlación de las variables fisicoquímicas.** Se observa una alta correlación entre las variables acidez, temperatura y conductibilidad eléctrica, pero muy baja cuando se compara con la capacidad de retención de agua (Tabla 10).

**TABLA 9.** Ecuaciones de regresión cúbica para la variable CE.

	P-value	r <sup>2</sup>	Ecuación
E-H	0,0069	0,9487	$y = 14,73381 - 0,57908x + 0,02454x^2 - 0,00040365x^3$
E-M	0,0015	0,9817	$y = 22,13571 - 1,32463x + 0,09066x^2 - 0,00202x^3$
T-H	0,0069	0,9486	$y = 16,70786 - 0,87284x + 0,03820x^2 - 0,00052951x^3$
T-M	0,0028	0,9721	$y = 11,54524 - 0,64236x + 0,04928x^2 - 0,00109x^3$

E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos.



**FIGURA 8.** Pérdidas de agua en refrigeración durante la maduración de la carne (E-H: electronarcosis en hembras; E-M: electronarcosis en machos; T-H: desnucamiento en hembras; T-M: desnucamiento en machos).

**Determinación de antibióticos (sulfamidas).** Las pruebas resultaron negativas, demostrando que la carne evaluada no tenía residuos de antibióticos (Figura9), lo cual es un factor importante en la inocuidad de un producto.

**Características microbiológicas.** En las Tabla 11 y 12, se observan los resultados de las variables microbiológicas. Los valores reportados se encuentran dentro de la norma para este tipo de productos, garantizando un producto de buena calidad microbiológica.

**TABLA 10.** Coeficiente de correlación de Pearson de las variables fisicoquímicas.

Variable	pH	Acidez	CE
Acidez	-0,998 <sup>a</sup>		
CE	0,945 <sup>a</sup>	-0,939 <sup>a</sup>	
CRA	0,34	-0,213	-0,098

a: Coeficientes de correlación significativos (P < 0,05).



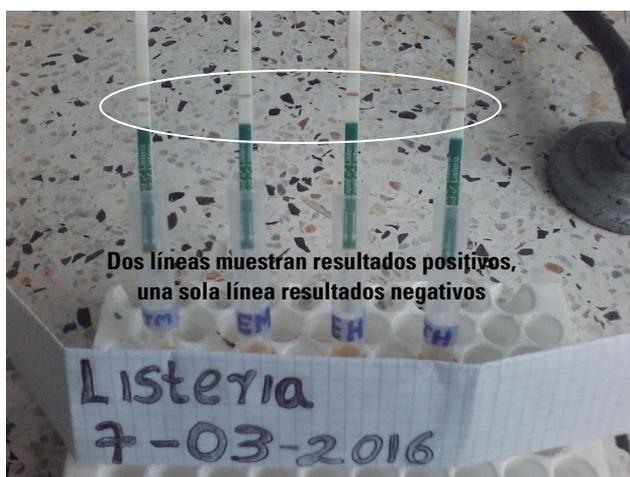
**FIGURA 9.** Determinación de antibióticos. El color morado indica resultados positivos, mientras que el color transparente verdoso señala resultados negativos.

**TABLA 11.** Resultados microbiológicos para la insensibilización por desnucamiento.

	Tradicional						Parámetro INVIMA para cárnicos crudos
	Machos			Hembras			
Tiempos de maduración	0	16	24	0	16	24	
Coliformes totales	< 3	23	43	9	43	9	
Coliformes fecales	< 3	6	21	9	23	9	120-1100
Esporas <i>Clostridium</i> sulfito	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	100-1000
<i>Staphylococcus</i> coagulasa	< 100	< 100	< 100	< 100	300	400	100-1000

**TABLA 12.** Resultados microbiológicos para la insensibilización por electronarcosis.

Tiempos de maduración	Electronarcosis						Parámetro INVIMA para cárnicos crudos
	Machos			Hembras			
	0	16	24	0	16	24	
Coliformes totales	< 3	23	43	23	9	21	
Coliformes fecales	< 3	9	9	4	4	< 3	120-1100
Esporas <i>Clostridium</i> sulfito	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	100-1000
<i>Staphylococcus</i> coagulasa +	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	100-1000



**FIGURA 10.** Resultados de *Listeria* sp. en hígado de cuy. Dos líneas muestran resultados positivos; una sola, resultados negativos.

*Listeria* sp. En la Figura 10 se observa que las tirillas muestran solo una línea roja, indicio de resultados negativos para *Listeria* sp. Este resultado se observó en todas las muestras evaluadas.

**DISCUSIÓN**

Los resultados mostraron que el pH en la carne de machos es menor al de las hembras durante el tiempo 0, resultados similares a los obtenidos por Mota-Rojas (2012) y Becerril-Herrera *et al.* (2010) quienes señalan que las hembras poseen una gran resistencia al estrés, que trae

como consecuencia un menor consumo de azúcar del músculo y un mayor pH al inicio de la maduración. Se observa descenso del pH muscular hasta la hora 16, lo que indica que en este punto se consume todo el glucógeno presente en el músculo.

No se observaron diferencias estadísticas entre los métodos de insensibilización; sin embargo, se hallaron diferencia numéricas, ya que los valores obtenidos con el método de desnucamiento muestran pH mayores al método de electronarcosis; al respecto Mota-Rojas *et al.* (2012) indican

que la electronarcosis acelera en algunas ocasiones el proceso de glucólisis en el músculo, haciendo que el pH descienda más rápidamente; sin embargo, los valores obtenidos para este método muestran que el descenso no es perjudicial para la calidad de la carne, ya que se encuentra valores cercanos a los reportados en otras especies (Weglarz 2010). Una caída del pH a valores de 5,4 durante los primeros 45 min en cerdos produce problemas de carnes PSE (Pálida, Suave y Exudativa) que afectan su calidad, valor que se encuentra por debajo de los encontrados a las 4 horas.

Se observó un incremento de la acidez hasta la hora 12, esta variable se encuentra relacionada de manera inversa con el pH. El descenso es resultado del consumo de glucógeno en los músculos; el proceso de glucólisis en condiciones anaerobias trae como subproducto ácido láctico, el cual se acumula en el músculo permitiendo el descenso del pH. Este descenso es importante, ya que inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos en la carne y mejora la calidad organoléptica del producto (Jayasena y Jo 2013). Los métodos de insensibilización mostraron un comportamiento similar en la variable, lo que indica que no existen diferencias entre métodos.

La CRA de la carne es variable durante el proceso de maduración; sin embargo, se observa un descenso cuando se compara la medición a la hora 0 con la hora 24, aunque las diferencias no sean significativas estadísticamente en algunos de los tratamientos; esto indica que existe una tendencia a la reducción de CRA en el proceso de maduración, como lo reportan Hughes *et al.* (2014). Por otra parte, se observa una menor CRA a las 24 h en las canales de machos con insensibilización tradicional, lo que disminuiría la calidad

de características organolépticas como la terneza y la jugosidad (Warner *et al.* 2014). La variabilidad en la CRA puede ser el resultado de la toma de muestra, ya que para la medición no se utilizó un solo músculo. Al respecto, Ceballos y Nuñez (2015) indican que se observan diferencias de CRA entre los músculos del cuy durante la maduración, factor que tuvo influencia sobre los resultados obtenidos. Mota-Rojas *et al.* (2012), al realizar la medición de la CRA después de 24 horas de refrigeración encontraron valores para macho y hembras insensibilizados por desnucamiento de 14,20 y 13,75, para machos y hembras con insensibilización eléctrica, valores de 11,35 y 12,75 respectivamente, encontrando diferencias significativas y observando un efecto combinado del sexo y método de aturdimiento.

Los valores encontrados para la CE son superiores a los reportados en otras especies; sin embargo, no existen reportes sobre esta variable en cuyes, lo que dificulta la comparación. Por otra parte, la medición se realizó por una metodología propia de los autores, lo que evidencia más la falta de información. Los resultados muestran que la conductibilidad disminuye con el tiempo de maduración; al respecto Swatland (1980) manifiesta que la temperatura disminuye la conductibilidad de la carne, factor que se observa en la presente investigación; sin embargo, en estudios más recientes se encuentra que la conductibilidad es inversamente proporcional al pH y por consiguiente contraria a lo observado (Jukna *et al.* 2012; Rybarczyk *et al.* 2014).

Los resultados de la correlación demuestran que el pH se encuentra altamente relacionado con la acidez y la conductibilidad eléctrica; la primera de manera inversa y la segunda de forma directa. Como se mencionó anteriormente,

el descenso del pH es producto de un incremento en la acidez de la carne, como consecuencias del consumo de glucosa en el músculo en condiciones anaerobias. Para el caso de la CE, los reportes en otras especies mencionan que debe ser inversa al pH, contrario a lo reportado en la presente investigación (González *et al.* 2007). En la literatura se reporta que la correlación entre CRA y pH es moderada y negativa, comportamiento no evidenciado en este estudio, debido posiblemente a una caída brusca de la temperatura, que tiene un efecto sobre la CRA. Este fenómeno, denominado 'acortamiento por frío', se produce cuando la carne se enfría rápidamente por debajo de los 10 °C, antes de la instauración del *rigor mortis*, debido a que el frío estimula una contracción muscular intensa (mayor que la del *rigor mortis*) dando como resultado un acortamiento del sarcómero e incrementando la dureza de la carne (Serrano *et al.* 2012).

En muchas sistemas de producción animal, la utilización indiscriminada de los antibióticos para el manejo de organismos patógenos traen como consecuencia trazas de este tipo de producto en la carne ofrecida (OIE 2004). Debido a esto, los gobiernos han regulado la utilización de estos productos a nivel productivo y pos-productivo. Junto a lo anterior, el exceso de uso de los antibióticos trae como consecuencia un aumento de la resistencia de los microorganismos patógenos, que conlleva un difícil manejo de las enfermedades producidas por estos. Los resultados demuestran que las carnes evaluadas se manejaron de forma adecuada en cuanto la utilización de este tipo de productos, factor que es indispensable para garantizar inocuidad en la carne ofrecida a los consumidores.

Los resultados microbiológicos muestran recuentos bajos de coliformes totales, ya que la norma reporta valores máximos de 120 UFC bacterias/g; esto demuestra la higiene en el proceso de sacrificio y maduración. Sin embargo, se observa que los animales con insensibilización tradicional presentaron mayores recuentos de estos microorganismos, lo que indica mayor susceptibilidad por parte de este tratamiento. Lo anterior puede evidenciar que las condiciones físico-químicas de la carne muestra diferencias entre tratamientos; aunque los resultados en estas variables fueran similares estadísticamente para el caso de coliformes fecales, se observa ausencia, por lo que el proceso de maduración se realiza en condiciones adecuadas, que no permitan la proliferación de estos microorganismos. Los resultados para la espora sulfito reductor fueron negativos, mostrando que ninguna de las canales tuvo presencia de *Clostridium* sp.; esta prueba es importante, ya que la bacteria produce un elevado porcentaje de toxii infecciones alimenticias en el mundo, afectando el sistema nervioso, produciendo náuseas y vómito, y en los casos más severos, parálisis muscular (Garza e Hidalgo 2015). De igual manera, las condiciones de maduración permitieron que este tipo de microorganismo no creciera, ya que la refrigeración y el descenso del pH evitan su proliferación.

Los resultados para listeria (*Listeria* sp.) indican que las canales tuvieron un adecuado manejo, evitando la contaminación con este patógeno. Este género bacteriano puede crecer en un amplio rango de temperatura y permanecer metabólicamente activo a -1,5°C (Garrec *et al.* 2003), lo que demuestra la importancia de su evaluación en este tipo de carnes. A nivel mundial, esta bacteria produce una de las enfermedades infecciosas más

importantes de transmisión por alimentos, ya que su tasa de mortalidad es alta (20 a 30%) acentuando su importancia en esta investigación (Castañeda-Ruedas *et al.* 2014).

A pesar de no observarse diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas, se debe resaltar que factores como el bienestar animal y la presentación de la canal, se ven afectados por el método de insensibilización, ya que en el primero, la persona encargada de realizar el desnucamiento debe tener un alto grado de experiencia para que los animales no sufran durante el proceso, ya que no se puede determinar la fuerza utilizada, lo que en algunos casos trae como consecuencia realizar el proceso más de una vez y de forma inadecuada. En cuanto a lo segundo, se observa que las canales por desnucamiento muestran hematomas a nivel del cuello que desmejoran la presentación de la canal, mostrando dificultades para su comercialización. Además, durante la evisceración de los animales, se observó el rompimiento de órganos internos como el estómago, lo que incrementa los niveles de contaminación de la canal cuando se utiliza el método tradicional (desnucamiento).

## CONCLUSIONES

Los mejores valores de pH, acidez y capacidad de retención de agua se observan a las 16 horas de maduración, lo que indican que este es el tiempo adecuado para la maduración de la carne de cuy. Sin embargo, no existen diferencias entre los métodos de insensibilización para las variables microbiológicas evaluadas, pero si se observaron mejorías en el bienestar animal y la presentación de la canal con el método de insensibilización por electronarcosis. Además, las correlaciones demostraron que existe una fuerte relación

entre las variables acidez, pH y conductividad eléctrica.

## REFERENCIAS

- Aliaga L, Moncayo R, Rico E, Caycedo A. 2009. Producción de cuyes. 1 ed. Perú: Fondo Editorial Universidad Católica Sedes Sapientiae - UCSS.
- Becerril-Herrera M, Alonso-Spilsbury M, Trujillo ME, Guerrero-Legarreta I, Ramírez-Necochea R, Roldan-Santiago P, Pérez-Sato M, Soní-Guillermo E, Mota-Rojas D. 2010. Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an abattoir. *Meat Science*. 86(4): 945-948. Doi: 10.1016/j.meatsci.2010.07.021.
- Blanchi G, Gariboto G, Forichi S, Zabala A, Benia P, Feed O, Franco J, Ballesteros F, Betancur O. 2006. Efecto del Sistema de refrigeración sobre la calidad de la carne de corderos pesados Dohne Merino X Corriedale. *Rev Arg de Prod An*. 26: 217-224.
- Castañeda-Ruedas G, Eslava-Campos C, Castro-del Campo N, León-Felix J, Chaidez-Quiroz C. 2014. Listeriosis en México: importancia clínica y epidemiológica. *Salud Públ Mex*. 56(6): 654-659.
- Ceballos L, Núñez D. 2015. Evaluación de la caída post-mortem del pH y normalización del análisis de calidad tecnológica de la carne de cuy [tesis de pregrado]. [Riobamba (EC)]: Universidad Nacional del Chimborazo.
- Garza L, Hidalgo J. 2015. Determinación de residuos antibióticos  $\beta$ -lactámicos y tetraciclinas en carne e hígado de bovinos faenados en el rastro municipal de Santa Ana, El Salvador [tesis de pregrado]. [El Salvador]: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad del Salvador.
- Garrec N, Picard-Bonnaud F, Pourcher AM. 2003. Occurrence of *Listeria* sp. and *L. monocytogenes* in sewage sludge used for land application: effect of dewatering, liming and storage in tank on survival of *Listeria* species. *FEMS Immunology Med Microbiol*. 35(3): 275-283. Doi: 10.1016/S0928-8244(02)00443-1.
- Gómez M, Gómez N. 2013. Evaluación de la calidad de carne de pollo (*Pectoralis major* y *Pectoralis minor*) que se expende en la ciudad de San Juan de Pasto (Nariño) [tesis de pregrado]. [Pasto (CO)]: Universidad de Nariño.

- González P, Camacho T, Alcalde MJ. 2007. Capacidad de retención de agua y pH de la carne de conejos de monte procedentes de caza Asociación Española de Cunicultura. En: Memorias II congreso Ibérico de Cunicultura; 2007 jun. 5-6; Vilareal (PT): Asociación Española de Cunicultura.
- Hughes JM, Oiseth SK, Purslow PP, Warner RD. 2014. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Sci.* 98(3): 520-532. Doi: 10.1016/j.meatsci.2014.05.022.
- Jayasena D, Jo C. 2013. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends Food Sci & Tec.* 34(2): 96-108. Doi: 10.1016/j.tifs.2013.09.002.
- Jukna V, Jukna Č, Pečiulaitienė N. 2012. Electrical conductivity of pig meat and its relation with quality. *Vet ir Zoot.* 57(79): 18-21.
- Mota-Rojas D, Trujillo-Ortega M, Becerril-Herrera M, Roldan-Santiago P, González-Lozano M, Guerrero-Legarreta I. 2012. Efecto del método de sacrificio sobre variables críticas sanguíneas y consecuencias sobre la bioquímica de la carne de cobayo (*Cavia porcellus*). *Rev Cient FCV-LUZ.* 22(1): 51-58.
- Mariño JC. 2010. Evaluación del efecto de diferentes descargas eléctricas (120, 130, 140 y 150 Voltios) en el aturdimiento de cuyes [tesis de pregrado]. [Riobamba (EC)]: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Nakandakari L, Gutiérrez E, Chauca L, Valencia R. 2014. Medición del pH intramuscular del cuy (*Cavia porcellus*) durante las 24 horas post beneficio tradicional. *Rev Salud Tecnol Vet.* 2: 99-105. Doi: 10.20453/stv.v2i2.2246.
- [OIE] Organización Mundial De Sanidad Animal. 2004. Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres (mamíferos, aves y abejas) [Internet]. Paris (FR): Organización Mundial De Sanidad Animal; [Citado 2016 jun. 18]. Disponible en: <http://www.oie.int/doc/ged/d6508.pdf>.
- Rybarczyk A, Drozd R, Karamucki T, Jakubowska M. 2014. The effect of rapid and conventional carcass chilling on pork quality with high intramuscular fat. *Res & Develop.* 4: 67-69.
- Serrano E, Humada J, Maestro G. 2012. Manejo pre y pos sacrificio influencia sobre la calidad de la carne de vacuna centro de investigación y formación agraria. Cantabria (ES): Consejería de Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural, Gobierno de Cantabria / Centro de Investigación y Formación Agrarias – CIFA.
- Swatland HJ. 1980. Anisotropy and post-mortem change in electrical capacitance and resistivity of skeletal muscle. *J of Anim Sci.* 50(1): 67-74.
- Warner RD, Kerr M, Kim HB, Geesink G. 2014. Pre-rigor carcass stretching counteracts the negative effects of high rigor temperature on tenderness and water-holding capacity- using lamb muscle as a model. *Anim Prod Sci.* 54: 494-503. Doi: 10.1071/AN13062.
- Weglarz A. 2010. Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. *Czech J Anim Sci.* 55(12): 548-556.
- Zumbado H. 2004. Análisis químico de los alimentos: Métodos clásicos. La Habana (CU): Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de la Habana.

### Article citation:

Jurado-Gómez HA, Cabrera-Lara EJ, Salazar Salazar JA. 2016. Comparación de dos tipos de sacrificio y diferentes tiempos de maduración sobre variables físico-químicas y microbiológicas de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). [Comparison of two types of sacrifice and different ripening times on physico-chemical and microbiological variables of guinea pig (*Cavia porcellus*) meat]. *Rev Med Vet Zoot.* 63(3): 201-217. Doi: 10.15446/rfmvz.v63n3.62741.