

# EFFECTO DEL MÉTODO DE ATURDIMIENTO EN EL PERFIL FISIOMETABÓLICO DE CERDOS SACRIFICADOS EN TRES DIFERENTES RASTROS

## EFFECT OF THE STUNNING METHOD ON THE PHYSIOMETABOLIC PROFILE OF HOGS SACRIFICED AT THREE DIFFERENT ABATTOIRS

Evangelina Aguilera-Arango<sup>1</sup>, Ramiro Ramirez-Necoechea<sup>2</sup>, Daniel Mota-Rojas<sup>2\*</sup>, Patricia Roldan-Santiago<sup>2</sup>  
Marcelino Becerril-Herrera<sup>3</sup> y María Alonso-Spilsbury<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Xochimilco. México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal. México. <sup>3</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. México.

\*Tel/Fax: (+5255) 5483-7535/ dmota100@yahoo.com.mx, dmota@correo.xoc.uam.mx.  
Calzada del Hueso 1100, Col, Villaquietud, CP 04960. México, D.F. México.

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del método de aturdimiento en el perfil fisiometabólico sanguíneo de cerdos al momento de su matanza. Se utilizaron 738 cerdos mestizos York-Landrace-Pietrain. Los cerdos evaluados procedieron de tres establecimientos diferentes: Rastro 1, cerdos sacrificados sin aturdimiento (R1, n=140); Rastro 2, cerdos aturdidos eléctricamente (R2, n=185) y Rastro 3, cerdos aturdidos con cámaras de CO<sub>2</sub> (R3, n=195). El día previo en que los cerdos fueron transportados a las plantas faenadoras, se tomaron muestras sanguíneas (n=221) las cuales fueron consideradas como valores de referencia. En los resultados, se observó un incremento significativo de los niveles de lactato sanguíneo (110,37 ± 2,72 mg/dL) en el grupo R1 comparados con los otros grupos (P ≤ 0,01). Por otro lado, se apreció una disminución de la concentración de oxígeno (26,72 ± 0,54) en los animales aturdidos eléctricamente (R2). Destaca un descenso significativo del pH en los cerdos aturdidos con CO<sub>2</sub> de 7,12 y un incremento de 43,9 mmHg en la pCO<sub>2</sub>, respecto a los cerdos aturdidos eléctricamente en R2 (P ≤ 0,01). En conclusión, los métodos de aturdimiento empleados en las plantas mexicanas como son el aturdimiento eléctrico y en cámaras de CO<sub>2</sub> tienen repercusiones importantes en el bienestar animal, debido al estrés que este les genera al momento del desangrado; no obstante, la falta de un método de aturdimiento genera mayores desbalances fisiológicos sanguíneos y severas alteraciones en el intercambio gaseoso.

**Palabras clave:** Aturdimiento; lactato; glucosa; bienestar.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of stunning method on the physiometabolic profile in hogs during their killing. A total of 738 York-Landrace-Pietrain crossbreed pigs were used. The pigs were taken from three different establishments: Abattoir 1, pigs sacrificed without stunning (R1, n=140); Abattoir 2, pigs stunned using electrical stunning (R2, n=185); and Abattoir 3, hogs stunned in a CO<sub>2</sub> chamber (R3, n=195). On the day prior to transport, blood samples (n=221) to determine basal values were taken. In the results, a significant increase in blood lactate levels (110.37 ± 2.72 mg / dL) was observed in the R1 group, as compared with the other 2 groups (P ≤ 0.01). On the other hand, the electrically stunned group of hogs (R2) showed reduced oxygen concentration (26.72 ± 0.54). Likewise, the blood pH of the R3 pigs decreased below 7.12 and the BCO<sub>2</sub> increased (43.9 mmHg), when compared to R2 (P ≤ 0.01). In conclusion, the stunning methods used in Mexican abattoirs like electrical stunning and CO<sub>2</sub> chamber, have negative consequences on animal welfare, due to stress at bleeding; nevertheless, the lack of a stunning method generates greater blood physiological imbalances and severe gas exchange alterations.

**Key words:** Stunning; lactate; glucose; animal welfare.

## INTRODUCCIÓN

El estrés que cursan los cerdos principalmente durante su matanza se puede medir y supervisar en términos de alteraciones fisiológicas, metabólicas y de comportamiento, las cuales pueden ser indicativas de su estado de bienestar [12, 13, 19, 23, 27]. En la actualidad, justo al momento de la matanza, los cerdos (*Sus scrofa*) cursan estrés severo por implementación de un inadecuado método de aturdimiento provocando que muchos de ellos retornen a la conciencia, lo cual es indicativo de un pobre bienestar animal (BA), [31]. Por ello, dentro de esta etapa *ante-mortem*, la implementación de un adecuado y correcto método de aturdimiento tiene mucha importancia desde el punto de BA con el objetivo disminuir el grado de estrés y dolor innecesarios para los animales al momento de la exanguinación [6, 8, 9]. Para tal fin, los métodos más utilizados para la insensibilización de cerdos son la cámara de CO<sub>2</sub> y el aturdimiento eléctrico, los cuales aún presentan controversias sobre cuál es el más apropiado [3, 5, 11, 14]. Al respecto, se han realizado diferentes estudios utilizando diversos biomarcadores sanguíneos como lactato, glucosa, calcio (Ca<sup>++</sup>) y hematocrito, para evaluar el grado de estrés en diferentes etapas *ante-mortem* en los cerdos [2-4, 10, 15, 26, 28, 32]. Sin embargo, aún se desconoce con precisión cuáles son los cambios fisiológicos y metabólicos que experimentan los cerdos durante su aturdimiento dentro de cada tipo de rastro en México, ya que en cada uno se implementa un método de aturdimiento diferente o en su defecto sólo se realiza la exanguinación [25]. En este sentido, es importante mencionar que en México los rastros se clasifican en Particulares, Municipales y Federales, regulados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) [18, 20]. No obstante, a pesar de estas regulaciones, aún hay condiciones sanitarias y de infraestructura deficientes en varios rastros en donde no se promueve el BA; regularmente hay errores en el diseño de las instalaciones a pesar de incluir equipos modernos, así como también deficiencias en las Buenas Prácticas de Manejo y falta de estrategias tendientes a evitar el sufrimiento de los animales [9]. Por lo anterior es importante realizar estudios de BA que fundamenten y fortalezcan la Normatividad Mexicana. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del método de aturdimiento sobre el perfil fisiometabólico sanguíneo en cerdos faenados en tres distintos rastros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y condiciones *ante-mortem*

El estudio se realizó en tres diferentes establecimientos de sacrificio, ubicados en la región central de México. Comprendió la evaluación de los perfiles fisiometabólicos sanguíneos de 741 cerdos mestizos York-Landrace-Pietrain. El día (d) previo a salir de la granja para ser transportados, se muestrearon de forma aleatoria 221 cerdos finalizados, con 161 ± 3,5 d de edad

promedio, a los cuales se les tomó muestras sanguíneas para su análisis las cuales se consideraron como muestras de referencia. Los cerdos que arribaron a los tres rastros (R) o establecimientos de sacrificio (R<sub>1</sub> n= 140, R<sub>2</sub> n= 185, R<sub>3</sub> n= 195) provenían de la misma granja comercial de alta tecnología y tenían 23 semanas de edad. Los periodos de transporte fueron de 360; 345 y 330 minutos (min) para R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>, respectivamente. Los kilómetros recorridos fueron de 480; 460 y 440 km, respectivamente. Los tres viajes de cerdos salieron a las 17:00 con una humedad relativa (HR) de 60% y una temperatura ambiente (TA) de 21 °C. Los cerdos para los tres grupos tenían un periodo de ayuno en alimento de cinco horas (h) previas al viaje. Los cerdos arribaron a los tres rastros a las 23:00; 22:45 y 22:30 para los rastros 1, 2 y 3, respectivamente. La TA al arribo fue de 18 °C y 60% de HR. El manejo durante el descenso de los cerdos fue tranquilo, sin gritos, ni golpes y sin el uso del acarreador eléctrico. La duración del descenso de los cerdos de los R 1, 2 y 3 fueron 65; 58 y 63 min, respectivamente.

Los cerdos que arribaron a los tres rastros fueron llevados inmediatamente a los corrales de descanso, provistos de piso de cemento, techo, acceso solo a agua y alojados en un espacio vital de 1 m<sup>2</sup>/cerdo. Todos los cerdos permanecieron en los corrales *ante-mortem* por un periodo de 12 h, como lo indica la NOM Nom-009-Zoo [16] y posteriormente fueron sacrificados según la rutina de cada rastro y que se describe a continuación.

### Etapas de observación

La primera etapa se llevó a cabo en el R 1, en el cual se utilizaron 140 cerdos híbridos, los cuales se sacrificaron por medio de punción cardiaca sin ningún método de aturdimiento por ser así el procedimiento rutinario del R. La segunda etapa se llevó a cabo en las instalaciones del segundo R, del cual se muestrearon 185 cerdos, que se aturdieron por medio de electrocución con un equipo marca Mecanova modelo AISI, EUA. Se utilizó un impulso eléctrico de 250 mA con un voltaje de 400V por 2 s el cual se aplicó con unas pinzas que se colocaron a través de la cabeza cuando el animal se encontraba completamente inmovilizado en el "restrainer" que es un equipo que transporta en una banda a los animales desde el pasillo de aturdimiento hasta la sección distal que es donde se da el aturdimiento. La tercera etapa se realizó en el R<sub>3</sub>, en donde se muestrearon 195 cerdos, los cuales se aturdieron en una cámara de CO<sub>2</sub> modelo Combi (Butina 44, aire 89 L/min, peso: 3 toneladas, capacidad: 80 a 480 cerdos por hora, 2 cerdos por cada jaula, Holbaek, Dinamarca), los cerdos fueron introducidos en una cámara con un 90% de CO<sub>2</sub> atmosférico por 60 s en un sistema de canastillas de inmersión. Finalmente, la causa de muerte en los tres rastros fue provocada por la exanguinación mediante corte de los grandes vasos del cuello.

### Mediciones *post-mortem*

**Temperatura corporal:** Se midió la temperatura corporal por individuo al momento de la exanguinación, a través del termómetro óptico (ThermoScan Braun, Kronberg, Alemania) de acuerdo a la metodología empleada previamente [23].

**Toma de muestras sanguíneas:** Las muestras se colectaron durante los primeros 10 s del sangrado, con tubos capilares especiales para gasometría que contienen heparina de litio (heparinizados) para su inmediato análisis.

**Medición del perfil energético, desequilibrio ácido básico y gasometría sanguínea:** El perfil fisiometabólico se realizó utilizando un equipo de gasometría de tercera generación (GEM Premier 3000 de Instrumentation Laboratory Diagnostics, EUA-Italia), el cual permite medir simultáneamente  $pCO_2$  (mmHg),  $pO_2$  (mmHg),  $Na^{2+}$  (mmol/L),  $K^{+}$  (mmol/L),  $Ca^{++}$  (mmol/L), lactato (mg/dL), glucosa (mg/dL), hematocrito (%) y pH sanguíneo.

### Análisis estadísticos

Se realizaron pruebas de normalidad para todas las variables fisiometabólicas en estudio, con la finalidad de que los datos siguieran una distribución normal, una media nula y una desviación típica ( $\alpha$ ). Todos los datos siguieron una distribución normal. Sólo el pH no se distribuyó normalmente, por lo que fue transformado y analizado de manera independiente con una prueba de *Kruskal-Wallis* para comparar las medias de  $\alpha = 0,05$ . Posteriormente, para evaluar el efecto de las variables fisiometabólicas entre los diferentes métodos de aturdimiento se realizó un análisis de varianza para un modelo lineal general (PROC GLM, SAS 9.0, 2004) [24] seguido de ello, para determinar la existencia de diferencias estadísticas en las medias de los tratamientos en las variables evaluadas se utilizó la prueba Tukey ( $P < 0,05$ ) de comparación múltiple de medias bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = m + i_i + \xi_{ij}$$

$i = 1, 2 \dots$ tratamiento

$j = 1, 2, 3 \dots$ repeticiones

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$m$  = Media general

$i_i$  = Efecto del tratamiento

$\xi_{ij}$  = Error aleatorio

Adicionalmente se realizaron correlaciones de Pearson entre las diferentes variables fisiometabólicas dentro de cada grupo utilizando un análisis de regresión lineal simple (SAS v. 9.0, 2004) [24].

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las variables fisiometabólicas evaluadas en cerdos sacrificados en los tres diferentes rastros se muestran en la TABLA I. Se apreció que los cerdos sacrificados sin ningún método de aturdimiento ( $R_1$ ) incrementaron sus niveles sanguíneos de glucosa, lactato, sodio, potasio, calcio, concentraciones de  $pO_2$  y porcentaje de hematocrito comparado con los valores de referencia. Cuando los cerdos fueron aturridos eléctricamente ( $R_2$ ) se observó un incremento en los niveles de glucosa, lactato, potasio, sodio, calcio y hematocrito, y por el contrario, una disminución de la  $pO_2$  comparado con los valores de referencia. El grupo de cerdos aturridos con  $CO_2$  ( $R_3$ ) presentó un incremento de la  $pCO_2$ , sodio, potasio, calcio, glucosa, lactato y hematocrito, y una disminución de la  $pO_2$  y pH sanguíneos comparados con los valores de referencia. Por otro lado, al comparar las variables fisiometabólicas sanguíneas entre cerdos de los tres diferentes rastros, se observó un incremento significativo de los niveles de lactato sanguíneo ( $110,37 \pm 2,72$  mg/dL) en el grupo  $R_1$  comparados con el resto de los grupos; sin embargo, la  $pCO_2$  no se incrementó y el pH sanguíneo, aunque descendió, se mantuvo estable en 7,3. Dichos resultados detectados en el estudio concuerdan con Hambrech y col. [10] quienes reportaron altos niveles de lactato sanguíneo en cerdos por efecto de diferentes factores estresantes previo al sacrificio, en dos diferentes establecimientos de sacrificio (249,55 mg/dL y 191,89 mg/dL, respectivamente), asimismo Becerril-Herrera y col. [3] detectaron altos niveles de lactato sanguíneo en cerdos aturridos con diferentes métodos y mencionan que la lactoacidemia es un indicador de estrés resultado de la producción rápida de energía por un metabolismo anaerobio o una acidosis láctica por la acción de catecolaminas. Además, esto puede ser atribuido a una ruptura de las fibras de colágeno como resultado de un esfuerzo extremo o la rápida glucogenolisis debida al miedo o a la excitación [3, 13, 21, 32]. Así, la presión parcial de  $CO_2$  baja ( $42,98 \pm 0,98$  mmHg) en comparación al grupo de referencia ( $58,16 \pm 0,34$  mmHg) que se presentó en este grupo de cerdos no aturridos pudiera relacionarse con una acidosis respiratoria o metabólica caracterizada por un descenso en el pH y en la concentración de  $HCO_3^-$  acompañada por una hiperventilación compensadora que se traduce en la caída de  $pCO_2$  indicando un proceso de estrés agudo, para restablecer las pérdidas en el balance ácido-base [15, 22]. Por otro lado, se apreció una disminución de la concentración de oxígeno ( $26,72 \pm 0,54$ ) en los animales aturridos eléctricamente ( $R_2$ ). Cuando se contrastan las variables en los cerdos de  $R_2$  y  $R_3$  se destaca un descenso significativo del pH en los cerdos aturridos con  $CO_2$  hasta 7,12 y un incremento de hasta 43,9 mmHg en la  $pCO_2$ , respecto a los cerdos aturridos eléctricamente en  $R_2$ . Aunado a ello, se conoce que la medición de diferentes variables en la sangre asociadas al estrés, como el cortisol, el lactato, la glucosa,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^+$  y proteínas, determinan el efecto del aturdimiento alcanzado en la fisiología de los animales y por lo tanto su bienestar [2, 3, 10, 23]. En este sentido, la hipocapnia significativa ( $P \leq 0,01$ ) que experimentaron los cerdos aturridos eléctricamente pudiera

relacionarse también con una acidosis respiratoria acompañada por una hiperventilación compensatoria sin que los niveles de oxígeno alcancen a cubrir los requerimientos para el aumento del metabolismo basal provocado por el estrés, induciendo una hipoxia ( $26,73 \pm 0,51$  mm Hg) a pesar de la hiperventilación. Se ha descrito que los 5 min previos al sacrificio tienen un impacto importante en la calidad de la carne, ya que si el manejo *ante-mortem* es estresante, incluyendo el aturdimiento y desangrado, [10] se incrementa la presencia de la miopatía pálida, suave y exudativa (PSE) aún en cerdos resistentes al estrés [1]. Esta estimulación muscular provocada por el aturdimiento eléctrico es causa principal de un aumento en la velocidad de la glucólisis una vez que el animal es sacrificado. Este proceso produce un descenso anormal de pH muscular, favoreciendo la desnaturalización de proteínas, reduciendo la capacidad de retención de agua y aumentando la palidez de la carne (PSE) [10]. Sin embargo, en un estrés prolongado (transportes de 16 a 24 h de duración, o ayunos de más de 12 hrs) los niveles de cortisol y lactato aumentan produciendo carne oscura, firme y seca (DFD) [10, 26]. Adicionalmente, en la TABLA II se observó un incremento significativo en la variable  $K^+$  de 5 mmol/L cuando se compara  $R_2$  con  $R_3$  ( $P < 0,001$ ). Asimismo, en las correlaciones que hay entre las variables fisiometabólicas de los cerdos que fueron sacrificados sin ningún método de aturdimiento, se apreció que la variable independiente lactato establece una correlación

positiva con  $Na^{2+}$ , glucosa y  $K^+$ , lo cual indica que a medida que el lactato aumenta, provoca modificaciones con el equilibrio mineral, alterando las concentraciones de  $Na^+$ , glucosa y  $K^+$  que también incrementan. Asimismo, se aprecia una correlación negativa entre el lactato y el pH, lo que indica que a medida que el lactato aumenta, el pH tiende a descender. Estos cambios pudieran estar relacionados con la acidosis metabólica provocada por el metabolismo anaerobio y la correlación de la concentración de cationes ( $Na^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^+$ ) lo que confirmaría que esta reacción del organismo es una respuesta al estrés y la agonía al momento del sacrificio [3, 13]. Por otro lado, los cerdos aturdidos en cámaras de  $CO_2$  ( $R_3$ ) mostraron acidosis, hipercapnia, hiperglucemia, hiperpotasemia, y un elevado porcentaje de hematocrito, posiblemente debido a una acidosis respiratoria causada por una hipoventilación alveolar por el poco suministro de oxígeno (hipoxia) y el aumento en la concentración de  $CO_2$  en la cámara (70% de concentración), lo que estimula la frecuencia respiratoria y puede conducir a insuficiencia respiratoria [21, 30]. Además, en la cámara de  $CO_2$  aumenta el metabolismo oxidativo anaerobio al haber poco oxígeno aumentando así los niveles de glucosa en el torrente sanguíneo y provocando aumento del flujo intracelular de iones  $K^+$  por iones de hidrógeno, originando la acidosis metabólica [3].

**TABLA I**  
**VARIABLES SANGUÍNEAS DEL METABOLISMO ENERGÉTICO, EQUILIBRIO ÁCIDO - BASE Y GASES SANGUÍNEOS AL DESANGRADO, EN CERDOS ATURDIDOS POR DOS DIFERENTES MÉTODOS Y SIN ATURDIMIENTO**

Variables	Niveles de referencia n=221	$R_1$	$R_2$	$R_3$	Valor de P
		Sin aturdimiento n=140	Aturdimiento eléctrico n=185	Aturdimiento con $CO_2$ n=195	
	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE	
Temperatura ( $^{\circ}C$ )	38,37 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	38,48 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	38,09 $\pm$ 0,12 <sup>bc</sup>	37,91 $\pm$ 0,10 <sup>c</sup>	0,0061
pH*	7,45 $\pm$ 0,42 <sup>a</sup>	7,30 $\pm$ 0,57 <sup>b</sup>	7,29 $\pm$ 0,79 <sup>b</sup>	7,12 $\pm$ 0,77 <sup>c</sup>	<0,001
PCO <sub>2</sub> (mmHg)	58,16 $\pm$ 0,34 <sup>b</sup>	42,98 $\pm$ 0,98 <sup>d</sup>	53,70 $\pm$ 0,74 <sup>c</sup>	97,65 $\pm$ 0,95 <sup>a</sup>	<0,001
pO <sub>2</sub> (mmHg)	32,05 $\pm$ 0,51 <sup>b</sup>	36,66 $\pm$ 1,28 <sup>a</sup>	26,73 $\pm$ 0,51 <sup>c</sup>	28,39 $\pm$ 0,66 <sup>c</sup>	0,0047
Na <sup>2+</sup> (mmol/L)	141,59 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>	146,75 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	145,82 $\pm$ 0,34 <sup>a</sup>	141,46 $\pm$ 0,76 <sup>b</sup>	<0,001
K <sup>+</sup> (mmol/L)	5,43 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>	6,02 $\pm$ 0,10 <sup>c</sup>	9,00 $\pm$ 0,19 <sup>b</sup>	13,68 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	<0,001
Ca <sup>++</sup> (mmol/L)	1,26 $\pm$ 0,005 <sup>b</sup>	1,34 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	1,36 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	1,36 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,0254
Glucosa (mg/dL)	76,99 $\pm$ 0,46 <sup>d</sup>	119,93 $\pm$ 3,43 <sup>b</sup>	108,43 $\pm$ 3,56 <sup>c</sup>	148,46 $\pm$ 3,38 <sup>a</sup>	<0,001
Lactato (mg/dL)	33,36 $\pm$ 0,45 <sup>d</sup>	110,37 $\pm$ 2,72 <sup>a</sup>	63,58 $\pm$ 2,43 <sup>c</sup>	78,55 $\pm$ 2,31 <sup>b</sup>	<0,001
Hematocrito (%)	30,30 $\pm$ 0,31 <sup>d</sup>	45,87 $\pm$ 0,52 <sup>c</sup>	47,88 $\pm$ 0,37 <sup>b</sup>	50,62 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	<0,001

a,b,c,d Literales diferentes en la misma fila, señalan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ). \*Analizada con Kruskal – Wallis ( $P < 0,01$ ) y expresada como mediana  $\pm$  rango. E E = Error estándar de la media.

**TABLA II**  
**VARIABLES FISIOMETABÓLICAS SANGUÍNEAS CORRELACIONADAS SIGNIFICATIVAMENTE EN 140 CERDOS SACRIFICADOS SIN PREVIO ATURDIMIENTO (R1)**

Variable dependiente (y)	Variable independiente (x)	Ecuación lineal (y = b + mx)		R	Valor de F y P
		b ± E E	m ± E E		
Lactato (mg/dL)	Na <sup>+</sup> (mmol/L)	-620,50 ± 99,68	4,94 ± 0,67	0,60	52,97; <,0001
	Glucosa (mg/dL)	78,77 ± 8,03	0,26 ± 0,06	0,34	17,23; <,0001
	pH	501,12 ± 105,43	-53,74 ± 14,49	-0,31	13,74; 0,0003
	K <sup>+</sup> (mmol/kg)	65,84 ± 13,13	7,38 ± 2,13	0,29	11,98; 0,0007

Las variables independientes fueron enumeradas según el coeficiente de correlación (valor de R). Los valores de F y el P observados en la tabla provienen del análisis de varianza del análisis de la regresión lineal. Los parámetros b y m en la ecuación lineal se observan con su correspondiente error estándar de la media (EE).

En la TABLA III se muestra una correlación entre las variables fisiometabólicas en cerdos aturridos eléctricamente, el hematocrito se manifiesta como la variable independiente y se correlaciona negativamente con Na<sup>+</sup>, glucosa, K<sup>+</sup> y pH, mientras el hematocrito aumenta, el Na<sup>2+</sup>, la glucosa, el K<sup>+</sup> y pH disminuyen. En este sentido, las correlaciones entre estas variables podrían estar relacionadas a una hemoconcentración por deshidratación en el manejo *ante-mortem*, elevando los niveles de sodio por pérdida de agua, debida a la restricción de la misma, vómitos, diarreas u orina [3, 15]. En estudios realizados por Werner y Gallo [32] encontraron que el aumento de hematocrito fue causado probablemente por la concentración de glóbulos rojos de la sangre debido a la contracción del bazo,

inducida por la actividad nerviosa simpática o por la acción de las catecolaminas circulantes debido a factores de estrés. En la TABLA IV se presentan las variables relacionadas con la actividad fisiometabólica de los cerdos aturridos en cámaras de CO<sub>2</sub>, aquí la variable independiente es pO<sub>2</sub> y se correlaciona negativamente con pCO<sub>2</sub>, Ca<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup>, pero positivamente con el lactato. Por lo tanto mientras pO<sub>2</sub> aumenta el lactato también aumenta, pero de forma contraria el pCO<sub>2</sub>, el Ca<sup>2+</sup> y el K<sup>+</sup> disminuyen. Aunado a ello, Becerril-Herrera y col. [3] mencionan que los animales aturridos en cámaras de CO<sub>2</sub> experimentaban mayores alteraciones fisiológicas como acidosis metabólica y respiratoria, en comparación con animales aturridos por electrocución.

**TABLA III**  
**VARIABLES FISIOMETABÓLICAS CORRELACIONADAS SIGNIFICATIVAMENTE EN 185 CERDOS ATURRIDOS ELÉCTRICAMENTE (R2).**

Variable dependiente (y)	Variable independiente (x)	Ecuación lineal (y = b + mx)		R	Valor de F y P
		b ± E E	m ± E E		
Hematocrito (%)	pH	108,41 ± 17,33	-8,30 ± 2,37	-0,25	12,20; 0,0006
	Lactato (mg/dL)	49,70 ± 0,81	-0,02 ± 0,01	-0,18	6,37; 0,0125
	Na <sup>+</sup> (mmol/L)	75,36 ± 11,65	-0,18 ± 0,07	-0,17	5,56; 0,0194
	Glucosa (mg/dL)	49,59 ± 0,92	-0,01 ± 0,007	-0,14	4,07; 0,0450

Las variables independientes fueron enumeradas según el coeficiente de correlación (valor de R). Los valores de F y el P observados en la tabla provienen del análisis de varianza del análisis de la regresión lineal. Los parámetros b y m en la ecuación lineal se observan con su correspondiente error estándar de la media (EEM).



**TABLA IV**  
**VARIABLES FISIOMETABÓLICAS CORRELACIONADAS SIGNIFICATIVAMENTE EN 195 ANIMALES ATURRIDOS EN CÁMARAS DE CO<sub>2</sub> (R3)**

Variable dependiente (y)	Variable independiente (x)	Ecuación lineal (y = b + mx)		R	Valor de F y P
		b ± E E	m ± E E		
pO <sub>2</sub> (mmHg)	pCO <sub>2</sub> (mmHg)	65,12 ± 4,37	-0,37 ± 0,04	-0,53	72,12; <0,0001
	Ca <sup>2+</sup> (mmol/L)	66,03 ± 5,26	-27,61 ± 3,84	-0,46	51,50; <0,0001
	Lactato (mg/dL)	20,15 ± 1,68	0,10 ± 0,01	0,36	28,30; <0,0001
	Na <sup>+</sup> (mmol/L)	56,06 ± 8,90	-0,19 ± 0,06	-0,22	9,79; 0,0020

Las variables independientes fueron enumeradas según el coeficiente de correlación (valor de R). Los valores de F y el P observados en la tabla provienen del análisis de varianza del análisis de la regresión lineal. Los parámetros b y m en la ecuación lineal se observan con su correspondiente error estándar de la media (EEM).

Así, de acuerdo a los resultados observados, algunos autores mencionan que es inadmisibles que sigan existiendo plantas que faenen a los animales sin ser aturridos, lo cual además de afectar su bienestar, repercute sobre la calidad de la carne que se consume [3, 7, 10, 29]. Los resultados del presente estudio pueden ayudar a promover el BA, tanto en México, para que las autoridades puedan regularse apropiadamente, según las características de nuestra producción y ganado existente en él, como también en los países latinoamericanos que puedan tener las mismas condiciones de producción.

### CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los métodos de aturdimiento de cerdos empleados en las plantas mexicanas como son el aturdimiento eléctrico y en cámaras de CO<sub>2</sub> tienen repercusiones importantes en el BA, debido al estrés que éste les genera al momento del sacrificio, el cual se ve reflejado en los diferentes cambios fisiológicos y metabólicos encontrados en el presente estudio. No obstante, la falta de un método de aturdimiento, genera mayores desbalances ácido-base, metabólicos, hidroelectrolíticos, y respiratorios, en comparación con los cerdos que fueron aturridos bajo alguno de los dos métodos utilizados. Por lo anterior, aunque en la actualidad sea inadmisibles que exista la muerte sin previo aturdimiento principalmente por el sufrimiento que experimentan los cerdos al momento del degüello, es necesario seguir evaluando la efectividad de los diferentes métodos de aturdimiento, ya que de varias maneras afectan el BA, ya sea por el tiempo de exposición y concentración al gas, voltaje, mala aplicación de los electrodos o instalaciones inadecuadas.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALARCÓN-ROJO, A.; GAMBOA-ALVARADO, J.G.; RODRÍGUEZ-ALMEIDA, F.A.; GRADO-AHUIR, A.; JANACUA-VIDALES, H. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. **Téc. Pec. Méx.** 44:53-66. 2006.
- [2] AMTMANN, V.A.; GALLO, C.; VAN SCHAİK, G.; TADICH, N. Relationships between ante-mortem handling, blood based stress indicators and carcass pH in steers. **Arch. Med.Vet.** 38:259-264. 2006.
- [3] BECERRIL-HERRERA, M.; ALONSO-SPILSBURY, M.; LEMUS-FLORES, C.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; OLMOS-HERNANDEZ, A.; RAMIREZ-NECOECHEA, R.; MOTA-ROJAS, D. CO<sub>2</sub> stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. **Meat Sci.** 81:233-237. 2009.
- [4] BECERRIL-HERRERA, M.; ALONSO-SPILSBURY, M.; TRUJILLO-ORTEGA, M.E.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; RAMIREZ-NECOECHEA, R.; ROLDAN-SANTIAGO, P.; PEREZ-SATO, M.; SONI-GUILLERMO, E.; MOTA-ROJAS, D. Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an Abattoir. **Meat Sci.** 86:945-948. 2010.
- [5] BOLANOS-LOPEZ, D.; MOTA-ROJAS, D.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; FLORES-PEINADO, S.; MORA-MEDINA, P.; ROLDAN-SANTIAGO, P.; BORDERAS-TORDESILLAS, F.; GARCIA-HERRERA, R.; TRUJILLO-ORTEGA, M.; RAMIREZ-NECOECHEA, R. Recovery of consciousness in hogs stunned with CO<sub>2</sub>: Physiological responses. **Meat Sci.** 98:193-197. 2014.

- [6] CARAVES, M.; GALLO, C. Characterization and evaluation of the stunning systems used for horses in Chile. **Arch. Med. Vet.** 39:105-113. 2007.
- [7] CARTER, L.; GALLO, C. Efecto del transporte prolongado por vía terrestre y cruce marítimo en transbordador sobre pérdidas de peso vivo y características de la canal en corderos. **Arch. Med. Vet.** 40:259-266. 2008.
- [8] GALLO, C.; TEUBER, C.; CARTES, M.; URIBE, H.; GRANDIN, T. Improvements in stunning of cattle with a pneumatic stunner after changes in equipment and employee training. **Arch. Med. Vet.** 35:159-170. 2003.
- [9] GALLO, C. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. **Vet Ital.** 44:113-120. 2008.
- [10] HAMBRECHT, E.; EISSEN, J.J.; NOOIJEN, R.I.J.; DUCRO, B.J.; SMITS, C.H.M.; DEN HARTOG, L.A.; VERSTEGEN, M.W.A. Preslaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. **J. Anim. Sci.** 82:1401-1409. 2004.
- [11] MOTA-ROJAS, D.; BECERRIL-HERRERA, M.; LEMUS, C.; SANCHEZ, P.; GONZALEZ, M.; OLMOS, S.A.; RAMIREZ, R.; ALONSO-SPILSBURY, M. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. **Meat Sci.** 73:404-412. 2006.
- [12] MOTA-ROJAS, D.; BECERRIL-HERRERA, M.; TRUJILLO-ORTEGA, M.E.; ALONSO-SPILSBURY, M.; FLORES-PEINADO, S.C.; GUERRERO-LEGARRETA, I. Effects of Pre-Slaughter Transport, Lairage and Sex on Pig Chemical Serologic Profiles. **J. Anim. Vet. Adv.** 8:246-250. 2009.
- [13] MOTA-ROJAS, D.; BECERRIL-HERRERA, M.; TRUJILLO-ORTEGA, M.E.; ALONSO-SPILSBURY, M.; FLORES-PEINADO, S.C.; GUERRERO-LEGARRETA, I. Effects of Pre-Slaughter Transport, Lairage and Sex on Pig Chemical Serologic Profiles. **J. Anim. Vet. Adv.** 8:246-250. 2009.
- [14] MOTA-ROJAS, D.; BOLAÑOS-LOPEZ, D.; CONCEPCION-MENDEZ, M.; RAMIREZ-TELLES, J.; ROLDAN-SANTIAGO, P.; FLORES-PEINADO, S.; MORA-MEDINA, P. Stunning Swine with CO2 Gas: Controversies Related to Animal Welfare. **Internat. J. Pharmacol.** 8:141-151. 2012.
- [15] MOTA-ROJAS, D.; BECERRIL-HERRERA, M.; ROLDAN-SANTIAGO, P.; ALONSO-SPILSBURY, M.; FLORES-PEINADO, S.; RAMÍREZ-NECOECHEA, R.; RAMÍREZ-TELLES, J.A.; MORA-MEDINA, P.; PÉREZ, M.; MOLINA, E.; SONÍ, E.; TRUJILLO-ORTEGA, M.E. Effects of long distance transportation and CO2 stunning on critical blood values in pigs. **Meat Sci.** 90:893-898. 2012.
- [16] SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASICA). **Norma Oficial Mexicana, NOM-009-ZOO-1994, Proceso Sanitario de la carne.** México. 13 pp. 1994.
- [17] SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASICA). **Norma Oficial Mexicana, NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.** México. 13 pp. 1995.
- [18] SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASICA). **Norma Oficial Mexicana, NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales.** México. 23 pp. 1995.
- [19] OROZCO-GREGORIO, H.; MOTA-ROJAS, D.; BONILLA-JAIME, H.; TRUJILLO-ORTEGA, M.E.; BECERRIL-HERRERA, M.; HERNANDEZ-GONZALEZ, R.; VILLANUEVA-GARCIA, D. Effects of administration of caffeine on metabolic variables in neonatal pigs with peripartum asphyxia. **Am. J. Vet. Res.** 71:1214-1219. 2010.
- [20] SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). **Directorio Nacional de Centros de Sacrificio de Especies Pecuarias de los Estados Unidos Mexicanos.** 2007. SAGARPA. 01/12/ 2015: En Línea: <http://www.siap.gob.mx/>.
- [21] RAJ, A.B.M.; GREGORY, N.G. Welfare implications of gas stunning of pigs 2. Stress of induction of anaesthesia. **Anim.Welf.** 5:71-78. 1996.
- [22] ROLDAN-SANTIAGO, P.; GONZALEZ-LOZANO, M.; FLORES-PEINADO, S.C.; CAMACHO-MORFIN, D.; CONCEPCION-MENDEZ, M.; MORFIN-LOYDEN, L.; MORA-MEDINA, P.; RAMIREZ-NECOECHEA, R.; CARDONA, A.L.; MOTA-ROJAS, D. Physiological Response and Welfare of Ducks During Slaughter. **Asian J. Anim. Vet. Adv.** 6:1256-1263. 2011.
- [23] ROLDAN-SANTIAGO, P.; MOTA-ROJAS, D.; GUERREO-LEGARRETA, I.; MORA-MEDINA, P.; BORDERAS-TORDESILLAS, F.; ALARCON-ROJO, A.D.; FLORES-PEINADO, S.; OROZCO-GREGORIO, H.; MARTINEZ-RODRIGUEZ, R.; TRUJILLO-ORTEGA, M.E. Animal welfare of barrows with different antemortem lairage times without food. **Vet. Med-Czech.** 58:305-311. 2013.
- [24] STATISTIC ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Versión 9. 2004.

- [25] SIGNORINI, P.M.; CIVIT, S.G.; BONILLA, P.M.; CERVANTES, V.M. **Guía para la administración de rastros y mataderos municipales**. México, D.F. 21 pp. 2005.
- [26] TADICH, N.; GALLO, C.; ECHEVERRÍA, R.; VAN SCHAİK, G. Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. **Arch. Med. Vet.** 35: 171-185 2003.
- [27] TADICH, N.; GALLO, C.; BUSTAMANTE, H.; SCHWERTER, M.; VAN SCHAİK, G. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. **Livest. Prod. Sci.** 93:223-233. 2005.
- [28] TADICH, N.; GALLO, C.; BRITO, M.L.; BROOM, D.M. Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. **Livest. Sci.** 121:132-136. 2009.
- [29] TARUMAN, J.A.; GALLO, C.B. Bruising in lamb carcasses and its relationship with transport. **Arch. Med. Vet.** 40:275-279. 2008.
- [30] VELARDE, A.; GISPERT, M.; FAUCITANO, L.; MANTECA, X.; DIESTRE, A. Survey of the efficiency of stunning procedures carried out in spanish pig abattoirs. **Vet. Rec.** 146:65-68. 2000.
- [31] VON BORELL, E.; SCHAFFER, D. Legal requirements and assessment of stress and welfare during transportation and pre-slaughter handling of pigs. **Livest. Prod. Sci.** 97:81-87. 2005.
- [32] WERNER, M.; GALLO, C. Effects of transport, lairage and stunning on the concentrations of some blood constituents in horses destined for slaughter. **Livest. Sci.** 115:94-98. 2008.