

Efectividad de Dos Métodos de Aturdimiento de Cerdos: Electronarcosis de Tres Puntos y Narcosis con CO₂

EFFECTIVENESS OF TWO METHODS FOR STUNNING PIGS: ELECTRICAL STUNNING HEAD-HEART AND CO₂ STUNNING

Juan David Acevedo-Giraldo^{1,2}, Marlyn H. Romero¹, Jorge A. Sánchez¹

RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron evaluar y comparar la efectividad de los métodos de aturdimiento eléctrico de tres puntos (MA1) y de narcosis con dióxido de carbono (CO₂) (MA2), así como evaluar la infraestructura y manejo de los cerdos en dos plantas de sacrificio comercial de Colombia. Se realizó un estudio de corte transversal que evaluó 520 cerdos (MA1=185; MA2=335). Se estudiaron indicadores conductuales en el cajón de aturdimiento e indicadores de consciencia antes y después del desangrado. Los movimientos oculares (39%) y el parpadeo espontáneo (36.7%) fueron signos frecuentes para MA1, mientras que en MA2 se evidenció la respiración rítmica (24.1%). La efectividad del aturdimiento fue baja en las dos plantas de sacrificio antes (48.7%, 50.5%) y después del desangrado (79.5%, 37.3%). Se recomienda instaurar indicadores para evaluar de manera rutinaria la efectividad del aturdimiento, así como un programa de mantenimiento preventivo de los equipos y de capacitación continua del personal.

Palabras clave: cerdos, bienestar animal, efectividad, electrocución, narcosis con CO₂

ABSTRACT

The aims of this study were to evaluate and compare the effectiveness of the electrical stunning head-heart (MA1) and CO₂ stunning (MA2), and to assess the infrastructure and management of pigs in two commercial slaughterhouses in Colombia. A cross-sectional study that evaluated 520 pigs (MA1=185 and MA2=335) was performed. Behavioral indicators in the stunning box and consciousness indicators before and after

¹ Grupo de Investigación en Ciencias Veterinarias – CIENVET, Departamento de Salud Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia

² E-mail: jdag.1002@gmail.com

Recibido: 21 de abril de 2016

Aceptado para publicación: 23 de agosto de 2016

bleeding were evaluated. Eye movements (39%) and spontaneous eye blinking (36.7%) were common in MA1, while rhythmic breathing (24.1%) was evident in MA2. The effectiveness of stunning was low in the two slaughterhouses before (48.7%, 50.5%) and after bleeding (79.5%, 37.3%). It is recommended to establish indicators to routinely assess the effectiveness of stunning, and a programme of preventive maintenance of equipment and continuous training of staff.

Key words: pig, animal welfare, effectiveness, electrical stunning, CO₂ stunning

INTRODUCCIÓN

El consumo de carne de cerdo se ha incrementado a nivel mundial en un 1.1% a partir de 2012 (FAO, 2015). Esta misma tendencia se observa en las exigencias de los consumidores desde el punto de vista de la inocuidad y la calidad ética de la carne (Zivotofsky y Strous, 2012). Este fenómeno ha permitido que los servicios veterinarios adopten lineamientos en su normatividad sanitaria para garantizar que el aturdimiento y el desangrado se efectúen mediante procedimientos humanitarios (Romero y Sánchez, 2011; Romero *et al.*, 2011, Zivotofsky y Strous, 2012).

El cerdo se encuentra expuesto a situaciones de estrés durante el transporte (Ritter *et al.*, 2009), presacrificio (Salmi *et al.*, 2012) y aturdimiento (González *et al.*, 2014); aspectos que influyen en pérdidas por mortalidad, postración y merma en la calidad del producto cárnico final (Romero y Sánchez, 2015). Durante el sacrificio se usan dos intervenciones para evitar el estrés: a) el aturcido, que induce la pérdida de la consciencia y asegura que el animal no experimente dolor o miedo durante la muerte, y b) el desangrado, que provoca la muerte, garantizando la incapacidad del cerebro para procesar información sensorial (Terlouw *et al.*, 2016).

Los métodos de aturdimiento porcino de mayor uso a nivel global son el aturdimiento eléctrico de dos o tres puntos de contacto, la narcosis con CO₂ y la pistola de perno cauti-

vo; este último usado en el sacrificio de emergencia (Grandin, 2010; WSPA, 2010; EFSA, 2013; OIE, 2015). Los métodos de aturdimiento se clasifican en reversibles (eléctrico de dos puntos y narcosis con CO₂) e irreversibles (eléctrico de tres puntos). Con respecto al primer caso, los animales que no sean desangrados oportunamente pueden recobrar la sensibilidad y la consciencia antes que ocurra la muerte, por lo cual el intervalo entre el aturdimiento y el desangrado en menos de 30 s es un factor determinante para la efectividad de esta etapa (Vogel *et al.*, 2011). El método irreversible tiene como objeto producir la inconsciencia y la muerte del animal (Zivotofsky y Strous, 2012), pero el desangrado se debe realizar antes de 60 s para evitar pérdidas de calidad en la canal y mayor riesgo de contaminación microbiana (Bolaños-López *et al.*, 2014).

La electronarcosis induce un patrón de comportamiento típico relacionado con su estado de inconsciencia que permite evaluar su efectividad (EFSA, 2004). Una vez producida la estimulación eléctrica del cerebro, el cerdo entra en un estado de contracción muscular llamado fase tónica, que dura entre 10 y 20 s, caracterizada por la ausencia de la respiración rítmica y la sensibilidad al dolor (McKinstry y Anil, 2004). A continuación, el animal entra en la fase clónica (15 a 45 s), donde se observan movimientos de pedaleo bruscos e involuntarios de las extremidades (WSPA, 2010). Si el animal no es desangrado con rapidez, puede pasar a una fase de recuperación (30 a 60 s), en la cual retorna la respiración rítmica como indicativo de que ha

recobrado la consciencia y, por lo tanto, debe ser aturdido de nuevo para ser desangrado (McKinstry y Anil, 2004).

La narcosis con gas es un método empleado en plantas de sacrificio de alto flujo (150 cerdos/h) (WSPA, 2010). Los cerdos son introducidos en grupos de 5 o 6 individuos en una góndola que desciende hacia el interior de una cámara de 3 m de profundidad, donde son expuestos a concentraciones atmosféricas entre 80 y 95% de dióxido de carbono (CO₂) durante 30 s. Estos gases son depresores del sistema nervioso central y tienen un efecto anestésico en el animal (Grandin, 2012).

Un buen sistema de aturdimiento debe garantizar una inducción rápida de la inconsciencia sin causar dolor y debe prolongarse hasta la muerte del animal. Asimismo, debe minimizar los problemas de calidad del producto final y garantizar la seguridad del operador al favorecer la inmovilización de los animales durante el desangrado (Velarde *et al.*, 2000). Es importante tener en cuenta que los sistemas de aturdimiento no garantizan el 100% de efectividad, probablemente como consecuencia de errores en su aplicación (González *et al.*, 2014). Por lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron evaluar y comparar la efectividad del método de aturdimiento eléctrico de tres puntos con el de narcosis con dióxido de carbono (CO₂), así como evaluar la infraestructura y el manejo de los cerdos durante el aturdimiento, a fin de dar los lineamientos para realizar un sacrificio humanitario a nivel comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de Estudio y Aspectos Éticos

Se realizó un estudio de corte transversal en dos plantas de beneficio categoría nacional en Colombia, para evaluar bajo condiciones comerciales la efectividad del método de aturdimiento empleado, mediante el uso

de un protocolo basado en los lineamientos de la Autoridad Europea de Inocuidad Alimentaria (European Food Safety Authority) (EFSA, 2013). Los procedimientos empleados en esta investigación contaron con la aprobación del Comité de Ética para la Experimentación con Animales (CEEA) de la Universidad de Caldas (Acta N.º 1 del 7 de mayo de 2014).

Protocolo de Evaluación

El estudio se realizó en dos plantas de sacrificio comercial, categoría nacional, con volúmenes de sacrificio de 1000 cerdos/día en la planta A (método de aturdimiento de tres puntos, MA1) y 1500 cerdos/día en la planta B (método de aturdimiento con CO₂, MA2), con flujos de sacrificio de 120 y 150 cerdos/h, respectivamente. Se estudiaron 520 porcinos de las líneas terminales de las casas genéticas Topigs Norsvin, Alianza Solla – Choice Genetics y PIC (MA1 = 185; MA2 = 335), seleccionados aleatoriamente en diferentes días y horarios del sacrificio, durante una semana. La evaluación se efectuó por profesionales entrenados en tres momentos específicos: 1) Al ingreso y dentro del cajón o góndola de aturdido (Cuadro 1); 2) En la banda de sangría o riel aéreo, durante el intervalo entre el aturdido efectivo y previo al desangrado (pre-desangrado); y 3) Riel aéreo, inmediatamente después del desangrado (pos-desangrado). En estos dos últimos momentos se estudió la efectividad del aturdimiento mediante la evaluación de la ausencia o presencia de los signos de la consciencia (EFSA, 2013; Bolaños-López *et al.*, 2014).

Se consideró como signos de la consciencia el intento de incorporarse, respiración rítmica, parpadeo espontáneo, presencia de dolor, reflejo palpebral, movimientos oculares y vocalización (Figura 1) (EFSA, 2013). La presencia de signos como la respiración rítmica e intento de incorporarse, por sí solos, se consideraron como indicativos de ineffectividad. La presencia de signos como reflejo palpebral, parpadeo espontáneo, vocalización, movimientos oculares y dolor, por

Cuadro 1. Indicadores de manejo y conductuales evaluados en el cajón o góndola de aturrido (Momento 1)

Indicador	Definición	Criterio Aceptable
Colocación de los electrodos	Electrodos detrás de las orejas (segundo punto) y entre el tercer y cuarto espacio intercostal (tercer punto)	A 99% NA 96-98% PG <96%
Colapso del animal	Pérdida de la posición en pie de forma súbita	100%
Tiempo entre aturrido y desangrado	Intervalo entre la aplicación del método de aturrido y el corte de los vasos sanguíneos	60 s CO ₂ 30 s eléctrico
Efectividad del aturrido	Ausencia de signos de consciencia y sensibilidad	A 1/1.000 E 1/2000
Resbalarse (n)*	El animal pierde el equilibrio temporalmente, y sus rodillas o codos tocan el suelo	A <3% NA 3-15% PG >15%
Caídas (n)*	Alguna parte del animal, por encima de sus rodillas o codos, toca el suelo	A <1% NA 1-5% PG >5%
Vocalizaciones (n)*	Intencionales (excluye jadeos, suspiros o gemidos)	A <5% NA 5-10% PG >10%

Excelente (E), Aceptable (A), No Aceptable (NA), Problemas graves (PG)

* Se contabilizó la frecuencia absoluta (cada vez que un animal repetía el comportamiento)

Fuente: González *et al.* (2014)

sí solos, no indicaron ineffectividad; sin embargo, cuando se presentaron dos o más de estos signos en conjunto, el método se consideró ineffectivo, de acuerdo con los lineamientos de EFSA (2013).

Los primeros 185 cerdos (pesos promedio de 132.6 ± 15.0 kg) fueron aturridos mediante un sistema eléctrico de tres puntos (MA1) (Aturridor eléctrico de porcinos – 3 electrodos, modelo 11001.1, Sulmaq), en un cajón de 1.52 x 0.57 x 1 m (largo, ancho y alto). El amperaje y el voltaje del equipo se registraron de acuerdo con la programación de los medidores digitales del regulador eléc-

trico del sistema. El otro grupo de 335 cerdos (peso promedio de 90 ± 10 kg) fueron aturridos mediante un sistema de narcosis con CO₂ (MA2) (Butina-Ydervan - DK 4300, Holbaek, Dinamarca), en una góndola con una dimensión de 2.7 x 0.98 x 1.0 m (largo, ancho y alto), con capacidad de seis cerdos por vez.

Los cerdos aturridos por el método MA1 fueron conducidos de manera manual. Los evaluados con el método MA2 se llevaron con el uso de tábano eléctrico a través de corredores lineales con ángulos de 90°. Las conductas evaluadas en el cajón de aturrido (resbalarse, caídas y vocalizaciones) fueron



Figura 1. Evaluación de indicadores de consciencia. A. Reflejo palpebral; B. Respuesta positiva de dolor al presionar la base de la oreja. C. Evaluación del dolor, pinchazo en el septum nasal. D. Respiración rítmica

registradas de acuerdo a su frecuencia por animal. La observación de los signos de consciencia durante los momentos dos y tres se realizaron en el riel aéreo de proceso. Así mismo, se consignaron las características de infraestructura del área de sacrificio.

Evaluación del pH

La medición del pH se efectuó a los 30 min posteriores al aturdimiento en el músculo *Longissimus thoracis* (LT), en la 12^a costilla del flanco derecho de la canal, con un potenciómetro de punzón (IQ150 pH/Mv/medidor de temperatura; IQ Scientific Instruments). El equipo fue lavado con agua destilada después de cada medición y calibrado cada cinco muestras usando dos soluciones estándar de pH 4 y 7. Los criterios para definir la calidad de la carne fueron: carne PSE (pálida, suave, exudativa) $\text{pH}_{30} \leq 5.8$ y carnes normales $\text{pH}_{30} > 5.8$ (Castrillón *et al.*, 2005; Frisby *et al.*, 2005; Nowak *et al.*, 2007).

Análisis Estadístico

El análisis de los datos se efectuó usando el programa STATA v. 13.0 (Colleague

Station, Texas, EEUU), por medio del análisis descriptivo de los indicadores de manejo y conductuales. Se estudió la asociación entre variables categóricas por medio de la prueba Chi cuadrado y las variables continuas con la prueba t-Student. El nivel de significancia de las pruebas realizada fue $p < 0.05$.

RESULTADOS

En los dos métodos evaluados durante el momento 1 se evidenció el colapso inmediato de los cerdos después del aturdimiento (100%) y una baja proporción de caídas, dentro de los criterios considerados como aceptables. No obstante, fueron frecuentes las vocalizaciones y los intentos de huida, en especial con el método MA2. Las resbaladas en el método MA1 se encontraron dentro de los rangos considerados como problema grave (>15%), al igual que las vocalizaciones (>10%) (Cuadro 2).

En las dos plantas en estudio se evidenció el colapso inmediato de los cerdos (100%) después del aturdimiento, pero fueron frecuentes las vocalizaciones y los intentos de huida, en especial en la planta B previo al aturdimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Frecuencia de los indicadores de manejo y conductuales en los cerdos en dos plantas de beneficio (Momento 1) (Colombia, 2014)

Variable	Aturdido eléctrico de tres puntos (MA1) n (%)	Narcosis con CO ₂ (MA2) n (%)
Manejo		
Resbalarse (Sí)	56 (30.3) ^a	3 (0.9) ^b
Huir (Sí)	69 (37.3) ^a	301 (91.4) ^b
Caídas (Sí)	-	3 (0.9)
Vocalizaciones (Sí)	66 (35.7) ^a	335 (100) ^b
Conductuales		
Colocación de los electrodos (Correcto)	185 (100)	NA
Colapso del animal (Sí)	185 (100)	335 (100)

NA: No aplica

Cuadro 3. Valores medios (media \pm DE) de los parámetros técnicos del equipo de aturrido eléctrico y concentraciones de CO₂

VARIABLES	n	Media	DE
Sistema eléctrico de tres puntos			
Voltaje segundo punto (cabeza)	185	320.43	0.83
Amperaje segundo punto	185	0.56	0.03
Voltaje tercer punto (región cardíaca)	185	79.78	0.41
Amperaje tercer punto	185	0.61	0.08
Sistema de narcosis con CO₂			
Concentración de CO ₂ (%)	335	90.6	5.8

Los parámetros técnicos de calibración del equipo del método MA1 mostraron valores altos de voltaje y amperaje en el tercer electrodo en la región cardíaca (Cuadro 3). En el caso de MA2, el porcentaje de CO₂ usado fue el correcto (Cuadro 3); sin embargo, el fondo de la cámara de aturrido permanecía con agua condensada (entre uno y dos

centímetros). Durante el periodo de evaluación no se observó en ninguna de las plantas la instauración de un programa de recalibración de los equipos y el uso de un sistema alternativo para aturdir de nuevo a los cerdos que hubiesen quedado conscientes en el área de desangrado, tal como lo sugiere Grandin (2010).

Cuadro 4. Evaluación de signos de consciencia en el pre y pos-sangrado durante el aturdimiento con el sistema eléctrico de tres puntos (MA1=185) y el aturdimiento con el sistema de narcosis con CO₂ (MA2=335) (Colombia, 2014)

Variables	Momento 2 (Pre desangrado)		Momento 3 (Pos desangrado)	
	MA1 (%)	MA2 (%)	MA1 (%)	MA2 (%)
Intento de incorporarse	15.6 ^a	3.8 ^b	A	A
Respiración rítmica	24.1 ^a	45.3 ^b	13.2 ^a	51.5 ^b
Parpadeo espontáneo	36.7 ^a	13.2 ^b	10.9 ^a	23.0 ^b
Presencia de dolor	3.8 ^a	0.6 ^b	A	0.5
Reflejo palpebral	23.0 ^a	11.8 ^b	4.4 ^a	0.6 ^b
Movimientos oculares	39.0 ^a	22.5 ^b	NE	NE
Efectividad	48.7	50.5	79.5 ^a	37.3 ^b

NE: No evaluado; A: ausente

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de cada variable y momento del sacrificio son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Los tiempos promedio (media \pm EE) entre el aturdimiento y el desangrado en el método MA1 fue de 23.6 ± 0.39 s y de 36.7 ± 0.9 s en el MA2. En el sistema MA1, el 88.1% (n=163) tuvo intervalos de tiempo ≤ 30 s y el 11.9% (n=22) faltante superó los 30 s. Con respecto al método MA2, el 89.3% (n=299) tuvo intervalos ≤ 60 s y el 10.7% restante (n=36) por encima de 60 s.

La evaluación de la presencia o ausencia de los indicadores de consciencia mostró diferencias significativas entre los dos métodos en estudio en los dos momentos de evaluación (Cuadro 4). Los movimientos oculares y el parpadeo espontáneo fueron frecuentes en el MA1, mientras que en MA2 se evidenció la respiración rítmica (Momento 2). La efectividad del aturdimiento fue baja en los dos métodos. De otra parte, fue evidente la disminución en la detección de los signos de consciencia en MA1 al comparar los momentos, en tanto que un comportamiento inverso se evidenció en MA2 (Cuadro 4).

El 2.7% (5/185) y el 1.2% (4/335) de las canales presentaron carne PSE (pálida, suave y exudativa), sin que se observase asociación significativa con el aturdimiento efectivo.

DISCUSIÓN

El presente estudio compara dos métodos de aturdimiento de cerdos; sin embargo, es importante resaltar que su efectividad está íntimamente relacionada con aspectos organizacionales de las plantas de beneficio y del funcionamiento de los equipos. Por tanto, es conveniente considerar que no todos los animales son manejados con los mismos procedimientos, debido al diseño de las instalaciones, el nivel de entrenamiento y capacitación del personal y a la presencia de sistemas de auditoría interna, entre otros aspectos (Bourguet *et al.*, 2011). Así mismo, cada método de aturdimiento tiene sus ventajas y desventajas, las cuales se encuentran descri-

tas en la literatura científica (Channon *et al.*, 2002; Atkinson *et al.*, 2012), pero su evaluación permite detectar aspectos operacionales que las plantas deben tener en cuenta para asegurar un sacrificio humanitario.

La mayor frecuencia de resbalones en el cajón de aturdimiento del sistema eléctrico MA1 pudo estar relacionada con la presencia de pisos lisos y húmedos (Grandin, 2010) y con la ruptura de la estructura social del lote, dado que la conducción de los cerdos se efectuaba en línea india (Raj y Gregory, 1995). Así mismo, esta frecuencia estuvo por encima de los valores considerados como adecuados (<3%), aspecto que coincide con los resultados de auditoría de plantas comerciales en Estados Unidos; sin embargo, tal efecto es de presentación habitual, dado que el piso de los cajones de aturdimiento está deliberadamente diseñado para favorecer la caída de los animales (Grandin, 2012).

El intento de huida es la primera reacción de los cerdos cuando son expuestos a una situación indeseable y este comportamiento aumenta cuando son aturridos en cámaras de CO₂, como una manifestación de aversión (Llonch *et al.*, 2012), aspecto que fue evidente ya que el 91.4% de los cerdos del MA2 intentó huir de la góndola y el 100% vocalizó como manifestación de miedo y dolor (Grandin, 2010). Las vocalizaciones y los intentos de huida durante el momento 1 en la auditoría del MA2 pudieron estar relacionados con el uso inadecuado del tábano eléctrico durante el ingreso a la góndola de aturrido (van de Perre *et al.*, 2010), reflejando una interacción humano-animal negativa (Temple *et al.*, 2011). Así mismo, las manifestaciones dentro de la góndola se pueden interpretar como un comportamiento que denota aversión a las altas concentraciones de CO₂ (Atkinson *et al.*, 2012); sin embargo, la explicación de este comportamiento de huida o aversión debe ser revisado a fin de determinar si esta reacción es una respuesta al uso del tábano eléctrico o al efecto irritante del gas (Terlow *et al.*, 2016).

Por otro lado, durante la auditorías del momento 1 del MA1, las vocalizaciones en el momento de la colocación de las pinzas (1.6%) fueron causadas por el operario al activar el circuito eléctrico antes de ubicarlas en la cabeza del animal, lo cual causa dolor (Grandin, 2012). Según Grandin (2010), las vocalizaciones durante procedimientos dolorosos están correlacionadas con el neuropéptido P, que regula la excitabilidad de las neuronas nociceptivas de la asta dorsal, las cuales se encuentran en las zonas de los neuroejes implicados en la percepción del dolor, el estrés y la ansiedad (Coetzee *et al.*, 2008).

La correcta ubicación de las pinzas, que garantiza la inducción de la insensibilización inmediata al pasar la corriente eléctrica a través del cerebro (McKinstry y Anil, 2004; Lambooi, 2014), se observó en la totalidad de los cerdos aturridos con el método MA1. De igual forma, el colapso inmediato como un indicador de inconsciencia (EFSA, 2013) estuvo presente en todos los cerdos en estudio, aspectos que sugieren una buena capacitación y entrenamiento de los operarios (González *et al.*, 2014).

El aturdimiento eléctrico de tres puntos es considerado un método irreversible (McKinstry y Anil, 2004). No obstante, los parámetros técnicos usados en el electrodo cardiaco fueron superiores a los criterios del sistema aplicado en la cabeza; es decir, fueron usados en contravía a los lineamientos reportados en la literatura. Estos establecen un amperaje mínimo de 1.25 A y 250 V para el electrodo de la cabeza, en tanto que el electrodo de la región cardiaca se debe graduar a 1 A y entre 50 y 60 ciclos de frecuencia (McKinstry y Anil, 2004; WSPA, 2010), aspecto que impide la fibrilación ventricular (Vogel *et al.*, 2011). Como producto de esta calibración errada, fue evidente la presencia de cerdos en fase clónica (pedaleo involuntario), aspecto que pone en riesgo la seguridad del operario encargado del desangrado (Channon *et al.*, 2002). No obstante, no hubo ningún proceso correctivo en el equipo, tal como es recomendado por EFSA (2013).

A pesar de que los patrones técnicos del equipo de aturdimiento con CO₂ fueron los ideales (Martoft *et al.*, 2002), el 45.3% de los cerdos exhibieron respiración rítmica inmediatamente después de salir de la góndola, porque el método no causó una apnea profunda como producto de la exposición insuficiente a las concentraciones de CO₂ (Atkinson *et al.*, 2012; EFSA, 2013). Pese a que el intervalo entre el aturdimiento y el desangrado fueron óptimos en una alta proporción de los cerdos (89.3%), el 63.7% recobró la consciencia, posiblemente por problemas del desangrado como el corte insuficiente de los vasos sanguíneos (WSPA, 2010; Romero y Sánchez, 2015).

Ninguno de los dos métodos garantizó el sacrificio humanitario (Novwak *et al.*, 2007; OIE, 2015), porque casi la mitad de los cerdos observados presentó signos de consciencia previo al desangrado. Esta misma condición fue recurrente en el momento 3, sin que los operadores hubieran aturcido nuevamente a estos animales (González *et al.*, 2014). Estos resultados ponen en evidencia la importancia de la capacitación y el entrenamiento del personal en el manejo, calibración y mantenimiento preventivo de los equipos, así como en la detección de los signos de consciencia y el reaturdimiento de los cerdos conscientes previo al escaldado (Bourguet *et al.*, 2011).

De otra parte, los movimientos oculares y el parpadeo espontáneo fueron frecuentes, los cuales por sí solos no son considerados como indicadores de inconsciencia (ESFA, 2013), puesto que están asociados a reflejos espinales por el aturrido eléctrico (Gregory, 1998; Grandin, 2010); sin embargo, cuando estos signos se presentan en forma conjunta con la respiración rítmica, son evidencia clara de consciencia y, por ende, indicativo que el método de aturdimiento no fue efectivo.

A pesar de la baja efectividad de los dos métodos de aturdimiento, que pudieron causar un estrés agudo previo al sacrificio (Zhen *et al.*, 2013), no se evidenció una asociación

entre la efectividad del aturdimiento y el pH bajo de la carne, aspecto que ha sido descrito por otros autores (Channon *et al.*, 2003; Dokmanoviæ *et al.*, 2014; Varón-Álvarez *et al.*, 2014). De igual forma, la baja prevalencia de carne PSE (2.7%) coincide con la hallada en un estudio reciente realizado en Colombia en cerdos comerciales que encontraron un PSE de 5.8% (Romero y Sánchez, 2015), pero lejos del 25.2% reportado por Castrillón *et al.* (2005). Estas diferencias se pueden relacionar con el tamaño muestral, genética, condiciones de transporte, permanencia en la planta y manejo, entre otros factores (Dokmanoviæ *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

- A pesar de que los dos métodos de aturdimiento en estudio (electronarcosis de tres puntos y narcosis con CO₂) fueron efectuados con equipos modernos y en plantas tecnificadas, la efectividad del aturdimiento fue baja, por factores relacionados principalmente con la operación inapropiada de los equipos y el entrenamiento del personal.
- Desde el punto de vista del bienestar animal, ninguno de los dos métodos aseguró el sacrificio humanitario de los animales y el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales.
- Las plantas de beneficio deben considerar aspectos organizacionales, tales como la capacitación y el entrenamiento del personal, el mantenimiento preventivo y la calibración de los equipos, el diseño de las instalaciones y la implementación de sistemas de auditoría interna del bienestar animal.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Caldas y a la Asociación Colombiana de Porcicultores – FNP, por proveer los recursos económicos para la ejecución del estu-

dio. A las directivas y al personal de las plantas por facilitar el desarrollo de las actividades del estudio en sus instalaciones y por el apoyo logístico. A los integrantes del Semillero de Investigación en Bienestar Animal de la Universidad de Caldas, por su compromiso y dedicación

LITERATURA CITADA

1. **Atkinson S, Velarde A, Llonch P, Algers B. 2012.** Assessing pig welfare at stunning in Swedish commercial abattoirs using CO₂ group-stun methods. *Anim Welfare* 21: 487-495. doi: 10.7120/09627286.21.4.487
2. **Bolaños-López D, Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Flores-Peinado S, Mora-Medina P, Roldán-Santiago P, et al. 2014.** Recovery of consciousness in hogs stunned with CO₂: physiological responses. *Meat Sci* 98: 197-197. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.05.034
3. **Bourguet C, Deiss V, Tannugi CC, Terlouw C. 2011.** Behaviour and physiological reactions of cattle in a commercial abattoir: relationships with organisational aspects of the abattoir and animal characteristics. *Meat Sci* 88: 158-168. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.12.017
4. **Castrillón WE, Fernández JA, Restrepo LF. 2005.** Determinación de carne PSE (pálida, suave y exudativa) en canales de cerdo. *Vitae* 12: 23-28.
5. **Channon HA, Payne AM, RD Warner. 2002.** Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Sci* 60: 63-68.
6. **Channon HA, Payne AM, Warner RD. 2003.** Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO₂. *Meat Sci* 65: 1325-1333. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00053-6
7. **Coetzee JF, Lubbers BV, Toerber SE, Gehring R, Thomson DU, White BJ, Apley MD. 2008.** Plasma concentrations of substance P and cortisol in beef calves after castration or simulated castration. *Am J Vet Res* 69: 751-762. doi: 10.2460/ajvr.69.6.751
8. **Dokmanović M, Velarde A, Tomović V, Glamočlija N, Marković R, Janjić J, Baltić MŽ. 2014.** The effects of lairage time and handling procedure prior to slaughter on stress and meat quality parameters in pigs. *Meat Sci* 98: 220-226. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.06.003
9. **[EFSA] European Food Safety Authority. 2004.** Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *EFSA J* 45: 81-116. doi: 10.2903/j.efsa.2004.45
10. **[EFSA] European Food Safety Authority. 2013.** Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for pigs. *EFSA J* 12: 1-62. doi: 10.2903/j.efsa.2013.3523
11. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2015.** Perspectivas alimentarias. Resúmenes de mercado. [Internet] Disponible en: <http://www.fao.org/3/b-i4581s.pdf>
12. **Frisby J, Raftery D, Kerry JP, Diamond D. 2005.** Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality. *Meat Sci* 70: 329-336. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.01.023
13. **González LM, Romero MH, Sánchez. 2014.** Evaluación de la eficacia del método de insensibilización por electronarcosis en porcinos. *Arch Med Vet* 46: 139-143.
14. **Grandin T. 2010.** Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Sci* 86: 56-65. doi: 10.1016/j.meatsci. 2010.04.022
15. **Grandin T. 2012.** Recommended animal handling. Guidelines & audit guide: a systematic approach to animal welfare. In: Grandin T (ed). Auditing animal han-

- dling and stunning. USA: AMI Foundation. p 45-53.
16. **Gregory NG. 1998.** Physiology of stress, distress, stunning and slaughter. In: Animal welfare and meat science. UK: CABI Publishing. p 64-92.
 17. **Lambooij E. 2014.** Electrical stunning. *Meat Sci* 3: 1342-1348.
 18. **Llonch P, Rodríguez P, Gispert M, Dalmau A, Manteca X, Velarde A. 2012.** Stunning pigs with nitrogen and carbon dioxide mixtures: effects on animal welfare and meat quality. *Animal* 6: 668-675. doi: 10.1017/S1751731111001911
 19. **Martoft L, Lomholt L, Kolthoff C, Rodríguez BE, Jensen EW, Jorgensen PF, et al. 2002.** Effects of CO₂ anaesthesia on central nervous system activity in swine. *Lab Anim* 36: 115-126.
 20. **McKinstry JL, Anil MH. 2004.** The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs. *Meat Sci* 67: 121-128. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.10.002
 21. **Nowak B, Mueffling TV, Hartung J. 2007.** Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: impact on animal welfare and meat quality. *Meat Sci* 75: 290-298. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.07.014
 22. **[OIE], Organización Mundial de Sanidad Animal. 2015.** Código Sanitario para los Animales Terrestres. Capítulo 7.5. [Internet]. Disponible en: <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre/acceso-en-linea/>
 23. **Raj AM, Gregory NG. 1995.** Welfare implications of gas stunning of pigs. Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon. *Anim Welfare* 4: 273-280.
 24. **Ritter MJ, Ellis M, Berry L, Curtis SE, Anil L, Berg E, Benjamin M, et al. 2009.** Review: Transport losses in market weight pigs: I. A review of definitions, incidence, and economic impact. *Prof Anim Scientist* 24: 404-414. doi: 10.15232/S1080-7446(15)30735-X
 25. **Romero MH, Sánchez JA, Gutiérrez C. 2011.** Evaluación de prácticas de bienestar animal durante el transporte de bovinos para sacrificio. *Rev Salud Pública* 13: 684-690.
 26. **Romero MH, Sánchez JA. 2011.** Implicaciones de la inclusión del bienestar animal en la legislación sanitaria Colombiana. *Rev Colomb Cienc Pec* 24: 83-91.
 27. **Romero MH, Sánchez JA. 2015.** Evaluación de factores de riesgo de carne pálida, suave y exudativa (PSE) debido a las condiciones presacrificio en cerdos. *Rev Biosalud* 14: 57-68. doi: 10.17151/biosa.2015.14.1.7
 28. **Salmi B, Trefan L, Bünger L, Doeschle-Wilson A, Bidanel JP, Terlouw C, Larzul C. 2012.** Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality. *Meat Sci* 90: 584-598. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.09.021
 29. **Temple D, Manteca X, Velarde A, Dalmau A. 2011.** Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Appl Anim Behav Sci* 131: 29-39. doi: 10.1016/j.applanim.2011.01.013
 30. **Terlouw C, Bourguet C, Deiss V. 2016.** Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing. *Meat Sci* 118: 133-146. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.011
 31. **van de Perre V, Permentier L, De Bie S, Verbeke G, Geers, R. 2010.** Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. *Meat Sci* 86: 931-937. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.07.019
 32. **Varón-Álvarez LJ, Romero MH, Sánchez JA. 2014.** Caracterización de las contusiones cutáneas e identificación de factores de riesgo durante el manejo presacrificio de cerdos comerciales. *Arch Med Vet* 46: 93-101.

33. **Velarde A, Gispert M, Faucitano L, Manteca X, Diestre A. 2000.** Survey of the effectiveness of stunning procedures used in Spanish abattoirs. *Vet Rec* 146: 65-68. doi: 10.1136/vr.146.3.65
34. **Vogel KD, Badtram G, Claus JR, Grandin T, Turpin S, Weyker RE, Voogd E. 2011.** Head-only followed by cardiac arrest electrical stunning is an effective alternative to head-only electrical stunning in pigs. *J Anim Sci* 89: 1412-1418. doi: 10.2527/jas.2010-2920
35. **[WSPA] Sociedade Mundial de Proteção Animal. 2010.** Abate humanitária de suínos. Rio de Janeiro: WSPA. 135 p.
36. **Zhen S, Liu Y, Li X, Ge K, Chen H, Li C, Ren F. 2013.** Effects of lairage time on welfare indicators, energy metabolism and meat quality of pigs in Beijing. *Meat Sci* 93: 287-291. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.008
37. **Zivotofsky AZ, Strous RD. 2012.** A perspective on the electrical stunning of animals: Are there lessons to be learned from human electro-convulsive therapy (ECT)? *Meat Sci* 90: 956-961. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.11.039