

Determinación de defectos de calidad en la canal y carne de cerdo mediante el uso de auditorías

Detection of quality failures in pork carcass and meat using farm and plant audit

Nancy Jerez-Timaure^a, María Teresa Súlbaran^a, Lilia Arenas de Moreno^a, Argenis Rodas-González^b, Jacqueline Trompiz^a, Jorge Ortega^c

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar los defectos de calidad en canal y carne de cerdo, utilizando un formato de encuesta, y correlacionando los resultados de la misma con las características de la canal y la carne. La encuesta se aplicó durante el embarque, transporte, desembarque y proceso de beneficio. Se evaluaron cuatro grupos de 50 cerdos, con una frecuencia semanal. La evaluación individual se realizó desde el desembarque, conducción al aturdimiento, insensibilización, desangrado y escaldado. Se determinó el pH y la temperatura (45 min y 24 h), la capacidad de retención de agua, las pérdidas por goteo, el color y los defectos en canal al despiece. Se encontró que el 46.5 % de los cerdos fueron aturdidos incorrectamente, y el 53 % de los animales presentaron signos de sensibilidad al desangrado. Se obtuvieron siete correlaciones canónicas entre dos grupos de variables ("canal" y "beneficio"). Las dos primeras correlaciones explicaron ($P < 0,05$) el 61.6 % de la variación. Se comprobó que la colocación de electrodos, parpadeo, vocalización, reflejo de enderezar la cabeza, están altamente correlacionadas con la variable canónica "canal". El pH45min y pH24h, resultaron con mayor índice de correlación con la variable canónica "beneficio". La fase crítica del proceso fue el aturdimiento, siendo la colocación del electrodo y parpadeo las variables con mayor asociación con las características de calidad. La encuesta constituye una herramienta de fácil uso para monitorear el proceso de embarque, transporte y beneficio de cerdos.

PALABRAS CLAVE: Cerdos, Calidad, Carne, Auditoria, Bienestar animal, Correlación canónica.

ABSTRACT

Management before slaughtering is known to affect pork carcass and meat quality. The aims of this study were: a) to evaluate the animal handling and stunning practices, defects of pork carcass and meat quality, through conducting farm and plant audits; b) and to correlate them in order to establish corrective actions. Two hundred pigs were evaluated during 4 wk (50 pigs per week). The audits were applied at the farm (loading and transport) and during the slaughtering process (unloading, stunning, bleeding and scalding). Carcass traits such as pH and temperature (at 45 min and 24 h), water holding capacity, drip loss and color were evaluated. It was found that 46.5 % of the pigs were stunned incorrectly, and 53.0 % of the animals showed signs of sensible at sticking. Seven canonical correlations were obtained between two groups of canonical variables ("carcass" and "slaughter"); of those, the first two correlations explaining a variance between variables of 61.64 % ($P < 0.05$). It was found that electrode position, blinking, vocalization, and righting reflex of head were highly correlated with canonical variables "carcass"; while, pH45min and pH24h showed the highest correlation with canonical variables "slaughter". It was found that the critical phase during the entire process was the stunning process, in which electrode position and blinking were highly associated with pork quality defects. The audit programs in meat processing plants are a helpful tool to detect failure in the production process.

KEY WORDS: Pigs, Quality, Meat, Audit, Stunning, Animal welfare, Canonical correlation.

Recibido el 5 de julio de 2011. Aceptado el 5 de enero de 2012.

^a Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela. Teléfono: 261-7144918; Fax: 261-4126184. njerez@fa.luz.edu.ve. Correspondencia al primer autor.

^b Departamento de Producción e Industria Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, LUZ.

^c Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía, LUZ.

Proyecto cofinanciado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ), como componente del Programa Sistemas Alternativos de Producción, Mercadeo y Biotecnología de la Carne (CC-0976-07).

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la industria porcina mundial ha experimentado un gran desarrollo, que involucra una creciente demanda en la calidad del producto final. El cliente no solamente exige cortes magros y que estos reúnan características deseables de color, textura, sabor y aroma, sino que además en muchos mercados, se exige que se cumplan estándares de bienestar animal. El manejo adecuado de los animales en la última etapa de su vida, desde que salen de la granja hasta su sacrificio, no sólo son indicativos de bienestar animal, sino que afectan directamente en el rendimiento y la calidad de la materia prima⁽¹⁾. Por estas razones, cada día, mas países reúnen esfuerzos para legalizar los aspectos de bienestar animal en cuanto a embarque, transporte y beneficio^(2,3).

En Venezuela, la Federación de Porcicultores ha establecido convenios con el gobierno a fin de aumentar la producción y el consumo. Últimamente, el aumento en la demanda de carne de cerdo se debe en parte a los problemas que ha tenido el sector cárnico bovino que ha llevado a incrementar el consumo per cápita de 4 a 6.5 kg/hab/año, propiciando un aumento en la producción de cerdo 12 a 15 %. Además, es bien conocido que más del 50 % de la carne de cerdo se destina a la producción de embutidos⁽⁴⁾, en donde la exigencia en cuanto a los estándares de calidad y rendimiento es mayor.

En países industrializados se han implementado programas de aseguramiento de calidad en el sector de la producción⁽⁵⁾; por ende, auditorías en las granjas, plantas de sacrificio y de procesamiento de carne de cerdos son realizadas con frecuencia con la finalidad de detectar defectos de calidad y mejorar los procesos de producción. En Estados Unidos y Europa, por ejemplo, estas auditorías han permitido determinar que las pérdidas económicas asociadas con la baja calidad de carne de cerdo oscilan entre 3 y 24 %^(6,7); en

INTRODUCTION

In recent years, global pork industry has undergone tremendous development that involves a growing demand on meat quality products. Consumers not only claim lean meat, but also with desirable characteristics of color, texture, flavor and aroma; even in many markets, they also require animal welfare standards. Appropriate animal handling in the last stage of the animal's life, from the farm to slaughter facility, affects yield and quality of pork⁽¹⁾. For these reasons, every day, most countries are making progress to legalize animal welfare aspects regarding management, transport and slaughtering^(2,3).

In Venezuela, the Pork Producers Federation has established agreements with the government in order to increase production and consumption. Lately, the increase in pork's demand is partly due to the problems of the beef industry and it has led to raise the per capita consumption from 4 to 6.5 kg/person/yr; leading to an increase in pork production of 15 %. Furthermore, it is well known that more than 50 % of pork is used for processed products⁽⁴⁾, in which the requirement and the standards of quality are superior.

Industrialized countries have implemented quality assurance programs in the pork industry⁽⁵⁾; indeed, audits in farms, slaughter plants and processing meat plant are conducted frequently in order to detect quality defects and improve production processes. In the U.S. and Europe, for example, these audits have determined that the economic losses associated with the low quality of pork range from 3 to 24 %^(6,7); in monetary terms, it has been determined that related losses to quality defects, are greater than \$ 213 million a year in the United States, being only for bruises about \$ 8 million annually⁽⁵⁾.

The present study aims to evaluate the animal handling and stunning practices and to determine the defects in the carcass quality and meat and their correlations, using a survey

términos monetarios, se ha determinado que las pérdidas, asociadas a los defectos de calidad, son mayores a 213 millones de dólares al año en los Estados Unidos, siendo sólo por contusiones alrededor de \$ 8 millones anualmente⁽⁵⁾.

El presente estudio tiene como objetivo determinar los defectos de la calidad en la canal y en la carne de cerdo, utilizando una encuesta basada en el formato del American Meat Institute, a fin de establecer una herramienta de fácil uso e interpretación a nivel comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de una granja comercial y una planta de sacrificio de cerdos, ubicada en el Municipio San Francisco del estado Zulia, Venezuela. Se evaluaron un total 200 cerdos divididos en cuatro grupos, un grupo cada 7 días. Los animales incluidos en la encuesta eran machos castrados y hembras destinadas a engorde, de edades comprendidas entre 164 y 168 días. La escala de peso a sacrificio osciló entre 98.67 y 102.7 kg. En cuanto a la genética de los animales, todos provenían de una línea materna comercial Top pigs C40 y una línea paterna terminal TM.

Se recolectó información en granja, durante el transporte, beneficio y manejo *postmortem*, utilizando la encuesta propuesta por la American Meat Institute⁽⁸⁾. Esta encuesta fue adaptada para las condiciones de producción de la finca y de la planta beneficiadora.

Evaluación en granja y durante el transporte

Se evaluaron aspectos relacionados con el manejo durante la carga y descarga de los animales, tales como: el uso de la varilla eléctrica para la movilización de los animales; infraestructura de corrales, caminos y rampas. Se registró información sobre el retiro del alimento de los animales en granja y la resistencia de los animales durante su traslado y carga al camión. Se evaluaron las condiciones

based on the format of the American Meat Institute, in order to establish corrective actions and a user-friendly tool for the pork industry.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at a commercial farm and slaughter plant, located in the municipality of San Francisco, Zulia State, Venezuela. A total of 200 pigs divided into four groups (50 pigs per group), one group each 7 d were evaluated. The animals included in the survey were barrows and gilts from the fattening lot, aged between 164 and 168 d. The slaughter weight range was between 98.67 and 102.7 kg. All animals came from a commercial maternal line C40 Top pigs and a parental line terminal TM with similar diet and management.

Information was collected at the farm, during loading, transporting and *antemortem* handling, using the survey proposed by the American Meat Institute⁽⁸⁾ with some modifications to adapt it to farm and slaughtering plant conditions.

Evaluation at farm and during transport

Aspects of animal handling were evaluated during loading and unloading of the animals such as: use of electric prod, moving methods, pen's infrastructure, chute and ramps conditions, fasting time, reluctance of animals during moving and loading to the truck, conditions of transport, journey conditions (time and driving distance) and the stocking density on trucks (expressed in number of animals/m²). Environmental temperature and relative humidity were recorded with a psychrometer, at farm and processing plant (holding pens).

Evaluation at the slaughtering plant

Animal's vocalization was evaluated during handling, restraint and stunning. During the mobilization of the pigs to the stunning pen, it was evaluated the use of electric prods and other handling tools. I was monitored the animal

del transporte, el tiempo y longitud del viaje (distancia recorrida) y la densidad de carga utilizada (expresada en número de animales/m²). Las constantes ambientales de temperatura y humedad relativa fueron leídas con un psicrómetro, en granja y planta de beneficio (corrales de espera).

Evaluación en planta de beneficio

Se monitoreó la vocalización del animal en el brete de aturdimiento, así como su posible causa (resbalones o caídas, apretamiento o por el uso de varillas eléctricas). Durante la movilización de los cerdos hacia el brete del aturdimiento, se evaluaron el uso de varillas eléctricas y otras herramientas de movilización. Se observó el comportamiento del personal obrero, en cuanto a acciones de maltrato deliberado.

A partir del aturdimiento, la información se recolectó en forma individual. Se registró si la colocación de los electrodos era adecuada para que la corriente eléctrica atravesara el cerebro; además se verificó el voltaje y el amperaje aplicado. En el riel de desangrado, se evaluaron la presencia de signos de retorno: parpadeo, pupila dilatada, respiración rítmica, vocalización, y reflejo de enderezar la cabeza. También se registraron los tiempos de aturdimiento y sangrado en una muestra aleatoria de 10 cerdos dentro de cada lote. En el área del escaldado, se evaluaron las condiciones de operación durante el escaldado y depilado (temperatura del tanque de escaldado, funcionamiento del equipo y animales que caían o salían fracturados después del escaldado).

Evaluación de la canal y de la carne

A las 24 h *postmortem*, las medias canales fueron evaluadas para distintas características cuantitativas y cualitativas, según lo establecido por la National Pork Producer Council⁽⁹⁾. El perfil de muscularidad se midió mediante patrones preestablecidos: (1) muy grueso, (2) grueso, (3) moderadamente grueso, (4) ligeramente delgado y (5) delgado. La longitud (cm) de la

vocalization at the stunning chute and its cause (slipping or falling, squeezing or using electric rods). The behavior of the staff workers, in terms of willful act of abuse against the animals was also observed and recorded.

To evaluate the effectiveness of stunning, it was evaluated: correct electrodes position, verity voltage and amperage applied. On the bleed rail, signs of returning to sensibility (rhythmic breathing, vocalization, a stiff curled tongue, eye blinking, arched back and response to a pin prick on the nose) were evaluated on an individual basis. Stunning time and bleeding time were recorded in a random sample of 10 pigs in each group. At the area of scalding, the operating conditions during the scalding and dehairing (scalding tank temperature, operation of equipment and animals falling or broken out after scalding) were also evaluated.

Evaluation of carcass and meat

At 24 h *postmortem*, carcasses were evaluated according to the National Pork Producers Council procedures⁽⁹⁾. The muscularity profile was measured by specific patterns: (1) very thick, (2) thick, (3) moderately thick, (4) slightly thin and (5) thin. Carcass length (cm) was obtained measuring the distance between the edge of the pubis and the anterior border of the first rib at its articulation with the first thoracic vertebra. The back fat thickness (cm) was obtained with a graduated ruler, at three levels: opposite to the first rib, last rib and last lumbar vertebra, and averaging the three measurements. Muscle color was assessed using a color scale⁽⁹⁾ determined visually, where: (1) pink pale gray to white, (2) grayish pink, (3) reddish pink, (4) dark reddish pink to red, (5) dark purple.

After equipment calibration, pH measurement was performed with a pH meter (meter portable pH and temperature, Testo ® brand model 230, Germany) in *longissimus dorsi* muscle at the tenth rib intercostal space, at 45 min and 24 h *postmortem*.

canal se obtuvo utilizando una cinta métrica y midiendo la distancia entre el borde anterior del pubis y el borde anterior de la primera costilla en su punto de articulación con la primera vértebra torácica. El espesor de la grasa dorsal (cm) se obtuvo midiendo, con una reglilla graduada, sobre la canal a tres niveles de la espalda: opuesto a la primera costilla, última costilla y última vértebra lumbar, y promediando las tres mediciones. Se evaluó el color muscular utilizando una escala de color determinada visualmente, donde: 1= rosado gris pálido a blanco; 2= rosa grisáceo; 3= rosa rojizo; 4= rosa rojizo oscuro; y 5= rojo púrpura oscuro⁽⁹⁾.

Previa calibración del equipo, se realizó la medición del pH y temperatura con un potenciómetro (instrumento de medición de pH y temperatura portátil, marca Testo® modelo 230; Alemania) en el músculo *Longissimus dorsi* a nivel del décimo espacio intercostal, a los 45 min y 24 h *postmortem*.

Posteriormente, se procedió al despiece y evaluación de los cortes; se determinó la presencia de contusiones, fracturas (de paleta, columna y pelvis), equimosis y petequias. Una vez extraído el corte de la chuleta, se recolectaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* para evaluar la capacidad de retención de agua (CRA), pérdida por goteo (PG) y color. Estas evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia.

Para la determinación de la PG, se utilizaron muestras de 80 y 100 g. Después de registrar su peso, cada porción se identificó y se colocó por separado en una bolsa plástica hermética y se almacenó a una temperatura de refrigeración de 2 °C, durante 48 h, al cabo del cual, se registró el peso de la muestra de carne. La pérdida por goteo se expresó en porcentaje de agua liberada de la muestra original⁽¹⁰⁾.

La CRA se analizó según lo descrito por Barbut⁽¹¹⁾, utilizando 1.6 g de muestra fresca

After evaluating the carcasses, they were fabricated and the presence of bruises, fractures, ecchymosis and petechiae were evaluated at shoulder, loin and leg cuts. After removing the loin, samples were collected from the posterior portion of the *longissimus dorsi* muscle to assess water holding capacity (WHC), drip loss (DL) and color. These assessments were performed at the Laboratory of Food Science and Technology, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia.

For determination of DL, samples ranged 80 and 100 g were used. After recording its weight, each portion was identified and separately placed in an air-tight plastic bag and stored at a refrigeration temperature of 2 °C during 48 h; after which, the weight of the meat sample was recorded. The drip loss was expressed in percentage of water released from the original sample⁽¹⁰⁾.

The WHC was analyzed as described by Barbut⁽¹¹⁾, using 1.6 g of fresh sample subjected to refrigerated centrifugation, then, the percentage of water lost by the sample due to the action of centrifugation were obtained, expressed in percentage.

Statistical analysis

The data obtained from the audit and carcass evaluation was analyzed with the statistical package SAS⁽¹²⁾. Frequency analysis was performed for audit data. Multivariate canonical correlation analysis was performed for the association study. The two groups of correlated variables were those related to slaughtering: lairage time, fasting time, electrode placement, vocalization, righting head reflex, bleed-rail falls, blinking and rhythmic breathing (canonical variable "slaughter"). Variables related to the carcass characteristics: pH, temperature, drip loss, color, carcass weight, carcass length, fat thickness, and muscularity and carcass defects (canonical variable "carcass").

para someterla a centrifugación refrigerada, para luego, obtener el porcentaje de agua perdida por la muestra debido a la acción de centrifugación, por diferencias de peso, expresada en porcentaje.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la encuesta en forma individual se analizaron mediante análisis de frecuencia. Para el estudio de asociación, se utilizó la técnica de correlación canónica de análisis multivariado del paquete estadístico SAS⁽¹²⁾. Los dos grupos de variables correlacionadas fueron: las relacionadas con el sacrificio: tiempo de reposo, tiempo de ayuno, la colocación del electrodo, insensibilización, vocalización, reflejo de enderezar la cabeza, caídas en riel de sangría, parpadeo y respiración rítmica (llamada variable canónica "beneficio"). Las variables relacionadas con las características de la canal: pH, temperatura, pérdida por goteo, color, peso de la canal, longitud de la canal, espesor de grasa, muscularidad y defectos en

RESULTS AND DISCUSSION

Audit antemortem conditions, loading and slaughtering

Table 1 presents a description of the conditions of each slaughter group. There were no individual body temperature records; however none pigs showed signs of fatigue or other symptoms of heat stress. The optimal temperature range for animal welfare is 26 to 31 °C⁽¹³⁾. In our conditions, the temperature range varied between 28 and 34 °C, during the morning, when transportation of animals occurred.

The distance between the farm and the slaughterhouse was 2.5 km, which was considered a very short distance, taking 15 min, approximately. Generally, it is considered that short transport time, like this one, do not affect the pork quality; however, some authors⁽¹⁴⁾ stated that even short distance, if they occurred under inadequate management conditions could affect animal welfare and carcass and pork

Cuadro 1. Descripción de las condiciones en granja, embarque, transporte y descarga en planta y proporción de carnes PSE, DFD y normal por grupo de sacrificio

Table 1. Description of farm, loading, transport and unloading conditions and proportions of PSE, DFD and normal pH meat

Variable	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Number of pigs	80	60	60	50
Fasting time, h	12	0	0	0
Average pig weight, kg	102.66	98.67	101.00	101.20
Farm temperature, °C	34	34	30	30
Farm relative humidity, %	53.16	55.10	79.30	80.00
Truck stocking density, kg/m ²	273.88	274.56	199.92	170.88
Slaughter plant temperature, °C	34	28	34	30
Slaughter plant relative humidity, %	53.16	80.11	69.03	79.30
Lairage time, h	22	22	4	3
Lairage pen density, m ² /pig	1.23	1.23	1.23	1.54
Lairage pen temperature, °C	30	26	30	30
Percentage of PSE* meat	10	0	0	8
Percentage of DFD* meat	2	4	5	2
Percentage of normal pH* meat	88	96	95	90

* Using pH measured at 24 h, according to Castrillón *et al.*⁽¹⁹⁾. PSE= pale, soft, exudative; DFD= dark, firm. dry.

pernil y chuleta (denominada variable canónica "canal").

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Auditoría de las condiciones antemortem, de desembarque y sacrificio

El Cuadro 1 presenta una descripción de las condiciones de cada grupo de sacrificio. No se realizaron registros individuales de temperatura corporal; sin embargo los cerdos no se observaron fatigados ni con síntomas de estrés calórico. Los rangos óptimos de temperatura ambiental para favorecer el bienestar de los animales es de 26 a 31 °C⁽¹³⁾. En nuestras condiciones, los rangos de temperatura oscilaron entre 28 y 34 °C en embarques realizados durante la mañana.

La distancia entre la granja y el matadero fue de 2.5 km, la cual fue recorrida en 15 min, aproximadamente. Se considera que este recorrido de tan corta distancia no afectó la calidad de la carne de cerdo; sin embargo, aún con distancia cortas, si éstas se realizan en condiciones de manejo inadecuado podrían afectar el bienestar animal y la calidad de la canal⁽¹⁴⁾. En cuanto a la densidad en el camión, en los dos primeros lotes (cada uno 274 kg/m²) fue superior a la densidad recomendada (232 kg/m²)⁽¹⁵⁾; sin embargo, no se observaron problemas de esta condición, posiblemente debido a la corta distancia de viaje. Los dos últimos grupos presentaron densidades inferiores a 200 kg/m²; esta densidad permitió que los animales puedan estar levantados o acostados sin llegar a sentirse apretados o asfixiados; sin embargo densidades muy bajas favorece un movimiento exagerado de los animales en el camión con golpes y contusiones entre ellos⁽¹⁵⁾; situación que no se observó en estos grupos.

Se evaluaron las rampas de desembarque en planta de beneficio y granja. La superficie del piso era antideslizante con hendidura adecuada que permitía un mejor agarre de las patas, cumpliendo con las recomendaciones para este

quality. Regarding the stocking density of the truck, in the first two groups (each 274 kg/m²) was higher than the density recommended (232 kg/m²)⁽¹⁵⁾; however, it was not observed any significant problems with this condition, maybe due to the short travel distance. The last two groups showed densities below 200 kg/m²; this density allowed animals to be raised or lying without feeling cramped or suffocated, but very low densities favors an exaggerated movement of animals in the truck and blow favoring bruises between them⁽¹⁵⁾, a situation which was not observed in these groups.

It was evaluated loading and unloading ramps at the farm and at the slaughter plant. The floor was non-slip surface allowing a better grip of the feet. Both farm and slaughter plant complied with the recommendations for this type of facilities, with the same width (80 cm in both cases). The angle of the ramp at the slaughtering plant was 17°, which according to the recommendations established^(16,17) is satisfactory which is ≤20°. Animals generally refuse to go downstream if the ramp has more than 20°, and facilitates the occurrence of broken feet or leg.

Groups 1, 2 and 3 showed a stocking density in holding pens very appropriate for pigs (1.23 m²/animal); except for the fourth group, which density was higher (1.54 m²/animal) than the recommended. Proper stocking density and water supply in the lairage pen before the stunning enables animals to stand up or lie down at the same time, and decrease the fights between them for space^(17,18).

To determine the proportion of meat PSE (Pale, Soft, Exudative), Normal and DFD (Dark, Firm, Dry) for each group, we used the classification published by Castrillon *et al*⁽¹⁹⁾. According to these authors, for pork, pH_{24h} values ≤5.5 indicate, PSE meat; pH₂₄ values ≥6.0 are considered DFD meat while pH_{24h} values between 5.6 and 5.9 indicate normal meat. The highest percentage of meat with low pH (≤5.5) was observed in group 1, followed by group 4.

tipo de infraestructura; el ancho de las mismas era de 80 cm, en ambos casos. El ángulo de la rampa de desembarque en la planta de beneficio fue de 17°; la cual según las recomendaciones establecidas^(16,17) es $\leq 20^\circ$. Los animales generalmente rehúsan bajar pendiente mayores a las indicadas; por otro lado, el movimiento de animales en sentido descendente facilita la ocurrencia de fracturas de patas. Con respecto a la densidad animal en los corrales de espera, para los grupos 1, 2 y 3 se evidenció una densidad apropiada para los animales (1.23 m²/animal), la cual se encontró dentro del límite en un estudio⁽¹⁸⁾. En el cuarto grupo, la densidad fue superior (1.54 m²/animal) a la recomendada. Una adecuada densidad en el corral de espera previo al beneficio facilita que los animales puedan levantarse o acostarse al mismo tiempo, y disminuir las peleas entre ellos por el espacio⁽¹⁷⁾.

Para conocer la proporción de carnes PSE (Pale, Soft, Exudative), Normal y DFD (Dark, Firm, Dry) para cada grupo de tratamiento, se utilizó la clasificación publicada por Castrillón *et al.*⁽¹⁹⁾. Según estos autores, para carne de cerdo, valores de pH_{24h} ≤ 5.5 indican, carnes PSE; valores de pH_{24h} ≥ 6.0 , se consideran carnes DFD, mientras que valores de pH_{24h} entre 5.6 y 5.9 indican carnes normales. El mayor porcentaje de carnes con pH bajo (≤ 5.5) se observó en el grupo 1, seguido por el grupo 4. Con respecto a la proporción de carnes con pH ≥ 6.0 (carnes DFD) fue relativamente baja (menor a 5 %) en todos los grupos (Cuadro 1). Las causas de estos resultados posiblemente estén más relacionadas con manejo antes del aturdimiento, que con factores evaluados en granja o durante el transporte.

Resbalones y caídas

Según la guía de evaluación utilizada⁽⁸⁾, debido a que la velocidad de la línea de beneficio de la planta es de 120 cerdos/hora, se tomaron muestras aleatorias de 50 cerdos por grupo de

With respect to the proportion of meat with pH ≥ 6.0 (DFD meat) that were relatively low (less than 5 %) in all groups (Table 1). The causes of these results were possibly more related to management before stunning than factors evaluated at the farm or during transport.

Slips and falls

The AMIF's audit guidelines⁽⁸⁾ recommend scoring a minimum of 100 animals in large plants and 50 in small plants. The speed-line of the plant is 120 pigs/h, therefore we evaluated 50 pigs per group. During unloading the truck, it was observed that 2.5 % of the animals slipped and 4 % slipped when they were taken to the stunning chute (Table 2). This was due to the fast mobilization from workers performed to the animals, which caused some stress to the animals. An evaluation of slips and falls, is considered excellent if none of the animals fall or slip, it is considered acceptable if between 1 and 3 % of the animals slip⁽⁸⁾. The qualification "no acceptable", is obtained when more than 3 % of the animals slip and fall more than 1 %. If more than 5 % fall or slip, then it is considered that there are serious problems. In the current study, the critical area for slipping and falling was at the stunning chute.

Vocalization

The frequency of vocalization of pigs during their mobilization from the lairage pens to the stunning area is shown in Table 2. The 49.5 % of pigs vocalized. The cause was rough handling, especially when they were moved to the stunning area. The vocalizations are considered acceptable if these range from 1 to 5 %, and excellent, if it is 0 %⁽⁸⁾. The quantification of individual pig vocalization is not an easy task. In addition, other causes of vocalization in the area of lairage pen to the stunning may be due to incorrect use of electrical prods, sharp edges, bad body condition of the animal, pressure in the chute, by movements at different speeds by the workers, and hitting the animal in the chute⁽⁸⁾.

beneficio, para la evaluación individual de los mismos. Durante la descarga del camión, se observó que el 2.5 % de los animales resbalaron y el 4 % de los animales resbalaron cuando eran conducidos al brete del aturdimiento (Cuadro 2). Esto fue debido a un acelerado arreo de los operarios que hacían estresar a los animales. Una evaluación de resbalones y caídas, se considera excelente cuando ninguno resbala o cae; es aceptable, sí entre 1 a 3 % de los animales resbalan⁽⁸⁾. La calificación de no aceptable, se obtiene cuando más del 3 % de los animales resbalan y más del 1 % caen. Si más del 5 % caen y más del 5 % resbalan, entonces se consideran que existen serios problemas.

Stunning conditions

It was noticed the use of showers before pigs entering the stunning pen, with water at 25 °C. Personnel did not used electric prods while moving animals to the stunning area; instead, they used plastic flags. The stunning method used was the electric stunning (scissor-type tongs), in which electricity it is applied a frequency higher to 50 Hz through the use of a clamp with two electrodes at the ends, and placed in front or behind the ear, so the electric current could pass through the brain; there is no a immobilization chute in this plant. The animals were taken to the stunning pen in groups of 10, and then they were stunned one at a time. Some authors stated that the quality

Cuadro 2. Resultados de la evaluación individual de los cerdos durante la conducción hacia el área de aturdimiento, la insensibilización y desangrado

Table 2. Results of the individual evaluation during mobilization towards the stunning area, and stunning pen

Evaluation	Incidence	Percentage	Qualification
Slips and falls:			
Falls during truck unloading	0	0	Excellent
Slips during truck unloading	5	2.5	Acceptable
Falls due to bad rearing	0	0	Excellent
Slips due to bad rearing	8	4.0	No acceptable
Vocalization^a:			No acceptable
No vocalization	99	49.5	
Vocalize due to electric prod use	0	0	
Vocalize due to slips or falls	0	0	
Vocalize due to rough manipulation	101	50.5	
Vocalize due to crowed space	0	0	
Stunning effectiveness:			No acceptable
Correct electrodes placement	107	53.5	
Incorrect electrodes placement	93	46.5	
Bleed rail insensibility:			No acceptable
Completely insensity	30	15.0	
Righting reflex of head	100	50.0	
Eye blinking	53	26.5	
Falls from the rail (improper stunning)	17	8.5	
Carcass retain during scalding	1	0.5	Acceptable
Carcass fallen after dehearing	15	7.5	

^a Evaluation performed according to Grandin⁽⁸⁾.

Vocalización

La frecuencia de vocalización de los cerdos, durante su movilización desde los corrales hasta el área de aturdimiento se muestra en el Cuadro 2. El 49.5 % de los cerdos no vocalizaron. El resto vocalizó debido a manipulación brusca, principalmente al momento de conducirlos al área de aturdimiento. Las vocalizaciones se consideran aceptables, si éstas oscilan entre 1 a 5 %, y excelente, si se registra 0 % de vocalización⁽⁸⁾. La cuantificación individual de los gruñidos de los cerdos no es tarea fácil. Las causas de la vocalización en el área de conducción hacia el aturdimiento pueden ser debidas a una incorrecta utilización de varillas eléctricas, molestias causadas en el brete del aturdimiento por bordes afilados, por mala condición corporal del animal, por presión en el brete, por los movimientos a diferentes velocidades por parte del aturdidor, y al golpear al animal en el brete⁽⁸⁾.

Condiciones de aturdimiento

Se observó el uso de duchas antes de entrar al área de insensibilización para los cuatro grupos de sacrificio con agua a 25 °C. No se utilizaron varillas eléctricas durante la conducción de los animales hacia el área de aturdimiento; en su lugar, se utilizaron banderines plásticos. El método utilizado para el aturdimiento fue electro-narcosis, en el que se le aplica electricidad de frecuencia mayor a 50 Hz utilizando una pinza con dos electrodos en los extremos que se colocan delante o detrás de las orejas, con el objeto de que la corriente eléctrica atravesase el cerebro; no existe en esta planta de sacrificio un sistema de inmovilización. Los animales eran conducidos al área de aturdimiento en grupos de 10 aproximadamente, para luego ser aturridos uno a la vez. Algunos autores afirman que la calidad de la carne de cerdo se puede mejorar insensibilizando los cerdos en forma grupal en lugar de forma individual, y disminuyendo los tiempos entre el aturdimiento y desangrado y el tiempo de escaldado⁽²⁰⁾.

of the pork meat is better when animal are stunned in groups rather than individually, and decreasing the time between stunning and bleeding and scalding time⁽²⁰⁾.

The amperage used ranged from 1.53 to 2.25 A, with a voltage of 225 V, which is higher than the recommended. The amperage recommended (average weight 100 kg) to reduce blood splash on the skin and flesh and to induce instantaneous insensibility⁽⁸⁾ is 1.3 A and the minimum voltage of 250 V. The weight range of the animals was uniform (98 to 102 kg), but the operator never controlled the stunning time or the correct placement of the electrodes, since the animals were in constant motion. Due to the inability to record the stunning time for each animal, it was scored a representative sample of ten pigs in each group. The stunning time average was 1.29 s for group 1, 1.36 s for group 2, 1.12 s for group 3 and 1.13 s for group 4. In all cases it was considered that the stunning times were lower than recommended for use amperage and voltage, which is 3 s with the amperage and voltage values shown above.

The electrodes position during the stunning process of each individual pig was observed according the AMI audit assessment⁽⁸⁾. The results of this evaluation are presented in Table 2. There was a 53.6 % of effectiveness in electrode position. Effectiveness is acceptable if 99 % is recorded in the correct placement of the electrodes and excellent if it is 100 %⁽⁸⁾. The audit fails, if the values range from 98 to 96 % and less than 96 % indicates serious problems, as showed in this case. The lack of a restrainer and unskilled operator resulted in a low percentage of effectiveness in the electrode position. The stunning time was lower than the recommended; however, the amperage used was greater. An incorrect stunning may leads to return of sensitivity and decreased carcass quality, increasing the incidence of bone fractures, hemorrhages, petechiae in valuable cuts like legs and loin^(18,21).

El amperaje usado osciló entre 1.53 a 2.25 A, con un voltaje de 225 V, el cual es superior al recomendado. El amperaje requerido para insensibilizar a cerdos de engorde (peso promedio 100 kg) es de 1.3 A y el mínimo voltaje recomendado es de 250 V para reducir los derrames de sangre en la piel y en la carne, induciendo la insensibilidad instantánea⁽⁸⁾. La escala de peso de los animales era muy estrecho (98 a 102 kg); sin embargo el operario no controlaba el tiempo de aturdimiento ni la correcta ubicación de los electrodos, ya que los animales estaban en constante movimiento. Debido a la imposibilidad de registrar el tiempo de aturdimiento para cada animal, se cronometró el tiempo de aturdimiento a una muestra representativa de diez cerdos dentro de cada grupo. El tiempo de aturdimiento promedio fue de 1.29 seg para el grupo 1; 1.36 seg para el grupo 2; 1.12 seg para el grupo 3 y 1.13 seg para el grupo 4. En todos los casos se considera que el tiempo de aturdimiento es menor al recomendado para el amperaje y el voltaje usado, que es de 3 seg para los valores de amperaje y voltaje indicados anteriormente.

Para determinar la efectividad del aturdimiento, adicionalmente, para cada cerdo en forma individual, se observó la colocación de los electrodos en el momento del aturdimiento, según las indicaciones de evaluación de auditoría⁽⁸⁾. Los resultados de esta evaluación se presentan en el Cuadro 2. Se registró un 53.6 % de efectividad en la colocación de los electrodos; para una auditoría de este tipo, una efectividad es aceptable si registra 99 % en la colocación correcta de los electrodos y excelente si es el 100 %⁽⁸⁾. La auditoría falla, si los valores oscilan entre 98 a 96 %, y menos del 96 % indica graves problemas, como resultó en este caso. La falta de un dispositivo para impedir el movimiento libre de los animales al momento de colocar la pinza, unido a la falta de pericia del operador, ocasionaron este bajo porcentaje de efectividad en la colocación correcta de la pinza de aturdimiento. El tiempo de colocación de los electrodos fue menor al recomendado; sin embargo, el amperaje usado

Bleed rail insensibility

In the present study, it was observed 65 % of animals with righting reflex of head and back and 26.5 % of the animals had eye blinking. Due to improper stunning and, 8.5 % of animals fall down from the rail. Regrettably, the plant did not have euthanasia procedure in-place in this kind of situations (Table 2). The observation of one or more of the conditions mentioned before, it is considered as deficient stunning (85 % of the animals were not properly stunned). These problems could be caused by the high percentage of pigs (46.5 %) with incorrect electrode placement during stunning, short time of electrical exposure and dirty electrodes which might increase the animal resistance.

Carcass defects

Table 3 presents the frequency of petechiae, ecchymoses, broken bones, and abscess for each pork cuts (shoulder, loin, leg and belly). There was a high incidence of ecchymoses and petechiae (89.57 %) in the legs evaluated, resulting in the predominant defect in this primal cut. The loins presented fractures in a proportion of 5.62 %, while the shoulder and belly had no noticeable defects. Defects detected reflect problems during the *ante* or *postmortem* management.

Considering the overall results of the current study, the critical process point was the electrical

Cuadro 3. Proporción de defectos en la canal de cerdo durante el despiece (%)

Table 3. Proportion of defects in pork carcass during deboning (%)

Defects	Shoulder	Loin	Leg	Belly
No defects	99.1	94.37	3.21	100.0
Broken bones	0	5.62	1.20	-
Ecchymoses & petechiae	0	0	89.57	0
Bruises	0.8	0	6.02	0
Abscess	0.4	0	0	0

fue mayor al sugerido. Un incorrecto aturdimiento conduce al retorno a la sensibilidad y a la disminución de la calidad de la canal, al aumentar la incidencia de fracturas óseas, petequias y hemorragias en piezas nobles, tales como pernil y chuleta^(18,21).

Insensibilización

En el presente estudio, se observó un 65 % de animales con el reflejo de enderezar la cabeza, 26.5 % de los animales parpadearon y presentaron la pupila dilatada y un menor porcentaje (8.5 %) de animales sufrieron caídas desde el riel por mal aturdimiento (Cuadro 2). La observación de una o varias de estas condiciones se considera como aturdimiento deficiente (85 % de los animales no estaban adecuadamente insensibilizados). Se estima que estos problemas pudieron ser originados por el alto porcentaje de cerdos (46.5 %) con incorrecta colocación de electrodos durante el aturdimiento, resultando en una insensibilización incompleta o ausente, por el poco tiempo de exposición a la descarga eléctrica, y la utilización de electrodos sucios, que hacen aumentar la resistencia.

stunning. Fractures of the loins could be due to an excess of the current used (high amperage); even to short time electric exposure time.

Canonical correlation analysis

Table 4 presents the descriptive statistics of the variables evaluated for all animals in the study, with the aim of showing the general characteristics of the animals used.

The canonical correlation analysis defined seven canonical correlations, which only the first two were significant ($P<0.05$). The first canonical correlation showed a correlation coefficient of 0.495 ($P=0.0001$) and the second was of 0.417 ($P=0.014$). The first correlation explained 37.4 % of the variation found, with a significance level of $P=0.0001$, the second explained 24.3 % with a significance level of $P=0.0140$, both comprised 61.64 % of the common variance. The two significant canonical correlation indicates that the relationship between the two sets of variables can be reduced to a two dimensional plane, noting that this association also is

Cuadro 4. Parámetros descriptivos de las variables estudiadas para todos los animales del estudio¹

Table 4. Descriptive statistics for carcass and meat traits¹

Variables	Mean	SD	Minimum	Maximum
pH 30 min	6.43	0.28	5.43	6.82
pH 24 h	5.72	0.17	5.24	6.01
Temperature 45 min	32.10	3.90	24.0	38.50
Temperature 24 h	3.98	1.20	1.90	8.33
Drip loss, %	2.65	1.54	0.00	8.33
WHC ² , %	16.71	4.44	4.19	24.00
Color ³	2.18	0.64	1.00	4.00
Carcass weight, kg	73.66	6.79	57.8	85.00
Carcass length, cm	78.41	2.62	69.0	85.00
Muscularity profile ⁴	1.95	0.66	1.00	3.00
Back fat thickness, cm	1.71	0.53	0.33	3.00

SD= standard deviation; 1= 120 barrows y 80 gilts; 2= water holding capacity; 3= color visual scale (1: rosado gris pálido a blanco; 2: rosa grisáceo; 3: rosa rojizo; 4: rosa rojizo oscuro; y 5: rojo púrpura oscuro); 4= (1: very thick; 2: thick, 3: moderately thick, 4: slightly thin and 5: thin).

Defectos en la canal

En el Cuadro 3 se presenta la relación porcentual de Petequias, hemorragias internas, absceso y fracturas óseas a nivel de paleta, chuleta, perril y tocina durante el despiece. Se observó una alta incidencia equimosis y Petequias (89.57 %) en los perriles evaluados, resultando el defecto predominante en esta pieza de la canal. Las chuletas presentaron fracturas en una proporción de 5.62 %; mientras que la paleta y tocina resultaron prácticamente sin defectos notorios. Los defectos detectados reflejan problemas en el proceso de manejo *ante y postmortem* de los cerdos. Considerando los resultados globales de la encuesta, el proceso de aturdimiento eléctrico es punto crítico del beneficio en esta planta. Las fracturas de la chuleta pudieron originarse a exceso de corriente utilizado (amperaje); ya que el tiempo de exposición o tiempo de aturdimiento en general fue menor al recomendado.

Análisis de correlación canónica

En el Cuadro 4 se presentan los estadísticos descriptivos de las variables evaluadas para todos los cerdos del estudio, con el objetivo de mostrar las características generales de los animales utilizados. El análisis de correlación definió siete correlaciones canónicas, de las

Cuadro 5. Correlaciones entre las variables originales relacionadas con el beneficio y sus variables canónicas

Table 5. Correlation between original variables related to stunning and its canonical variables

Original variables	Canonical variate Slaughter 1	Canonical variate Slaughter 2
Electrode position	0.3220	0.5669
Vocalization	0.2379	0.1782
Bleed rail insensibility	0.2000	0.3951
Righting reflex of head	-0.1680	-0.4646
Falls	-0.0334	0.4679
Rhythmic breathing	-0.1438	0.3766
Eye blinking	-0.8140	0.3849

important as explained 61.64 % of the observed variation. These results suggest that there is a high correlation between the two sets of canonical variables.

The correlation coefficients between the original variables and canonical variables allow establishing the weight of each original variable in the conformation of the canonical variable or composing (Tables 5, 6). The coefficients of correlation between the original variables related to "slaughter" and their canonical variables "slaughter 1" and "slaughter 2", created from these set of variables showed that in the canonical variables "slaughter 1" and "blinking" were the most important variable ($r = -0.81$), followed by the variables "electrode position" ($r = 0.32$) and "vocalization" ($r = 0.23$). For the canonical variable "carcass 1", it was found that the largest contribution variables were pH measured at 24 h ($r = 0.76$), followed by drip loss ($r = 0.44$), and the pH measured at 45 min ($r = 0.31$).

Cuadro 6. Correlaciones entre las variables originales de la canal y sus variables canónicas

Table 6. Correlation between original variables related to carcass and its canonical variates

Original variables	Canonical variate Carcass 1	Canonical variate Carcass 2
pH 45 min	0.3199	0.1750
pH 24 h	0.7674	-0.1498
T45 min, °C	0.2728	0.4815
T24 h, °C	0.2593	-0.6687
DL, %	0.4468	0.4213
Color	-0.1308	-0.0941
Carcass weight, kg	0.0301	0.0736
Carcass length, cm	-0.0928	0.4113
Muscularity	-0.3677	-0.2477
Back fat thickness, cm	-0.1173	-0.2303
Loin defects, %	0.2321	-0.0226
Leg defects, %	0.0706	-0.0956

pH was measured at 45 min and 24 h in *Longissimus dorsi* muscle. Temperature was measured at 45 min and 24 h in *Longissimus dorsi* muscle. DL= Drip loss at 48 h.

cuales sólo las dos primeras resultaron significativas ($P < 0.05$). La primera correlación canónica mostró un coeficiente de correlación de 0.495 ($P = 0.01$) y la segunda resultó de 0.417 ($P = 0.01$). La primera correlación explicó el 37.4 % de la variación encontrada, con un nivel de significancia $P = 0.01$; la segunda, explicó el 24.3 % con un nivel de significancia $P = 0.01$; ambas constituyen el 61.64 % de la varianza común. La significancia de dos correlaciones canónicas indica que la relación entre los dos grupos de variables puede reducirse a un plano bidimensional, destacando además que esta asociación es importante, ya que se explica más del 50 % (61.64 %) de la variación observada. Estos resultados sugieren que existe un alto grado de asociación entre ambos grupos de variables compuestas o canónicas.

Para conocer el peso de cada variable original en la conformación de la variable canónica o compuesta, se presentan los coeficientes de correlación entre las variables originales y sus variables canónicas (Cuadros 5 y 6). Los coeficientes de correlación entre las variables originales relacionadas al beneficio y sus variables canónica "Beneficio 1" y "Beneficio 2", creadas a partir de este conjunto de variables, muestran que para las variables canónica "Beneficio 1", el "parpadeo" fue la variable más importante ($r = -0.81$), seguido de

Cuadro 7. Correlaciones entre las variables originales de beneficio y las variables canónicas "canal"

Table 7. Correlations between original variables related to stunning and canonical variable "Carcass"

Slaughter	Canonical variate Carcass 1	Canonical variate Carcass 2
Electrode placement	0.1596	0.2368
Vocalization	0.1179	0.0744
Insensibility	0.0991	0.1650
Righting reflex of head	-0.0833	-0.1941
Falls	-0.0166	0.1954
Rhythmic breathing	-0.0713	0.1573
Eye blinking	-0.4034	0.1608

Table 7 shows the canonical correlation between the original variables related to slaughter and the canonical variable "carcass 1" and "carcass 2". The variable "blinking" was moderately correlated ($r = -0.40$) with the canonical variable "carcass 1", while the rest of the variables showed low correlations.

In the canonical variable "carcass 2", it was noticed that variables related to the slaughtering process showed in general low correlation with the canonical function "carcass 2", resulting "electrode position" with the highest correlation coefficient.

Table 8 shows the canonical correlation between the original variables and the canonical variables "slaughter 1" and "slaughter 2", which the variable pH measured at 24 h was found slightly correlated ($r = 0.38$) with the variable "slaughter 1". The remaining variables showed low correlations. For the canonical variable "slaughter 2", it was found that variables presented low correlation, being more important the variable temperature at 24 h.

Cuadro 8. Correlaciones entre variables originales de canal y variables canónicas "beneficio"

Table 8. Correlations between original carcass variables and canonical variate "slaughter"

Carcass variables	Canonical variate Slaughter 1	Canonical variate Slaughter 2
pH 45 min	0.1585	0.0731
pH 24 h	0.3802	-0.0626
T45 min, °C	0.1352	0.2011
T24 h, °C	-0.1285	-0.2793
DL, %	0.2214	0.1760
Color	-0.0648	-0.0393
Carcass weight, Kg	0.0149	0.0307
Carcass length, cm	-0.0460	0.1718
Muscularity	-0.1822	-0.1035
Back fat thickness, cm	-0.0581	-0.0962
Loin defects, %	0.1150	-0.0094
Leg defects, %	0.0350	-0.0399

pH was measured at 45 min and 24 h in *Longissimus dorsi* muscle. Temperature was measured at 45 min and 24 h in *Longissimus dorsi* muscle. DL= Drip loss at 48 h.

la variable "colocación del electrodo" ($r= 0.32$) y la variable "vocalización" ($r= 0.23$). Para la variable canónica "Canal 1", se encontró que la variable de mayor contribución fue el pH medido a las 24 h ($r= 0.76$), seguido de la pérdida por goteo ($r= 0.44$), y el pH medido a los 45 min ($r= 0.31$).

En el Cuadro 7 se presenta la correlación canónica entre las variables relacionadas con el proceso de beneficio y la variable canónica "Canal 1" y "Canal 2". La variable "parpadeo" se encuentra moderadamente correlacionada ($r= -0,40$) con la variable canónica "Canal 1", mientras que el resto de las variables presentan correlaciones bajas.

En la variable canónica "Canal 2" se observó que las variables relacionadas con el beneficio mostraron en general, baja correlación con la función canónica "Canal 2", resultando la "colocación del electrodo" con el mayor coeficiente de correlación.

El Cuadro 8 muestra la correlación canónica entre las variables originales de la canal y la variable canónica "Beneficio 1" y "Beneficio 2", donde la variable pH medido a las 24 h se encontró ligeramente correlacionada ($r= 0.38$) con la variable "Beneficio 1". El resto de las variables presentaron correlaciones bajas. Para la variable canónica "Beneficio 2" se observó que las variables presentaron baja correlación, destacándose la variable temperatura a las 24 h.

Según los resultados obtenidos en los análisis multivariados de correlación canónica se destaca que las variables pH (evaluado a los 45 min y a las 24 h) *postmortem*, PG, y muscularidad, son indicadores idóneos de la calidad de la canal y de la carne. La relación entre estas variables y la calidad de la carne de cerdo ha sido muy estudiada; numerosas investigaciones soportan el uso de las mismas como indicadores de la calidad⁽²²⁻²⁶⁾.

Para la evaluación del proceso de aturdimiento, que según los resultados de la auditoría, es la fase más importante del proceso de beneficio,

The results of the multivariate canonical correlation analysis emphasize that pH variables (assessed at 45 min and 24 h) *postmortem*, DL and muscularity are suitable indicators of carcass and meat quality. The relationship between these variables and the pork quality have been studied; numerous investigations support the use of these variables as indicators of quality⁽²²⁻²⁶⁾.

For the evaluation of the stunning process, according to the results of the audit, the most important aspects of the slaughtering process were the indicators of stunning effectiveness, like: eye blinking, vocalization and electrode placement, so that they should be considered for plant slaughter audit. The electrode should be placed in the correct position in order to the current passes through the brain⁽²⁷⁾. The stunning head-chest decreases the problems related to return to sensibility after stunning⁽²⁸⁾. The most common causes of returning to sensibility are due to incorrect position of the electrodes and poor bleeding techniques⁽²⁹⁾.

The results of the canonical correlation analysis complement the audit results. It allowed knowing the most important associations between two sets of composite variables representing the two sides of the equation carcass quality and meat and *antemortem* and slaughtering process. There are few scientific reports^(30,31) that have used the canonical correlation techniques to study multiple relationships between two or more groups of variables; even tough, publications addressing this kind of correlation using welfare audit variables do not exist to author's knowledge.

Audits in developed countries, at the farm level and slaughter plant, have led a great improvement in the handling and stunning practices⁽³²⁾. These kinds of experiences in the pork industry in Latin America are very scarce. In countries like the United States there are more experiences in this type of evaluation. In 2000, auditors evaluated 22 pork slaughter plants in this country, through a numerical grading system and revealed that some plants

se encontró que el parpadeo, la vocalización y la colocación del electrodo definen principalmente este proceso, por lo que se deben considerar para su monitoreo en planta. Otro aspecto importante es la colocación correcta de los electrodos; para que la corriente pase a través del cerebro, los electrodos deben ser ubicados en la posición correcta⁽²⁷⁾. El aturdimiento por cabeza-pecho disminuye los problemas relacionados con el retorno a la sensibilidad después del aturdimiento⁽²⁸⁾. Las causas más comunes de problemas con el retorno a la sensibilidad, responden a la posición incorrecta de las pinzas y técnicas deficientes de desangrado⁽²⁹⁾.

Los resultados de los análisis de correlaciones canónicas complementan los encontrados en la encuesta o auditoria aplicada, ya que permitieron conocer las asociaciones más importantes entre dos grupos de variables compuestas que representan los dos lados de la ecuación de calidad de la canal y la carne. Existen escasos reportes científicos^(30,31) que han utilizado la técnica de correlación canónica para estudiar las relaciones múltiples entre dos o más grupos de variables, pero en ningún caso se han usado para auditorias o encuestas de bienestar animal.

Auditorias en países desarrollados, a nivel de granja y planta de faenado han ocasionado una gran mejoría en las prácticas de aturdimiento y manejo⁽³²⁾. Trabajos sobre aplicación de auditorías en la industria de carne porcina en países de América Latina son también escasos. En países como Estados Unidos existe una mayor experiencia en este tipo de evaluaciones. Así, durante el año 2000, auditores que evaluaron 22 plantas de cerdos en este país, mediante un sistema numérico de calificaciones, revelaron que el desempeño de algunas plantas era todavía deficiente en algunos aspectos importantes de manejo y bienestar animal⁽³²⁾.

En el proceso de sacrificio, el aturdimiento resulta ser la fase que más incide sobre las características de calidad de la carne de cerdo. Heather *et al.*⁽²⁴⁾ estudiaron el efecto de

were still deficient in some important management and animal welfare aspects⁽³²⁾.

In the process of slaughter, stunning is the phase with more impact on the pork quality characteristics (meat and carcass). Heather *et al.*⁽²⁴⁾ studied the effect of different stunning methods including several forms of electrical method, finding a higher incidence of PSE meat in electrically stunned pigs when compared with animals stunned with CO₂⁽³²⁾. Lammens *et al.*⁽²⁶⁾ evaluated in five pork slaughter plants the effects of *antemortem* conditions, the facility layout and two stunning methods (electric and CO₂) and their impact on the pork quality. Study with 2,246 pigs under the survey or audit mode⁽²⁶⁾, emphasized the importance of handling pigs under a quality control protocols, in order to avoid risk factors during transport and holding time in slaughterhouses. However, the authors presented limitations to explain some results because no information was available on farm management, and animal genotype, among others.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The audit identified potential problems (rough handling staff) related to moving animals to the stunning area; however, the critical phase was the stunning, with the incorrect position of the electrode and high percentages of animals returned of consciousness as the main indicators of a poor stunning effectiveness. The results obtained in canonical correlation analysis, confirmed the problems identified in the audit; thus, incorrect position of electrodes, eye blinking, vocalization and righting reflex of head were highly correlated with the characteristics which defined the canonical composite variable "carcass". The survey performance in the audit could be a good tool to detect failures in the handling and slaughter process, and consequently, ensure the quality of pork to consumers and manufacturing pork to the processed meat industry. Additionally it is necessary to implement staff training programs

diferentes métodos de aturdimiento que incluyó varias modalidades del método eléctrico; encontrando una mayor incidencia de carnes PSE en cerdos aturdidos eléctricamente, al compararlos con los animales aturdidos con CO₂⁽³²⁾. Lammens *et al*⁽²⁶⁾ evaluaron el efecto de las condiciones *ante mortem*, el diseño de las instalaciones con dos métodos de aturdimiento (eléctrico y de CO₂) para estudiar su impacto en la calidad de la carne de cerdo en cinco plantas de beneficio, evaluando 2,246 cerdos bajo la modalidad de encuesta o auditoría⁽²⁶⁾; este estudio destaca la importancia del manejo de los cerdos según un protocolo de calidad para evitar factores de riesgo durante el transporte y tiempo del reposo para los procedimientos en mataderos. Sin embargo, los autores presentaron limitaciones para explicar algunos resultados debido a que no se contaba con información sobre manejo en la granja, genotipo de los animales, entre otros.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La auditoría permitió detectar posibles problemas (manipulación brusca del personal y pisos no adecuados) con el arreo de los animales en la manga que conduce hacia el brete de insensibilización; sin embargo, la fase crítica del proceso de beneficio resultó ser el aturdimiento, siendo la colocación incorrecta del electrodo y el alto porcentaje de animales mal insensibilizados los indicadores de un mal aturdimiento. Los resultados obtenidos en el análisis de correlaciones canónicas, confirmaron los problemas detectados en la auditoría. Se comprobó que la colocación de electrodos, parpadeo, vocalización, reflejo de enderezar la cabeza, están altamente correlacionadas con las características que definieron la variable compuesta canónica "canal". La encuesta utilizada puede ser usada a nivel de planta de sacrificio para detectar fallas en el proceso de manejo y beneficio animal, y asegurar la calidad de la carne de cerdo obtenida a consumidores y a empresas embutidoras a las que se le provee de materia prima para la elaboración de productos cárnicos. Adicionalmente, es

on good animal welfare practices in order to ensure the pork quality of carcass and meat.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to Producciones Porcina C.A. (PROPORCA) for logistical support and contribution of meat samples for analysis of color, water holding capacity and drip loss. Also acknowledge the valuable assistance of Ing. Armando Hernandez, M.V. Manolo Aguirre, Prof. Sojan Uzcátegui and Mr. Luis Vilchez during the experimental phase of this project.

End of english version

necesario implementar programas de capacitación al personal en cada una de las actividades que se desarrollan, así como implementar las buenas prácticas de bienestar animal, a fin de garantizar la calidad de la carne de cerdo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Producciones Porcina C.A por el apoyo logístico y el aporte de las muestras de carne para los análisis de color, capacidad de retención de agua y pérdidas por goteo. Así mismo reconocen la valiosa colaboración del Ing. Armando Hernández, el M.V. Manolo Aguirre, la Profa. Soján Uzcátegui y el Sr. Luis Vilchez durante la fase experimental de este proyecto.

LITERATURA CITADA

1. Álvarez-Álvarez D. El ayuno *antemortem*: reduce el estrés y favorece la calidad de la carne. En: Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Trujillo-Ortega M editores. Bienestar animal y

- calidad de la carne. México: Editorial BM Editores; 2010:199-209.
2. Croney CC, Millman ST. Board-invited review: The ethical and behavioral bases for farm animal welfare legislation. *J Anim Sci* 2007;85(2):556-565.
 3. Mayer H. Animal welfare verification in Canada: a discussion paper. The George Morris Centre. Canadian Council of Grocery Distributors, Alberta Farm Animal Care Association. 2002. [on line]. http://www.facs.sk.ca/pdf/other/animal_welfare_verification_Canada.pdf. Consultado Jun 15, 2010.
 4. Food and Agriculture Organization. FAOSTAT. Database results. 2004. [on line]. <http://www.fao.org/FAOSTAT.Results.htm>. Consultado Jun 15, 2010.
 5. National Pork Board. Transport quality assurance handbook: a quality assurance program design specifically for transporter, producers and handler of pigs. Transport Quality Assurance. 2010. [on line]. http://www.pork.org/Producers/docs/TQA_08. Consultado May 13, 2010.
 6. Cannon JE, Morgan JB, Mckeith FK, Smith GC, Sonka S, Heavner J, et al. Pork chain quality audit survey: Quantification of pork quality characteristics. *J Muscle Foods* 1996;7(1):29-44.
 7. Hambrecht E, Eissen JJ, Verstegen MWA. Effect of processing plant on pork quality. *Meat Sci* 2003;64:125-131.
 8. Grandin T. Recommended Animal Handling Guidelines and Audit Guide for Cattle, Pigs, and Sheep. American Meat Institute Foundation. 2007;61-73.[on line]. http://www.meatami.com/Template.cfm?Section:Animal_Welfare&CONTENTID=5242&TEMPLATE=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm. Consultado Feb 10, 2008.
 9. National Pork Producer Council. Procedure to evaluate market hogs. Third Edition. National Pork Producers Council. Des Moines, Iowa, USA. 1991.
 10. Honikel KO. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci* 1998;49(4):447-457.
 11. Barbut S. Determining water and fat holding. In: Hall G editor. *Methods of Testing Protein Functionality*. 1sted. London, UK Blackie Academic and professional; 1996:186-220.
 12. SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 8.1 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2004.
 13. Randall JM. Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Anim Prod* 1993;57:299-307.
 14. Warriss PD. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: a review. *Vet Res* 1998;142(17):449-454.
 15. Lambooy E, Engel B. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: some aspects of loading density and ventilation. *Livest Prod Sci* 1991;28(2):163-174.
 16. Tarrant PV. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs. A review. *Irish J Food Sci Tech* 1989;13:79-107.
 17. Grandin T. Design of loading facilities and loading pens. *Appl Anim Behav Sci* 1990;28:187-20.
 18. Gregory N. Animal welfare and meat production. 2nd ed. Wallingford, UKCAB International; 2007.
 19. Castrillón WE, Fernández JA, Restrepo LF. Variables asociadas con la presentación de carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) en canales de cerdo. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2007;20:327-338.
 20. Alarcón Rojo AD, Gamboa Alvarado J.G, Rodríguez Almeida FL, Grado Ahuir JA, Janacua Vidales H. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Téc Pecu Mex* 2006;44(1):53-66
 21. Grandin T. Solving return to sensibility problems after electrical stunning in commercial pork slaughter plants. *J Am Vet Med Assoc*. 2001;219:608-611.
 22. Garrido MD, Pedauyè J, Bañon S, López Y, Laencina J. On-line methods for pork quality detection. *Food Control* 1995;6(2):111-113.
 23. Huff-Lonergan E, Baas TJ, Malek M, Dekkers JC, Prusa K, Rothschild M F. Correlations among selected pork quality traits. *J Anim Sci* 2002;80:617-627.
 24. Heather A, Channon Payne A, Warner R. 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* 2003;65(4):1325-1333.
 25. Silva JR, Tomic G, Caviates E, Mansilla A, Oviedo P. Estudio de la incidencia del reposo *ante mortem* en cerdos y la influencia en el pH, capacidad de retención de agua y color de músculo. *Cien Inv Agr* 2005;32(2):125-132.
 26. Lammens V, Peeters E, De Maere H, De Mey E, Paelinck, Leyten J, *et al.* A survey of pork quality in relation to pre-slaughter conditions, slaughterhouse facilities, and quality assurance. *Meat Sci* 2007;75:381-387.
 27. Anil MH, Mckinstry JL. Variations in electrical stunning tong placements and relative consequences in slaughter pigs. *Vet J* 1998;155:85-90.
 28. Velarde A, Gispert M, Fautitano L, Manteca X, Diestre A. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and hemorrhages in pork carcasses. *Meat Sci* 2000;55(3)309-314.
 29. Anil MH, Whittington, Mckinstry JL. The effects of sticking methods on the welfare of slaughter pigs. *Meat Sci* 2000; 55:315-319.
 30. Xue J, Dial GD, Holton EE, Vickers Z, Squires EJ, Lou Y, *et al.* Breed differences in boar taint: relationship between tissue levels boar taint compounds and sensory analysis of taint. *J Anim Sci* 1996;74:2170-2177.
 31. Latorre MA, Pomar C, Fautitano L, Gariépy C, Méthot S. The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines. *Livest Prod Sci* 2008;115:258-267.
 32. Grandin T. Effect of animal welfare audits of slaughter plants by a major fast food company on cattle handling and stunning practices. *J Am Vet Med Assoc* 2000;216:848-851.