ITEA (2001), Vol. 97A N.° 3, 165-179

EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL EN MATADEROS Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE LA CARNE DE BOVINO

Ginés López Martínez*,[1], Carmen Martínez Graciá, Gaspar Ros Berruezo, María Jesús Periago Castón

* Nutrición y Bromatología, Facultad de Veterinaria, Campus de Espinardo, Universidad de Murcia 30071, Murcia, España
e-mail: gilopez@um.es

RESUMEN

En 130 animales de la especie bovina fueron estudiados doce parámetros indicadores del bienestar animal en mataderos, con el fin de averiguar en que momento/s se producen fallos en el manejo que posteriormente puedan afectar a la calidad de la carne. Junto a estos parámetros, que representan puntos críticos en el manejo de los animales, en la canal fue determinado el pH en los músculos *Longissimus lumborum, Semimembranosus* y *Spinalis thoracis* (constituyentes de las piezas cárnicas del lomo, tapa y aguja, respectivamente) a los 45 minutos y 24 horas tras el sacrificio, junto a la presencia de lesiones hemorrágicas en la carne. Este estudio pone de manifiesto que existieron graves problemas de manejo que afectaron posteriormente a la calidad de la carne, ya que se encontró una alta relación entre algunos puntos críticos de manejo con un pH elevado en la carne. De la misma manera, la aparición de hemorragias puntiformes se relacionó con aquellos casos en los que los animales estuvieron sometidos a situaciones más estresantes. Finalmente, un análisis de varianza mostró que el pH está influenciado por la época del año y el sexo de los animales.

Palabras clave: Bienestar animal, Calidad de carne, Matadero, Bovino.

SUMMARY
ANIMAL WELFARE IN SLAUTHER PLANTS AND ITS RELATIONSHIP WITH CATTLE MEAT QUALITY

In order to estimate when happen a faulty in animal handling that may affect meat quality, were studied twelve critical control points in 130 cattles as indicators of animal welfare in a large scale slaughter plants. In carcasses pH of *Longissimus lumborum, Semimembranosus* and *Spinalis thoracis* muscles were determined at 45 minutes and 24 hours after slaughter. In addittion to these parameters meat small pinpoint haemorrhages were studied. This study showed serious problems of handling which affected meat quality, since were found a high relantionship between some critical control points of handling and the higher values of pH. As expected haemorrhages showed a high association with animals under stressful conditions. pH values were also influenced by season and animal sex according to statistical analyses.

Key words: Animal welfare, Meat quality, Slaughter plant, Cattle.

1. Autor al que debe dirigirse la correspondencia.

Introducción

Un aspecto importante en la inspección antemortem, y que cada vez va cobrando mayor importancia es la supervisión de las condiciones que aseguran el bienestar animal. El RD 147/1993 *que regula las condiciones de producción y comercialización de carnes frescas* especifica que tras verificar las condiciones de bienestar animal, ningún animal que presente signos de fatiga o excitación podrá sacrificarse hasta su total reposición. Esta verificación del comportamiento y conducta animal comienza por la comprobación de las condiciones de transporte animal desde su lugar de origen hasta el matadero, y tiene su continuación en el propio matadero mediante la exigencia escrupulosa del cumplimiento normativo en lo referente a las adecuadas medidas de manejo animal y condiciones de estabulación óptimas, todas ellas encaminadas a reducir las condiciones de estrés. Los RD 1041/1997 (*por el que se establecen las normas relativas a la protección de los animales durante su transporte*) y 54/1995 (*sobre protección de los animales en el momento de su sacrificio o matanza*) regulan las condiciones de bienestar animal anteriormente citadas. El objetivo del RD 54/1995 es en último término evitar cualquier dolor o sufrimiento innecesario a los animales, cuya importancia desde un punto de vista del bienestar animal es evidente, presentando a su vez otras ventajas adicionales derivadas de la producción de carne a partir de animales no estresados y sacrificados con un adecuado tiempo de reposo en los corrales, lo que se traduce en la obtención final de carne de mayor calidad.

El miedo que experimentan los animales es un importante factor de estrés resultado a su vez de numerosas variables derivadas del manejo y transporte, como el confinamiento en espacios reducidos, el contacto con la gente o la exposición ante situaciones novedosas. El miedo es considerado como el estrés psicológico en los animales frente a otras formas de estrés como el físico. Tanto la experiencia previa como los factores genéticos afectan al temperamento y determinan diferentes niveles de estrés psicológico. La restricción de espacio, el manejo o la novedad influyen en el diferente grado de este tipo de estrés, mientras que el hambre, la sed, la fatiga, las temperaturas extremas o los daños infringidos a los animales determinan los diferentes grados de estrés físico. La reducción o eliminación de estas situaciones redunda en un mayor grado de bienestar animal y disminuyen los defectos que en la carne ocasionan una depreciación comercial de la misma (heridas, hematomas, carne de corte oscuro, etc.). GRANDIN (1994) ha estimado que los fallos en el manejo de los animales en el matadero representan el 50% de los problemas asociados a la aparición de carne PSE en el porcino.

En los últimos años el interés despertado por el bienestar animal ha llevado a las diferentes administraciones, europeas, nacionales y autonómicas, a desarrollar legislaciones que protejan a los animales en todos los ámbitos en los que se establece una relación con el hombre: animales de compañía, producción animal y sacrificio. El bienestar animal interesa al hombre tanto desde su vertiente ética como desde un punto de vista meramente económico, ya que no hay que olvidar que este es el fin último de la producción animal moderna. Bajo estos dos prismas será enfocado el presente artículo, cuyo objetivo es la evaluación de las condiciones de manejo animal en el matadero, a fin de proponer la introducción de medidas objetivas de valoración del bienestar animal en los programas de control de las industrias de la carne.

Material y métodos

Animales

Para este estudio fueron seleccionados 130 animales de la especie bovina de los siguientes genotipos: Simmental X, Charolés X, Limusín X y Frisón X, de una edad comprendida entre los 10 y 12 meses, y un peso vivo que osciló entre 450 y 550 kg, de los cuales 56 fueron machos y 74 hembras. El estudio fue llevado a cabo en un matadero comercial durante las estaciones de invierno, primavera y verano para evaluar la influencia de las condiciones ambientales sobre el pH final de la carne. Todos los animales fueron sometidos a un periodo de reposo previo al sacrificio que por término medio fue de 5 horas. Durante la estabulación los animales dispusieron de agua "ad libitum", descartándose para este estudio aquellos animales a los que durante la inspección antemortem se les detectó signos de fatiga, excitación o indicios de cualquier enfermedad. Las instalaciones donde fueron estabulados los animales y los pasillos de conducción estaban provistos de pavimentos construidos con materiales antideslizantes a fin de evitar resbalones y caídas. Los animales fueron aturdidos mediante una pistola de bala cautiva modelo Cash Special (Accles & Shelvoke Ltd, Birmingham, Inglaterra), utilizando balines del calibre 22. Tras el aturdido, los animales fueron suspendidos de la pierna izquierda e inmediatamente desangrados, procediéndose al faenado de las canales y su posterior almacenamiento en refrigeración a temperaturas entre 2 y 3 °C.

Desarrollo experimental

Las condiciones de alojamiento y descanso fueron similares en todos los casos, y tras la selección de las partidas objeto de estudio, para cada animal fueron analizadas las condiciones de manejo, aturdimiento y sangrado, de acuerdo con lo especificado en el protocolo que a continuación se detalla. Dicho protocolo resulta de una modificación y ampliación al propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (GRANDIN, 1997a y 1997b), y que consta de los siguientes doce puntos críticos: *uso de aparatos eléctricos para conducción de ganado, resbalones en los pasillos, mugidos en los pasillos, resbalones en el cajón de aturdido, mugidos en el cajón de aturdido, número de tiros empleados para el aturdido, pataleos en el suelo, pataleos en el riel de sangrado, reflejos oculares, arqueos de espalda, mugidos en el riel de sangrado y aumento de la frecuencia respiratoria*. Cada uno de ellos ha sido puntuado de acuerdo a los siguientes criterios: 1, cuando el manejo fue óptimo y no se apreció indicios de sufrimiento en los animales; 2, cuando se detectaron fallos de intensidad moderada; 3, cuando se apreciaron fallos en el manejo de manera intensa o los animales presentaron signos evidentes de sufrimiento. Para evaluar el parámetro *número de tiros*, no se empleó esta escala sino el número de tiros que fueron empleados hasta la pérdida total de la sensibilidad. La evaluación de estos puntos de control fue realiza teniendo en cuenta las especificaciones establecidas en la Directiva comunitaria 93/119/CE y en su transposición a la normativa nacional en el Real Decreto 54/1995 de 20 de enero sobre *Protección de los Animales en el Momento de su Sacrificio o Matanza*.

Los valores de pH a los 45 minutos y 24 horas del sacrificio fueron medidos en todas las canales en los músculos *Longissimus lumborum* (LL) (entre la 4.ª y 5.ª vértebra lumbar), *Semimembranosus* (SM), y *Spinalis thoracis* (ST) utilizando un pHme-

tro Crison modelo Portable 506 (Crison Instruments, S.A., Barcelona). Todas las medidas fueron realizadas en la semicanal izquierda.

Análisis estadítico

La influencia de la estación del año y del sexo de los animales en el pH muscular y el efecto combinado de ambas fuentes de variación fue determinado mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el modelo lineal general (MLG). Por otro lado, las relaciones entre las variables predictoras del bienestar animal (puntos críticos), el pH final (pH 24 horas) y la presencia de lesiones hemorrágicas en la carne fue determinada mediante un análisis de componentes principales utilizando el paquete estadístico SPSS para Windows versión 9.0 (SPSS Inc.).

Resultados y discusión

Evaluación del bienestar animal

GRANDIN (1997a) establece cuatro puntos críticos de control para evaluar el manejo de los bovinos en el matadero, sin embargo hemos creído conveniente realizar un desglose de los mismos hasta un total de doce puntos, con la finalidad de obtener resultados más claros acerca de en que momento/s se producen fallos en el manejo de los animales que posteriormente puedan estar relacionados con la aparición de defectos en la carne. El cuadro 1 recoge estos puntos y su valoración según la puntuación obtenida en cada uno de ellos en función de la intensidad apreciada.

La primera de las variables estudiadas, el *uso de aparatos eléctricos* para la conduc-

Cuadro 1. Distribución de frecuencias para los puntos críticos de evaluación del bienestar animal en función de la intensidad de presentación[a]
Table 1. Frequency distribution for handling animal critical control points

	Intensidad		
	1	2	3
Uso de aparatos eléctricos	92,3	–	7,7
Resbalones en pasillos	100	–	–
Mugidos en pasillos	96,2	3,8	–
Resbalones en cajón aturdido	91,5	6,9	1,5
Mugidos en cajón aturdido	80,8	12,3	6,9
Reflejos oculares	90,8	6,2	3,1
Pataleos en el suelo	88,5	11,5	–
Pataleos en el riel de sangrado	76,9	16,9	6,2
Arqueos de espalda en riel	84,6	15,4	–
Mugidos en el riel de sangrado	97,7	1,5	0,8
Frecuencia respiratoria	98,5	1,5	–
Número tiros	82,3	14,6	2,3/0,8

([a]) 1: ausencia de maltrato o incomodidad; 2: presencia moderada; 3: presencia intensa.

ción de ganado, obtuvo un 92,3% para la puntuación de utilización correcta (puntuación 1), un 7,7% para el nivel de intensidad 3 y ninguno para la puntuación 2. Este hecho puede explicarse por un mal entendimiento del uso de estos aparatos, que deben estar limitado a aquellos animales que en determinados momentos se muestran reacios a salir de las cuadras o caminar por las mangas de conducción. El Real Decreto 54/95 limita su uso a las especies porcina y bovina en animales adultos, en los cuartos traseros y solamente durante breves instantes. Un mal empleo de estos aparatos por parte de los operarios tiende a la larga ha creer que son indispensables para la conducción de los animales, lo que supone un abuso de los mismos, olvidando que un buen diseño de los pasillos y la eliminación de las distracciones, como fuentes de ruido externo y objetos que ocasionen reflejos, permiten su movimiento de forma más tranquila y fluida. Para facilitar el avance de los animales se ha propuesto la colocación de una fuente de luz intensa al final de los pasillos, ya que los animales tienden a avanzar desde las zonas de mayor penumbra a las más iluminadas (GRANDIN, 1980, 1996a; VAN PUTLEN y ELSHOLF, 1978). El mal uso de estos utensilios explica que los valores obtenidos no reflejen ninguna puntuación en el nivel 2, sino un empleo correcto en animales más dóciles y poco asustadizos y un abuso en aquellos que se resisten a andar hacia la zona de aturdido. En el porcino el uso de voltajes superiores a 50 voltios se ha relacionado con un aumento de la incidencia de aparición de carnes PSE y manchas de sangre en la carne (CALKINS *et al.*, 1980).

No fueron apreciados *resbalones en los pasillos* o mangas de conducción hacia la zona de insensibilizado y sangrado, lo que pone de manifiesto que el suelo de las cuadras y pasillos es de construcción adecuada y se encuentra en buen estado de conservación. Es conveniente recordar en este punto que los suelos deben de estar construidos con materiales resistentes pero que a la vez eviten resbalones y caídas de los animales, por lo que se desaconseja que estas construcciones estén realizadas únicamente de cemento u hormigón, de forma que se eviten las superficies lisas y deslizantes (COCKRAM y CORLEY, 1991). En las construcciones de cuadras deben emplearse materiales que proporcionen no sólo resistencia al suelo, sino también adherencia de los animales, por lo que se aconseja su construcción a base de materiales rugosos como rejillas de acero sobre hormigón.

Es conveniente que la evaluación de los marcadores de resbalones y caídas se realice también en el cajón de aturdido, ya que a los animales se les restringe su espacio y los operarios encargados del aturdido invaden la zona de dominio del animal. Esta zona representa aquel espacio que solo puede ser invadido por los animales de su misma especie. Cuando este espacio es invadido, el animal reacciona de manera asustadiza o violenta dependiendo del temperamento del mismo, pero en cualquier caso, su invasión representa una situación estresante para el animal. Únicamente los animales muy dóciles carecen de zona de dominio (GRANDIN, 1999). En este estudio se obtuvo un 6,9% y 1,5% para los niveles de intensidad 2 y 3 respectivamente en el marcador de resbalones en el cajón de aturdido. Si estos resultados se comparan con los valores de referencia dados por GRANDIN (cuadro 2) (Manejo excelente: no hay resbalones ni caídas; aceptable: ocurren resbalones en menos de un 3% de los animales; no aceptable: 1% cae al suelo; problemas serios: 5% o más caen al suelo, o 15% o más resbalan), se puede apreciar que las condiciones de manejo evaluadas se encuentra por debajo de los niveles de

Cuadro 2. Criterios para evaluar el bienestar animal de bovinos en el matadero según el Departamento de Agricultura de los Estado Unidos (USDA)[a]

Table 2. Animal welfare criteria of evaluation at slaughter plants for cattles according to United States Department of Agriculture

	Criterios de evaluación			
Puntos críticos	Excelente	Aceptable	No aceptable	Problema serio
Uso de aparatos eléctricos	En 5% o menos de los animales	En 25% o menos de los animales	–	En 50% o menos de los animales
Vocalizaciones o mugidos	En 0,5% o menos de los animales	En 3% o menos	Entre 4 y 10% de los animales	En más del 10% de los animales
Resbalones y caídas	No se presentan resbalones ni caídas	Resbalones en menos del 3% de los animales	Caídas en menos del 1% de los animales	Se presentan caídas en el 5% o resbalones en el 15% de los animales
Eficacia del aturdido	El 99-100% de los animales queda insensible inmediatamente con un disparo	Entre el 95-98% de los animales queda insensible inmediatamente con un disparo	Entre el 90-94% de los animales queda insensible inmediatamente con un disparo	Menos del 94% de los animales queda insensible inmediatamente con un disparo
Sensibilidad en el riel de sangrado	El 1 por mil muestra sensibilidad tras el aturdido	El 1 por 500 muestra sensibilidad tras el aturdido	–	–

([a]) Propuesto por GRANDIN (1997a).

aceptación para considerar que el manejo en esta etapa del sacrificio fue óptimo.

El siguiente punto para evaluar el bienestar animal fue el marcador de *vocalizaciones* o *mugidos*, ya que es un buen indicador del desagrado o descontento de los animales cuando están bajo condiciones novedosas o incómodas, siendo mayor cuanta mayor intensidad tenga la situación que provoca estrés en los animales. En los animales que mugen ante situaciones estresantes se ha detectado un aumento de los niveles de cortisol (DUNN, 1990). Diferentes autores han encontrado niveles de cortisol que oscilan entre 24 y 44 ng/ml en animales manejados en condiciones adecuadas y en los que se usó poco los aparatos de conducción eléctrica (MITCHELL *et al.*, 1988; EWBANKS *et al.*, 1992; TUME y SHAW, 1992), en comparación con los niveles detectados en bovinos que sufrieron resbalones durante su conducción, con valores de 63 ng/ml (COCKRAM y CORLEY, 1991).

Del total de animales estudiados casi un 20% mugieron en el cajón de aturdido (12,3 y 6,9% para los niveles 2 y 3 respectivamente). Estos porcentajes sitúan a este marcador en niveles muy por encima de lo aconsejado (excelente: 0,5% o menos de los bovinos vocalizan; aceptable: 3% o menos

vocalizan; no aceptable: de 4 a 10% vocalizan; serios problemas: más del 10% vocalizan). Altos niveles de mugidos están provocados en la mayoría de los casos por el abuso de los aparatos eléctricos para conducir ganado, por la existencia de resbalones en los pasillos o en el cajón de aturdido, por fallos en la pistola de aturdido o por una presión excesiva del restrainer (GRANDIN, 1997a). En este estudio los fallos más frecuentes de manejo que dieron lugar al mugido de los bovinos fueron los descritos anteriormente, junto con un elevado tiempo de espera en el cajón antes del aturdido. Cuando todos estos factores se presentan conjuntamente el efecto aditivo de todos ellos incrementa el efecto estresante sobre los animales.

El resto de parámetros estudiados engloban en su conjunto la *eficacia del aturdido*: reflejos oculares, pataleos en el suelo y riel de sangrado, mugidos en el riel de sangrado, respiración rítmica y número de tiros. Cuando se utiliza el aturdido con pistola de bala cautiva, la insensibilidad producida en el animal es el resultado conjunto tanto del impacto en el cráneo como del daño tisular directo en el cerebro producido por el proyectil fijo o émbolo. Cuando ante estímulos externos no hay respuesta cortical se puede considerar que existe un estado de insensibilidad (DALY, 1988). Un animal perfectamente aturdido carece de reflejos oculares, por lo que al tocar el párpado o la córnea no se debe obtener ninguna respuesta positiva. De la misma manera el animal tampoco debe pestañear. Cuando el animal es izado en el riel de sangrado no se deben apreciar indicios de respiración rítmica, mugidos o arqueos de espalda, la cabeza debe estar flácida y la lengua debe colgar (SWATLAND, 1984; GRANDIN, 1997a). Diferente consideración tiene los pataleos en el suelo y en el riel de sangrado. Estos dos últimos casos sólo han de evaluarse negativamente cuando su intensidad sea alta, ya que frecuentemente se presentan como movimientos reflejos. Por ello en nuestro estudio sólo se han evaluado como un indicador de mal aturdido aquellos casos de puntuación 3.

Los criterios para evaluar este punto crítico los establece GRANDIN por separado, de una parte para el número de tiros empleados en la insensibilización, y de otra englobando al resto en un único criterio para determinar el grado de insensibilidad o inconsciencia del animal. Para el primero de ellos lo considera excelente cuando en el 99-100% de los animales solamente se ha empleado un único disparo, aceptable entre el 95-98%, no aceptable entre 90-94%, y considerando que hay serios problemas en el aturdido cuando el porcentaje de animales abatidos en el primer disparo está por debajo del 90%. De acuerdo con estos criterios, podemos apreciar en la cuadro 1 que el porcentaje de animales en los que solamente bastó un intento para su aturdido fue muy bajo (82,3%), llegando incluso a contabilizarse hasta 3 ó 4 disparos. Estos datos ponen de manifiesto que se produjeron serios problemas en el aturdido, debidos en su mayoría a deficiencias detectadas en el funcionamiento de las pistolas de bala cautiva. Una inspección visual de las pistolas reveló que presentaban un escaso mantenimiento. Otra de las causas detectadas fue la falta de adecuación entre la potencia de los balines empleados y la dureza del testuz del animal. Los animales de mayor peso y edad necesitan proyectiles con cargas que le proporcionen mayor potencia y energía cinética de penetración a través del hueso frontal, para así provocar la insensibilización del animal (BLACKMORE, 1985). Otros estudios han revelado que factores como la fatiga de los operarios en jornadas prolongadas de trabajo o un diseño inadecuado del cajón de atur-

dido que obliga a los operarios a adoptar posiciones muy forzadas, se traducen en un detrimento de la eficacia del aturdido (GRACEY, 1989). En estos dos últimos casos es necesario la rotación de operarios para evitar situaciones de fatiga o monotonía, y disponer de cajones de aturdido con diseños ergonómicos que faciliten la labor de los matarifes. Los resbalones en el cajón también deben tenerse en cuenta para evaluar la eficacia del aturdido, ya que las caídas y resbalones ocasionan intranquilidad y agitación en los animales, lo que se traduce en un mayor número de disparos perdidos.

Los criterios para evaluar la sensibilidad de los animales en el riel de sangrado deben ser mucho más estrictos que los mostrados anteriormente, ya que no sólo la legislación que regula el bienestar animal en el momento de su sacrifico (RD 54/95) prohibe de forma clara y estricta el sacrifico de animales sensibles, sino también el sentido común nos dice que un sistema de aturdido que permita el sangrado de animales con manifestaciones de sensibilidad o dolor es en sí mismo inútil, y debe por lo tanto corregirse. De esta forma se ha de considerar que el aturdido se ha llevado a cabo correctamente cuando menos de 1‰ presente sensibilidad parcial en el riel de sangrado y aceptable cuando esté entre 1 y 2‰. No se establecen más criterios ya que como se ha comentado éste punto de evaluación debe ser el más estricto. En los parámetros estudiados para evaluar este punto: respiración rítmica, mugidos en el riel de sangrado, arqueos de espalda, reflejos oculares, y pataleos en el riel, se obtuvieron valores muy por encima de lo admisible, hecho que puede verse fácilmente al comparar los valores obtenidos por nosotros (cuadro 1) con los recomendados por el USDA (cuadro 2).

De los resultados expuestos anteriormente se concluye que hubo deficiencias notables en el bienestar animal debidas fundamentalmente a fallos cometidos durante el manejo de los animales, y no tanto a defectos en las instalaciones o equipos del matadero, ya que como muestra el cuadro 1, los resbalones y caídas, que cuando se producen indican deficiencias en el firme de pasillos y establos, apenas fueron registradas. De todos los defectos de manejo cabe destacar fundamentalmente los debidos a errores en el aturdido de los animales, y que como se reflejó anteriormente estuvieron causados por un mal mantenimiento de las pistolas de aturdido y una carencia en el adiestramiento de los operarios encargados de dicha fase de faenado.

Estudio del pH

La figura 1 representa los valores medios de pH obtenidos en las diferentes partidas analizadas a los 45 minutos y 24 horas tras el sacrificio en los músculos *Longissimus lumborum* (LL), *Semimembranosus* (SM) y *Spinalis thoracis* (ST). Estos datos están agrupados en tres estaciones del año (invierno, primavera y verano), para estudiar el efecto que sobre los valores finales de pH poseen las condiciones ambientales. Los valores tomados a los 45 minutos oscilaron desde 6,36 en SM hasta 6,81 en LL, no apreciándose una tendencia clara en la evolución del pH en ninguno de los tres músculos muestreados. A las 24 horas, los valores de pH estuvieron comprendidos entre 5,55 en SM hasta 5,91 en ST. Al contrario que en el caso anterior, a las 24 horas se pudo apreciar como los valores de pH mostraron una tendencia más clara, debido a que se trata de una medida más estable en el tiempo, siendo el pH en SM menor que en LL, y éste a su vez menor que en ST. La medida del pH a las 24 horas es una buena predicción de la aparición de la carne DFD, entendiéndose

que el límite por encima del cual puede considerarse a una carne como de corte oscuro es de 5,9 (BELITZ y GROSCH, 1988). Este estudio mostró un alto porcentaje de carne con pH alto a las 24 horas. En ST el pH osciló entre 5,88 (± 0,23) y 5,91 (± 0,22), mientras que en LL se determinaron valores entre 5,82 (± 0,18) y 5,83 (± 0,13) como media (± desviación típica) de las medidas obtenidas para cada músculo en primavera y verano, respectivamente. Los valores de pH elevados en los animales están motivados fundamentalmente por las malas condiciones de manejo, incluyendo tanto factores ambientales como de bienestar animal. Ante situaciones novedosas o estresantes el animal responde con un incremento de la concentración plasmática de cortisol (ZAVY *et al.*, 1992), originando un aumento de la gluconeogénesis y disminución de la utilización de la glucosa por las células. El agotamiento de las reservas de glucógeno determina un pH final alto en la carne, debido a que la cantidad de lactato formado es relativamente pequeña. El músculo postmortem con valores de pH anormalmente altos presenta un incremento en la absorción de luz y en la fijación de agua, lo que se traduce en una carne de corte oscuro, firme y seca (LISTER, 1988).

Los valores altos de pH obtenidos en este estudio pueden ser debidos a las malas condiciones de manejo detectadas en la evaluación de los puntos críticos de bienestar animal. Estos puntos críticos indicaron que los animales estuvieron sometidos a condiciones altamente estresantes durante las operaciones previas al sacrificio. TARRANT y SHERRINGTON (1980) han descrito que los músculos en los que obtienen valores más elevados de pH son el *Longissimuss lumborum, Semi-*

Cuadro 3. Análisis de varianza para los valores de pH en los tres músculos muestreados a los 45 minutos y 24 horas tras el sacrificio, en función de la estación del año en la que fueron tomadas, el sexo de los animales y el efecto combinado de ambos factores
Table 3. pH values ANOVA in three muscles at 45 minutes and 24 hours after slaughtering as function of season, animal sex and season x animal sex factors

	Estación del año	Sexo	Estación x sexo
	grado de significación (valor F)		
45 minutos			
Semimembranosus	*** (9,68)	*** (18,01)	NS (0,45)
Longissimus lumborum	*** (14,87)	* (5,31)	** (10,90)
Spinalis thoracis	* (4,29)	* (9,05)	NS (0.48)
24 horas			
Semimembranosus	*** (8,71)	NS (0,95)	NS (0,15)
Longissimus lumborum	*** (9,61)	NS (0,03)	NS (0,02)
Spinalis thoracis	* (3.86)	NS (2,84)	* (5,53)

Grado de significación: (***) significativo para $p < 0,001$; (**) significativo para $p < 0,01$; (*) significativo para $p < 0,05$; (NS) no significativo.

membranosus, *Semitendinosus*, *addutor* y *gluteus medius*. En los animales muestreados por nosotros no se detectaron valores altos en el *Semimembranosus*, aunque sí en el *Longissimus lumborum* y *Spinalis thoracis* .

Junto al bienestar animal previo al sacrificio, el pH final de la carne también está influenciado por el sexo de los animales y por factores ambientales como el estado de nutrición y el clima (SCANGA *et al.*, 1998). Un análisis de varianza fue llevado a cabo para observar si el sexo de los animales, la estación del año y el efecto combinado de ambos fueron factores de variación en el pH de los tres músculos, tanto a los 45 minutos como a las 24 horas (cuadro 3). Este estudio confirmó la tendencia adivinada en la figura 1, ya que la estación del año representó una fuente de variación estadísticamente significativa ($p < 0.001$). La figura 1 refleja de forma general que los valores de pH 24 horas obtenidos en verano fueron mayores a los tomados en primavera, y estos a su vez a los del invierno, siendo estas diferencias estadís-

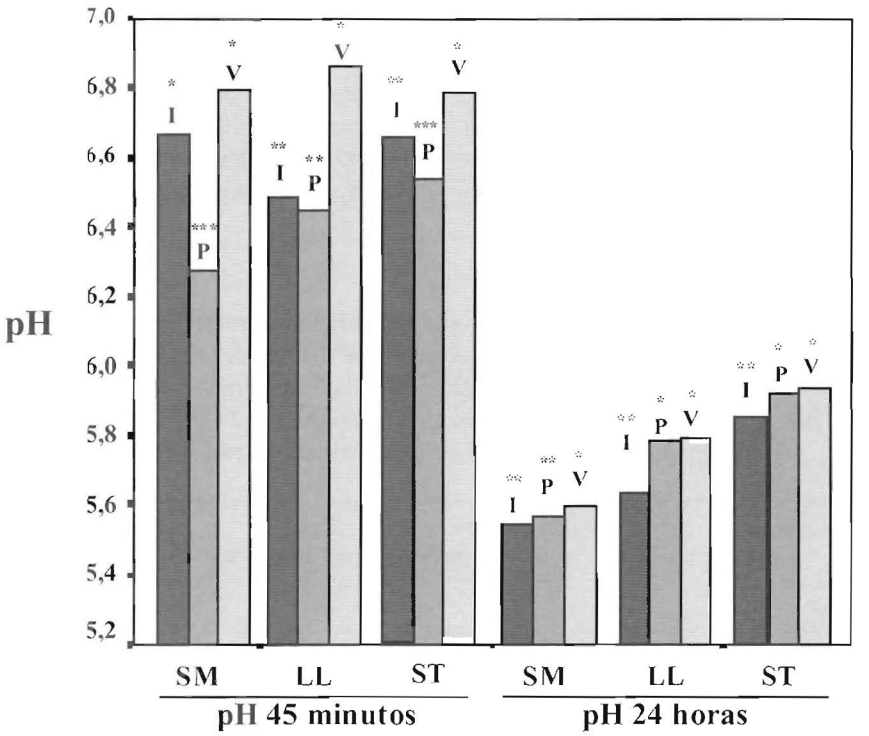


Figura 1. Valores medios de pH obtenidos en tres épocas diferentes del año (invierno, I, primavera, P, y verano, V) en los músculos *Semimembranosus* (SM), *Longissimus lumborum* (LL) y *Spinalis thoracis* (ST), a los 45 minutos y 24 horas desde el sacrificio. Diferente número de asteriscos muestran diferencias estadísticamente significativas para cada músculo entre las tres estaciones del año a los 45 minutos y 24 horas desde el sacrificio.

Figure 1. Seasonal variation of pH (winter, spring and summer) in Semimembranosus *(SM),* Longissimus lumborum *(LL) and* Spinalis thoracis *(ST) muscles, at 45 minutes and 24 hours after slaughter.*

ticamente significativas ($p < 0.05$) en las medidas de pH 24 horas para ST y LL en primavera y verano respecto al invierno. En SM el pH 24 horas fue mayor ($p < 0,05$) en verano que en primavera e invierno. Esta variación del pH en función de la época del año es debida al efecto del estrés climático que determina fluctuaciones en los valores de este parámetro dependiendo del tiempo atmosférico (KASTENSCHMIDT *et al.*, 1965). Se sabe que las temperaturas ambientales altas aumentan tanto la frecuencia cardiaca como respiratoria (FORREST *et al.*, 1965) lo que determina estados de intranquilidad en los animales y un agotamiento de las reservas de glucógeno (SWATLAND, 1984). Por otra parte, en la cuadro 3 también se puede observar que en los valores de pH influyó igualmente el sexo y el efecto combinado de ambos factores (estacionalidad x sexo).

De un análisis de correspondencia para todas las variables predictoras del comportamiento animal en función del sexo de los animales se obtuvo que la mayoría de las puntuaciones negativas (grados de intensidad 2 y 3) correspondieron a animales macho (54%). Existen diferencias debidas al sexo que hacen que los animales se comporten de manera diferente ante situaciones estresantes como puedan ser las que rodean las operaciones de manejo previas al sacrificio (SWATLAND, 1984). SCANGA *et al.* (1998) han encontrado que los temperamentos más nerviosos, y por lo tanto con mayor capacidad de sufrir miedo, son más frecuentes en machos y ante situaciones de climas extremos.

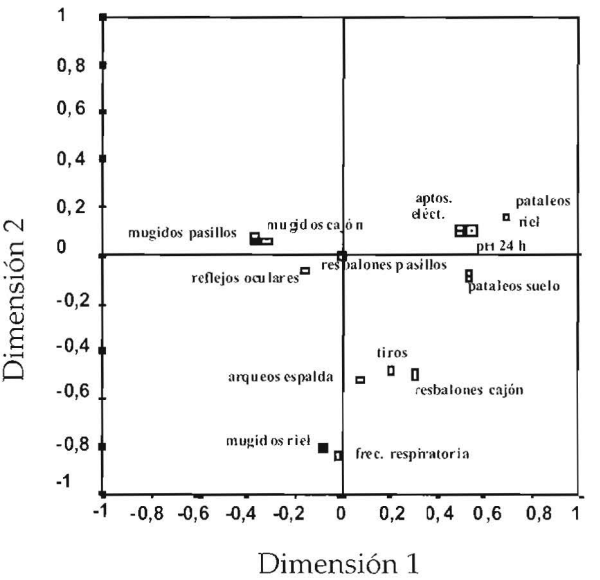


Figura 2. Análisis de componentes principales en el que se relacionan las variables predictoras del manejo animal (puntos críticos de manejo) con el pH de la carne obtenido a las 24 horas del sacrificio, en las carnes de corte oscuro (pH > 5,9).

Figure 2. Principal components analyses (PCA) for handling critical points and pH of meat at 24 hours after slaughter in dark cutting beef.

Análisis de componentes principales

Mediante un análisis de componentes principales se estableció de manera gráfica la relación existente entre las variables predictoras del bienestar animal y el pH a las 24 horas correspondiente a las carnes de corte oscuro, a fin de determinar que factores de todos los analizados influyeron de forma más determinante en la aparición de valores de pH mayores a 5,9. En la figura 2, donde se representa la relación anteriormente descrita con una varianza total explicada del 60,13%, la distribución de los puntos críticos nos permite establecer claramente cuatro grupos dependiendo de su proximidad o relación con el pH. El primero englobaría a las variables *uso de aparatos eléctricos para conducción, pataleos en el suelo, pataleos en el riel de sangrado*, el segundo: *mugidos en los pasillos, mugidos en el cajón de aturdido y reflejos oculares*, el tercero: *resbalones en el cajón, número de tiros y arqueos de espalda*, y el cuarto: *mugidos en el riel de sangrado y aumento de la frecuencia respiratoria*. Para las variables del grupo primero solamente fueron procesados los casos en los que la puntuación fue de 3 en la escala de intensidad, ya que en el uso de aparatos eléctricos no se detectaron casos de intensidad 2, y para las variables de "pataleos en el suelo" y "riel de sangrado", la eliminación de los casos puntuados con 2 obedeció al hecho de no puntuar aquellos casos que pudieran deberse a actos reflejos. La fuerte asociación encontrada entre los tres puntos críticos del grupo primero y el pH elevado indica que de todos los parámetros evaluados, estos tres resultaron determinantes en la aparición de pH altos en la carne. Por el contrario, las dos variables del grupo cuarto tuvieron una baja relación de proximidad con el pH, debido a que se presentaron en una baja frecuencia en los animales muestreados, como queda reflejado en el cuadro 1.

Uno de los defectos más frecuentes en la carne asociados a los problemas de manejo y aturdido, es la aparición de petequias o hemorragias puntiformes cuya extensión depende de la intensidad del estrés a que han sido sometidos los animales antes del sacrificio. Tradicionalmente se ha relacionado esta lesión solamente con el empleo de la pistola de bala cautiva como sistema de aturdido en el vacuno (WARRINGTON, 1974), sin embargo su aparición es debida en último término a una contracción muscular violenta y la rotura de los capilares donde la presión sanguínea es muy elevada (SWATLAND, 1984), aumentando el riesgo de aparición cuando los animales están sometidos a situaciones de estrés intenso.

Las figuras 3a y 3b muestran diferentes lugares donde fue apreciada dicha lesión, cuya aparición y extensión estuvo altamente relacionada con aquellos casos donde fue detectado un mayor número de defectos en el manejo. La figura 4 muestra un estudio de componentes principales donde se puede observar la relación de estas lesiones con los defectos de manejo evaluados mediante los puntos críticos. La varianza total explicada del modelo fue de 59,84%. En dicha figura se aprecia como su aparición estuvo muy relacionada con variables que indican situaciones altamente estresantes momentos antes del aturdido (*empleo de aparatos eléctricos y mugidos en el cajón de aturdido*), y tras el aturdido y antes del sangrado (*movimientos bruscos en el suelo y riel de sangrado*). La importancia de aparición de este defecto en las carnes no radica en el hecho de que su consumo sea perjudicial "per se", sino por tratarse de carnes en las que el acumulo de sangre impide un descenso apropiado del pH hasta valores óptimos, proporcionando un medio adecuado para el crecimiento microbiano, además del aspecto poco atrayente que presenta para su comercialización.

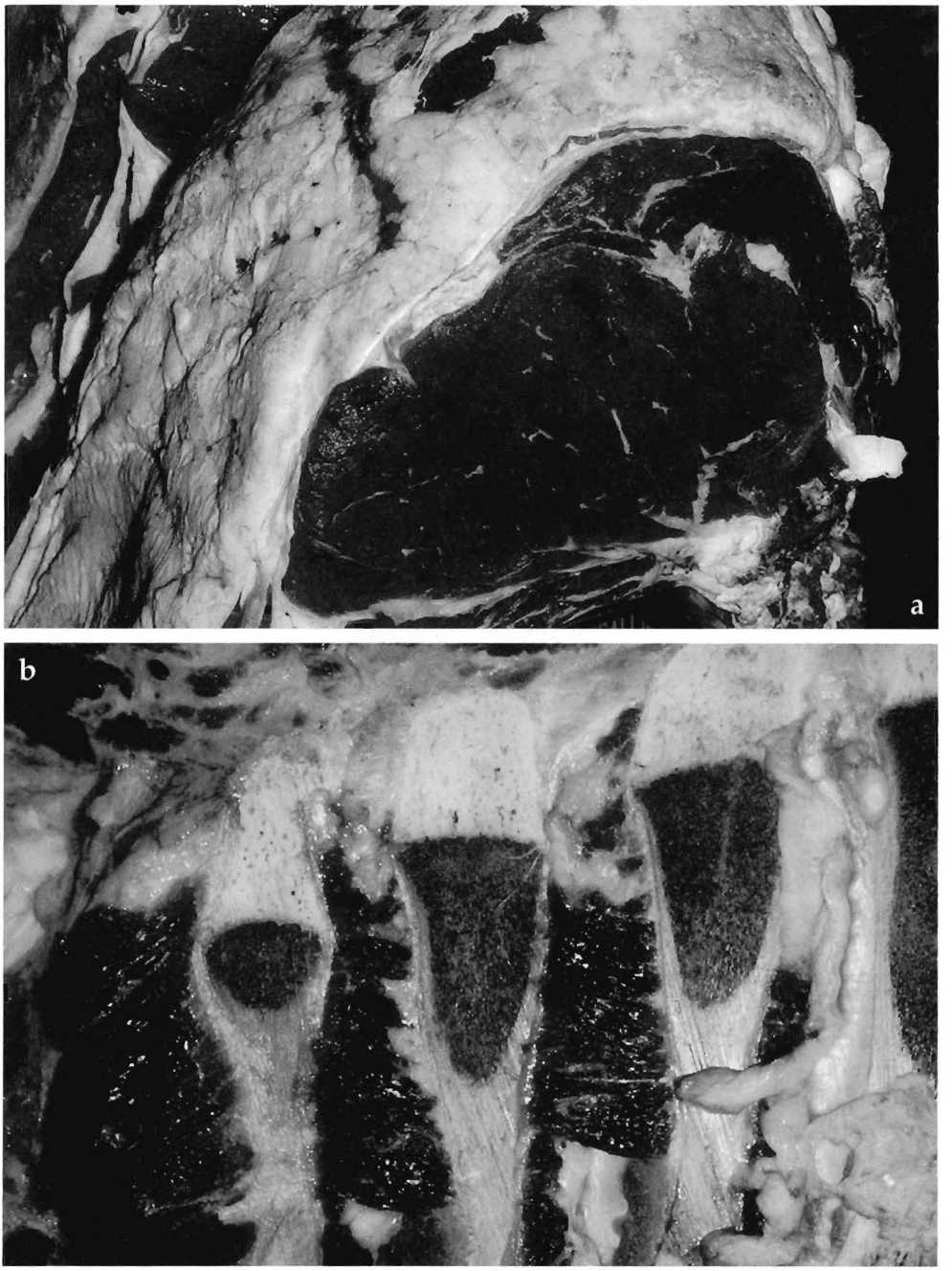


Figura 3. Lesiones hemorrágicas en el lomo (3a) y en el cuello (3b) de una canal de bovino ocasionadas por fallos en el manejo.

Figure 3. Small haemorrhages in loin (3a) and neck (3b) of a cattle carcass due to a faulty in animal handling.

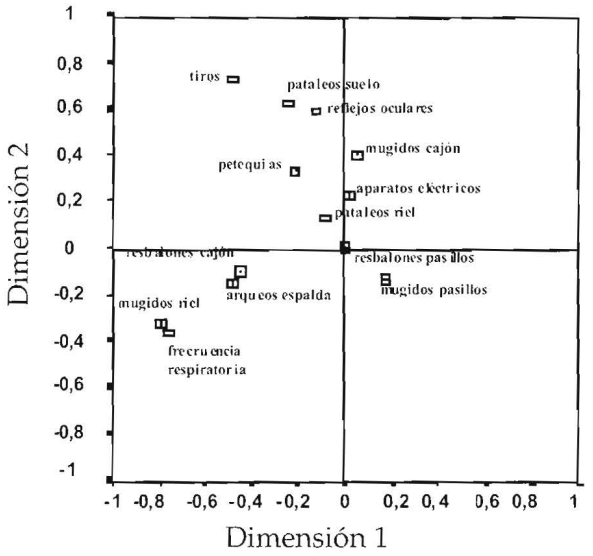


Figura 4. Análisis de componentes principales en el que se relacionan las variables predictoras del manejo animal (puntos críticos de manejo) con las hemorragias petequiales aparecidas en la carne de los animales muestreados.

Figure 4. Principal components analyses (PCA) for handling critical control points and small meat haemorrhages.

Conclusiones

El pH final de la carne es el resultado de numerosos factores entre los cuales intervienen de manera directa el clima, el manejo previo al sacrificio o el sexo de los animales. Este estudio muestra como en tres músculos pertenecientes a zonas anatómicas diferentes el pH presentó variaciones dependiendo de la estación del año en el que fue medido y el sexo de los animales. A su vez se mostró que la aparición de anomalías en la carne como el pH superior a 5,9 (determinante de la aparición de carnes de corte oscuro) y la presencia de lesiones hemorrágicas, estuvieron relacionadas con defectos en el manejo de los animales (empleo abusivo de aparatos eléctricos y mugidos en el cajón de aturdido) y en las operaciones de aturdido y sacrificio (movimientos bruscos de los animales en el suelo y riel de sangrado que denotan un mal aturdido).

Bibliografía

BELITZ H.D., GROSCH W. 1988. Química de los alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.

BLACKMORE D.K. 1985. Energy requirements for the penetration of heads of domestics stock and the development of a multiple projectile. The Veterinary Record. 12. 36-40.

CALKINS C.R., DAVIS G.W., COLE A.B., HUSTSELL D.A., 1980. Incidence of bloodsplashed hams from hogs subjected to certain ante-mortem handling methods. Journal of Animal Science, 50 (supplement). 15.

COCKRAM M.S., CORLEY K.T.T., 1991. Effect of preslaugther handling on the behaviour and blood composition of beef cattle. British Veterinary Journal. 147, 444-454.

DALY C.C., KALLWEIT E., ELLENDORF F., 1988. Cortical function in cattle during slaughter: conventional captive bolt stunning followed by exsanguination compared with shechita slaughter. The Veterinary Record. 2. 325-329.

DUNN C.S., 1990. Stress reactions of cattle undergoing ritual slaughter using two methods of restraint. Veterinary Record, 126, 522-524.

EWBANKS R., PARKER M.J., MASON C.W., 1992. Reactions of cattle to head restraint at stunning: a practical dilemma. Animal Welfare, 1, 55-63.

FORREST J., KASTENSCHMIDT L., BEERCHER G., GRUMER R., HOEKSTRA W., BRISKEY E., 1965. Porcine muscle properties. B. Relation to naturally occuring and artificially induced variation in heart and respiration rates. Journal of Food Science, 30, 492-497.

GRACEY J.E., 1989. Higiene de la carne. Ed. Interamericana – Mc Graw-Hill. Madrid. España.

GRANDIN T., 1980. Observations of cattle behaviour applied to the design of cattle handling facilities. Applied Animal Behavioural Science, 6, 19.

GRANDIN T., 1994. Methods to reduce PSE and bloosplash. En Allen D. Leman Swine Conference. Vol. 21, 206-209. Ed. Veterinary Outreach Programs. University of Minnesota. EE.UU.

GRANDIN T., 1996a. Animal welfare in slaughter plants. 29th Annual Conference of American Association of Bovine Practitioners. Proceding, pag. 22-26.

GRANDIN T., 1996b. Factors that impede animal movement at slaugther plants. Journal American Veterinary Medical Association, 209, 757-759.

GRANDIN T., 1997a. Good management Practices for animal handling and stunning. American Meat Institute. Washington, D.C.

GRANDIN T., 1997b. Survey of stunning and handling in federally inspected beef, veal, pork and sheep slaughter plants. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, Project Number 3602-32000-002-08G.

GRANDIN T., 1999. Safe handling of large animals (cattle and horses). Occupational Medicine: State of the Art Reviews, Vol. 14, nº 2, april-june. Philadelphia, Hanley and Belfus, Inc.

KASTENSCHMIDT L., BEERCHER G., FORREST J., HOEKSTRA W., BRISKEY E., 1965. Porcine muscle properties. A. Alteration of glycolysis by artificially induced changes in ambient temperature. Journal of Food Science, 30, 565-572.

LISTER D., 1988. Muscle metabolism and animal physiology in the dark cutting condition. In: Dark-cutting in cattle and sheep. Proceeding of an Australian Workshop. Australian Meat & Live Stock Research and Development Corporation: Sydney South, NSW, Australia.

MITCHELL G., HATTINGH J., GANHAO M., 1988. Stress in cattle after handling, transport and slaughter. Veterinary Record, 123, 201-205.

Real Decreto 147/1993 de 29 de enero, *por el que se establecen las condiciones de producción y comercialización de carnes frescas.*

Real Decreto 54/1995 de 20 de enero, *sobre protección de los animales en el momento de su sacrificio o matanza.*

Real Decreto 1041/1997 de 27 de junio, *por el que se establecen las normas relativas a la protección de los animales durante su transporte.*

SCANGA J.A., BELK K.E., TATUM J.D., GRANDIN T., SMITH G.C., 1998. Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. Journal of Animal Science, 76, 2024-2047.

SWATLAND H.J., 1984. En Estructura y desarrollo de los animales de abasto. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.

TARRANT P.V., SHERINGTON J., 1980. Long-term effects of cimaterol in friesian steers. II: Carcass composition and meat quality. Meat Science, 4, 287.

TUME R.K., SHAW F.D., 1992. Beta-endorphine and cortisol concentrations in plasma of blood samples collected during exsanguination of cattle. Meat Science, 31, 211-217.

VAN PUTTEN G., ELSHOF W.J., 1978. Observations on the effect of transport on the well being and lean quality of pigs. Animal Regulatory Studies, 1, 247-271.

ZAVY M., JUNIEWICZ P., PHILIPS W., VON TUNGELN D., 1992. Effect of initial restraint, weaning, and transport stress on baseline and ACTH-stimulated cortisol responses in beef calves of different genotypes. American Journal Veterinary Research, 53, 551-557.

WARRIGTON R., 1974. Electrical stunning: A review of the literature. Veterinary Bulliton, 44, 617-633.

(Aceptado para publicación el 27 de agosto de 2001).