

Evaluación de los métodos de arreo en animales de abasto

Stella Maris Huertas-Canén, Daniel Mota-Rojas, Mónica Zermeno-Acosta y Fernando Borderas-Tordesillas

Introducción

Para trasladar a los animales desde una ubicación geográfica hasta otra, los operarios de una unidad de producción pecuaria realizan la práctica del arreo, que se caracteriza por las maniobras que estos ejecutan en la conducción de los animales para estimular el desplazamiento de los mismos.¹

El arreo, en general, incluye la utilización de distintos elementos persuasivos y prácticas tales como la aproximación de personas a pie o a caballo, el uso de arreadores eléctricos (picanas o bastones), perros que suelen estar mal adiestrados (**Figura 6.1**), gritos, silbidos, golpes con palos o tubos, patadas, y torceduras de cola, entre otras.^{1,2}

Para la conducción de los animales existe una gran diversidad de métodos de arreo, algunos de los cuales provocan en aquellos diferentes grados de estrés, miedo e incluso dolor, originando consecuentemente deterioro en su bienestar así como deficiencias en la calidad de sus canales y de la carne en general.^{3,4}

El uso de estos dispositivos exhibe una significativa correlación con la presencia de lesiones traumáticas en las canales de los bovinos luego del sacrificio.⁵

El estrés produce cambios fisiometabólicos que conducen a variaciones *post-mortem* en el músculo, como alteraciones en pH, color y capacidad de retención de agua. Se considera que la presencia de daños físicos (como hematomas) y deterioro en la calidad de las canales es indicativa de estrés severo o prolongado y de un bajo nivel de bienestar.⁶⁻⁸ En las canales es frecuente encontrar marcas de los elementos físicos de arreo como objetos punzantes, en forma de hemorragias petequiales o hematomas de variada extensión y profundidad que afectan notablemente la calidad del producto.⁸⁻¹¹

Las hemorragias y hematomas en las canales de ganado vacuno no son solamente indicadores de escaso bienestar sino que originan importantes pérdidas económicas,¹² ya que la carne así afectada no es adecuada para el consumo humano y debe ser decomisada. Una canal que presenta magulladuras suele ser calificada como de baja calidad e incluso es menos aceptada por

Figura 6.1. Perros no entrenados. Los perros utilizados para el arreo suelen penetrar el área de fuga del ganado, ocasionando estrés y un aumento considerable en las concentraciones de cortisol tras el sacrificio.



los consumidores. Además, una canal con magulladuras se descompone rápidamente ya que la carne con sangre es un medio ideal para el crecimiento bacteriano,¹³ dando lugar a una menor vida en anaquel para los cortes cárnicos.^{10,11}

A nivel de la canal es común observar hematomas de distinta profundidad distribuidos en diversas zonas, siendo los más trascendentes los hallados en el trasero y el dorso, áreas correspondientes a los cortes de mayor valor comercial que entonces deben ser decomisados, ocasionando una gran pérdida económica para el sector.¹⁴

Entre las recomendaciones emitidas por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE)¹⁵ para procurar un adecuado nivel de bienestar durante el transporte terrestre y el sacrificio de los animales de abasto, destacan aquellas cuyo objetivo general es minimizar el dolor y el sufrimiento del ganado durante las maniobras de arreo en el presacrificio y sacrificio.

Los principales elementos a considerar para realizar una operación de arreo que garantice un adecuado nivel de bienestar son la conducta propia de la especie animal, la responsabilidad y competencia del personal involucrado,

la remoción de elementos de distracción que hagan que el animal se detenga y se de vuelta, el movimiento de los animales a su llegada al rastro, el diseño y construcción de las instalaciones, el cuidado de los animales en los corrales de descanso y los problemas de bienestar inherentes a las distintas especies.¹⁵

Existe una gran cantidad de factores que afectan el bienestar en los animales de abasto. Probablemente el que presenta mayores desafíos sea el transporte, en el que en diferentes instantes se recurre al uso de elementos y métodos de arreo, y que además implica desafíos físicos tales como rampas, superficies resbaladizas, densidad de carga, movimiento, ruido y vibración del vehículo, cambio de las condiciones climáticas, hacinamiento en corrales y vehículos en movimiento, la descarga, el reposo sin agua y alimento, entre otros.¹⁶⁻¹⁸

En este capítulo se concede mayor atención a los métodos de arreo del ganado. Estos manejos se repiten desde el embarque en la unidad de producción hasta la planta faenadora al descargarlos y hacerlos avanzar por los pasillos, desde los corrales de reposo hasta la manga de acceso al cajón de noqueo.¹⁹

Durante el manejo previo al sacrificio se pueden evaluar en los animales las conductas indicadoras de miedo como la "negativa" a avanzar o retroceder e incluso hacerlo en forma muy rápida, intentando saltar durante la descarga y la conducción a los corrales de espera o al aturdimiento.²⁰ Éstas y otras conductas aversivas, además de las lesiones en la canal, indican un deficiente bienestar durante el periodo que precede al sacrificio.²¹

Es prácticamente inevitable que se produzcan situaciones estresantes durante los manejos previos a la matanza; sin embargo, se ha demostrado que un adecuado método de arreo reduce los niveles de estrés y el tiempo dedicado a la movilización de los animales,¹² redundando en mayor bienestar de los mismos y consecuentemente en mejor calidad de la carne. El objetivo del presente capítulo es analizar los diferentes métodos de arreo utilizados durante el manejo previo a la matanza y sus repercusiones en los animales de abasto y sus canales.

Antecedentes del arreo

Las evidencias indican que los cazadores y recolectores que habitaban algunas regiones de Medio Oriente, descubrieron la agricultura hace unos 10 000 años; sin embargo, previamente había tenido lugar la domesticación del perro, entre cuyas funciones probablemente estaban la guardia y protección de los asentamientos y la persecución de manadas salvajes para facilitar su captura por parte de los humanos. Gracias a sus superiores sentidos del oído y del olfato,

tales animales advertían a las personas sobre la presencia de intrusos. Una vez convertidas las poblaciones humanas a la agricultura, la protección y el arreo del ganado continuaron, siendo estas labores confiadas a los perros.²² Hace 2 000 años perros pastores de ganado vacuno acompañaron al ejército romano a través de toda Europa. Estos animales siguen siendo populares para el arreo de ganado en Gran Bretaña, Irlanda y Australia.²³

En Norteamérica, las primeras cabezas de ganado acompañaron a los conquistadores españoles. Dado que los animales no estaban guardados en corrales ni existían cercas en los pastizales, muchos podían alejarse de sus dueños en busca de pasto y agua, abarcando grandes extensiones de terreno. Para la venta o sacrificio, los vaqueros cabalgaban el campo en busca del ganado que había en el área y lo conducían luego hacia un lugar céntrico. A los vaqueros se les llamaba arrieros porque arreaban o conducían al ganado montados a caballo.²⁴ En Europa los caballos fueron esenciales en la agricultura, como animales de carga y posteriormente en la ganadería.²⁵ Relatos de carácter anecdótico señalan que en las últimas décadas del Siglo XIX, los vaqueros norteamericanos manejaban y llevaban tranquilamente el ganado vacuno en grandes movilizaciones que recorrían enormes distancias.²⁶

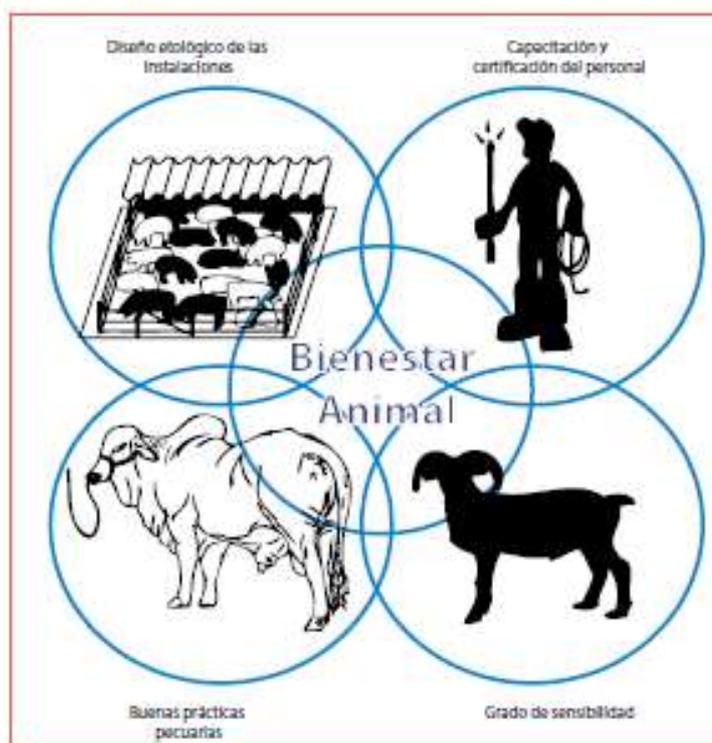
Valoración de la eficacia del arreo durante la conducción del ganado

El bienestar de los animales implica la interacción entre el hombre (operarios), el medio ambiente (instalaciones), las prácticas de manejo y los animales.²⁷ En la **Figura 6.2** se ilustra la interacción de los principales factores que deben considerarse y que sin duda influyen directamente en el bienestar animal durante el arreo.

Entre los aspectos más importantes para facilitar el arreo están el diseño etológico de las instalaciones (mangas, corrales, rampas de carga, cercos, pisos), la eliminación de las llamadas “distracciones” que impiden el normal avance de los animales (objetos, sombras, brillos, ruidos o personas que distraen o asustan al ganado) y la capacitación del personal.^{28,29}

Un indicador de que un animal está teniendo problemas o dificultades para hacer frente a las adversidades del ambiente son los cambios en el comportamiento; por ejemplo, si durante el arreo el animal rehúsa avanzar, retrocede, resbala, cae o vocaliza. Estos cambios conductuales pueden relacionarse con una mala experiencia previa o con la presencia de un elemento de distracción en el pasillo por donde avanza.³⁰

Figura 6.2. Interacción de los principales factores que influyen directamente en el bienestar animal durante el arreo.



Al hablar de arreo se hace alusión a las diversas prácticas de manejo como traslado, agrupación y control de los animales, generalmente efectuadas por los operarios y que incluyen la utilización de distintos elementos y prácticas inapropiadas tales como los arreos ejecutados por personas a pie o a caballo (**Figura 6.3**).

Es común percibir rudeza y malos tratos hacia el animal, generalmente motivados por la inexperiencia e ignorancia de los operarios; estos no tratan mal a los animales por gusto, satisfacción perversa o crueldad sino que, en la mayoría de los casos, no han recibido la instrucción mínima necesaria para desempeñar satisfactoriamente su tarea.³¹ Durante los manejos antes del sacrificio, los animales pueden exponerse a una serie de estímulos desafiantes, que incluyen: 1) la manipulación y el creciente contacto con los humanos, 2) el transporte, 3) la novedad del ambiente, (4) la carencia de alimentos y agua,

Figura 6.3. Utilización de caballos para arrear a los animales de los corrales de engorda al transporte que los conducirá a la planta de sacrificio.



5) los cambios en la estructura social por la introducción de individuos extraños al grupo, y 6) la exposición a condiciones climáticas distintas a las del lugar de crianza. Las respuestas de los animales a dichos desafíos pueden ser no específicas y existe una variabilidad considerable entre individuos, no sólo en la percepción del elemento estresante sino también en el tipo de respuesta.³² Ambos son modulados por diversos factores intrínsecos de los animales como grupo genético, sexo, edad y estado fisiológico, entre otros.^{32,33}

En un estudio llevado a cabo en Nigeria,¹⁶ se evaluó el comportamiento de tres diferentes razas cebuínas de ganado (Fulani blanca, Sokoto gudale y Bororo rojo) durante las maniobras de carga, transporte y descarga. Los investigadores encontraron que los animales de razas con cuernos grandes (Bororo rojo y Fulani blanca) presentaron mayor agitación general y mayor porcentaje de lesiones. Éstas se debieron principalmente a cornadas ($34.4 \pm 9.1\%$), maltrato por parte de los operarios ($30.3 \pm 8.6\%$) y golpes contra estructuras del vehículo transportador ($18.2 \pm 5.3\%$). Los autores atribuyen las diferencias en parte a la mayor agresividad natural y a las características de la piel de la raza Bororo rojo (menor grosor y mayor holgura) que la predisponen a sufrir lesiones con mayor facilidad.

Por otra parte, Linares y colaboradores³⁴ realizaron un estudio en 45 corderos (borregos lactantes o mayores a 30 días de edad), en los que midieron los niveles de cortisol y catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) en granja (T0), después del transporte (T1) y en el matadero después del transporte (T2). Encontraron que los niveles de cortisol y adrenalina en T0 y T1 fueron similares en ambos grupos pero los de noradrenalina fueron superiores en los corderos

lactantes en T0 ($p < 0.05$) y T1 ($p < 0.01$). Según Bergamasco y colaboradores,³⁵ la edad y el peso de los corderos al sacrificio pueden implicar una menor capacidad de adaptación, debido a que los animales más jóvenes pueden extrañar a sus madres con mayor intensidad. Por el contrario, autores como Caroprese y colaboradores³⁶ señalan que los animales de mayor edad desarrollan un alto grado de socialización y una mayor capacidad de exploración, experimentando menos dificultades cuando enfrentan nuevas situaciones.

Existen varios factores que obstaculizan el movimiento de los animales en una planta de sacrificio causando en ellos estrés, excitación y lesiones. El principal factor corresponde sin duda al diseño y construcción de las mangas de manejo y los corrales, pero no menos importantes son la falta de entrenamiento y deficiente supervisión de los empleados así como los elementos de distracción que retrasan el movimiento de los animales, como reflejos centelleantes en pisos mojados, aire silbante, ruidos estridentes, corrientes de aire y pisos de materiales inadecuados o con escaso mantenimiento, que hacen que los animales resbalen y caigan.³⁷

Holleben y colaboradores³⁸ realizaron un estudio en toros, vacas y vaquillas transportados a plantas de sacrificio en Alemania. Estos autores evaluaron las condiciones de manejo, las instalaciones de carga y descarga, y el modo de transporte, además de la manera en que estos factores afectan el bienestar del animal. Entre sus conclusiones destacan que las caídas y la resistencia al avance son menores si los animales se conducen en pasillos con paredes sólidas sin distracciones y en grupos pequeños que no incluyan animales extraños. Cuando se observaron estas condiciones, los animales mostraron mayor tranquilidad durante el arreo.

Recientemente experimentos realizados por Hoffman y Lühl¹⁸ mostraron que los animales desembarcados con calma y sin la utilización de bastones o arreadores eléctricos, tuvieron menos resbalones y caídas al descender del camión y tendieron a pasar a los corrales de espera a velocidades más bajas que aquellos arreos con picana eléctrica.

Uno de los indicadores más importantes del bienestar del ganado durante el arreo es el número de animales caídos, el cual corresponde a aquellos que no se pueden levantar y caminar por sí mismos debido a lesiones o debilidad.³⁹ En una evaluación de bienestar animal es posible calcular la prevalencia e incidencia de animales ambulatorios y no ambulatorios (caídos). Por ejemplo, en 1999 en los Estados Unidos de América (EUA) los animales caídos representaron una tasa de desecho de 0.80% tanto en vacas como en ganado de engorda. En otro estudio, Grandin y colaboradores⁴⁰ evaluaron la condición de más de

1 000 equinos que arribaron a dos plantas de sacrificio en EUA centrándose en la evaluación de diversos problemas de bienestar animal: Condición corporal (emaciación [puntuación de 1 o 2 en una escala de 9]); recumbencia e inhabilidad para caminar; daños en miembros que impidieran la movilidad; lesiones severas como cortaduras profundas, laceraciones extensas, abrasiones en cabeza y espalda; lesiones oculares, lesiones purulentas por negligencia y marcas numerosas por mordidas y patadas sobre áreas extensas del cuerpo, así como muerte al arribo. Noventa y dos por ciento de los animales llegaron a destino en buen estado, en tanto que 7.70% (78 animales) tuvieron problemas severos de bienestar.

Las vocalizaciones emitidas por el ganado son otro indicador a considerar en la evaluación del arreo. Se ha comprobado que el ganado vocaliza con mayor frecuencia debido a un manejo inadecuado; el uso de bastón eléctrico para mover a los animales, por ejemplo, causa una elevada tasa de vocalizaciones.⁴¹ Estudios realizados en otras especies han encontrado resultados similares. Benjamin y colaboradores⁴² hallaron en cerdos una alta correlación entre las vocalizaciones y la incidencia de síndrome de fatiga cuando los animales fueron manejados bruscamente con rampas más elevadas de lo requerido por la especie y arreos mediante el uso de un instrumento eléctrico. En este sentido, Grandin⁴³ recomienda realizar la medición de las vocalizaciones en grupos de al menos 100 animales. Estudios realizados en ganado vacuno y cerdos indican que el aumento de la vocalización se correlaciona con indicadores fisiológicos de estrés.⁴⁴⁻⁴⁶ Un animal con dolor agudo puede vocalizar de manera intensa, tratando de escapar de la fuente de dolor; de no lograrlo, se torna frenético o agresivo hacia la fuente de dolor.⁴⁷ Estudios realizados por Grandin²⁸ indican que durante el manejo en plantas de faena, la gran mayoría (99%) de las vocalizaciones del ganado fue ocasionada por el uso excesivo del arreador eléctrico, por pisos deslizantes y por la inmovilización demasiado ajustada. Puntajes de vocalización (mugidos y bramidos) en puntos específicos del recorrido permiten localizar problemas de manejo en las plantas faenadoras.⁴¹ El límite crítico en la puntuación de la vocalización alcanza 3-5% en las plantas faenadoras bien manejadas.^{28,41} Los porcentajes de vocalizaciones de cerdos y ovejas son igualmente utilizados para evaluar el manejo de estrés en los mataderos.

Paralelamente a las observaciones conductuales, las medidas fisiológicas proveen información muy valiosa sobre la calidad del arreo del ganado. Instalaciones deficientes pueden ocasionar en los animales aumentos en el ritmo cardíaco muy superiores a los producidos con el mismo manejo en instalaciones

debidamente diseñadas.¹² La combinación de los efectos estresantes de lucha, mal manejo y esfuerzo físico en cerdos en plantas faenadoras eleva los niveles sanguíneos de cortisol y creatinfosfocinasa (CPK) y disminuye el glucógeno muscular.

Las contusiones en las canales son también indicadores de gran utilidad para evaluar el bienestar animal durante el manejo *ante-mortem* del ganado. Es frecuente observar las marcas dejadas por los elementos físicos de arreo, en forma de hemorragias petequiales o hematomas de variada extensión y profundidad³⁰ (Figura 6.4). La presencia de lesiones en la superficie de la canal no sólo indica un bajo nivel de bienestar, sino que también representa un grave problema económico para la industria, ya que deteriora el aspecto de la canal, con la consecuente pérdida por decomiso que en algunos casos puede

Figura 6.4. El uso de palos u otros objetos de forma agresiva para hacer avanzar a los cerdos ocasiona lesiones, hematomas o magulladuras, que se pueden observar en las canales, causando pérdidas económicas por decomisos y que reflejan un pobre bienestar.



alcanzar hasta el 6% de las canales.⁴⁸ Los hematomas pueden producirse en cualquier punto de la cadena cárnica debido a un inadecuado manejo de los animales en la granja o en ferias ganaderas,¹⁷ durante su carga, transporte y descarga en el matadero, en los corrales de espera e incluso durante los procesos de aturdimiento.⁴⁹ Ejemplos de los potenciales eventos que pueden originar hematomas son el manejo inadecuado, el uso indebido de palos por los manejadores y el impacto violento de los animales contra las instalaciones u otros animales.⁵⁰ La prevención de las contusiones es importante ya que éstas denotan la violencia y dolor a los que fueron sometidos los animales durante el periodo previo al sacrificio.¹¹

Debido al grosor de la piel bovina, en el ganado vacuno es difícil detectar *ante-mortem* las heridas que generalmente solo pueden ser detectadas en la canal.¹⁰

En una Auditoría Nacional de Calidad de Carnes realizada en Uruguay en 2002-2003 se encontró un 60% de lesiones mientras que las pérdidas atribuibles a machucones y carne oscura, que son sólo dos consecuencias del maltrato, se ubicaron en torno al 7% del valor de los animales faenados.⁵¹ Estos datos fueron similares a los hallados por otros autores.^{29,31}

Recientemente Hoffman y Lühl¹⁸ encontraron que las áreas con mayor número de hematomas en canales bovinas fueron los flancos con 72% y 73% para los lados derecho e izquierdo respectivamente. Esto fue seguido por el centro del lomo y las áreas de la costilla (36%), la grupa (31%) y el cuarto posterior central (28%). La mayor diferencia se observó entre los flancos derecho e izquierdo, que mostraron 20% y 27% de contusiones.

Un ejemplo de la metodología de evaluación de las contusiones es el de la norma chilena⁵² que las clasifica en tres niveles, dependiendo tanto de la profundidad como de la extensión de la lesión. Por su profundidad, la contusión se clasifica como grado 1 si afecta el tejido subcutáneo alcanzando las aponeurosis musculares superficiales externas y provocando lesiones poco apreciables. La contusión grado 2 afecta al tejido muscular, lesionándolo en mayor profundidad y extensión; se observa que la región de la contusión aparece hemorrágica. La contusión grado 3 compromete el tejido óseo mientras el tejido muscular generalmente aparece friable con estrías de trasudación severa; normalmente se aprecian fracturas óseas en la zona afectada. En cuanto a la extensión de la contusión, se consideran tres niveles según el diámetro aproximado del área afectada: 1 cuando la extensión es < 5 cm, 2 cuando alcanza de 6 a 10 cm y 3 cuando excede de 10 cm.

En otras especies como la porcina, las lesiones son claramente visibles en la piel. Se ha demostrado que los cerdos que presentan mayor daño en la piel

tienen niveles sanguíneos progresivamente más elevados de cortisol, CPK y lactato al momento de la matanza ($p < 0.05$) comparados con aquellos cuyas canales exhiben lesiones leves o ausencia de éstas en la piel. Del mismo modo, altas puntuaciones de daños en piel se asocian con promedios finales de pH mayores ($p < 0.05$) causando un color más oscuro debido a la disminución o agotamiento del glucógeno muscular, lo que conduce a un aumento en la incidencia de carnes DFD (*dry, firm and dark*).^{53,54}

En un estudio realizado en el Reino Unido, más de 4% de las canales porcinas en las que se observaron diferentes lesiones fueron rechazadas, mientras que en España la cifra alcanzó 1.5%.^{7,54} Un informe realizado en EUA reveló que entre 1 y 2% de los jamones y las paletas porcinas presentaron algún tipo de lesión superficial.⁵⁵

Grandin²⁸ plantea el uso de otros indicadores de deficiencias en el arreo observando el comportamiento de los animales, cuantificando los porcentajes de aquellos en los que se usa arreador eléctrico (máximo aceptable 25%), animales que resbalan durante el trayecto desde el corral al cajón de noqueo (máximo aceptable 3%), caen durante el arreo (máximo aceptable 1%) o vocalizan (mugir en el caso de los bovinos) durante su traslado (máximo aceptable 3%).

Actualmente estos indicadores, adoptados en las directrices de bienestar animal elaboradas por la OIE,¹⁵ son usados para verificar las condiciones de manejo y bienestar animal en las plantas faenadoras. Es posible aplicar estos indicadores para evaluar el manejo durante la conducción, carga y descarga a nivel productor, en las ferias ganaderas y otros lugares donde se conduce a los animales de un punto a otro.²⁷

Queda claro que el ser humano juega un rol preponderante en esta instancia y que es muy importante analizar la interacción entre éste y el animal durante el arreo y el manejo en los corrales, a través de indicadores como la distancia de fuga de los animales (parámetro que puede presentar variaciones en función del sistema de cría, siendo mayor la distancia en sistemas extensivos por estar los animales menos acostumbrados a interactuar con los humanos) y la evaluación de los métodos de conducción, agresión a los animales, velocidad de conducción, vocalizaciones, caídas, resbalones e intentos de salto.⁵⁶

Independientemente de las soluciones metodológicas para medir el estrés y el bienestar, el manejo apropiado de los animales de abasto durante el embarque y desembarque junto con su arreo al cajón de noqueo, deberían contemplarse como parte de los programas de manejo de calidad, basados en la metodología del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP).⁵⁷

La educación del personal encargado del trabajo con los animales a todos los niveles es fundamental, siendo preciso utilizar diferentes estrategias para llegar a todos los eslabones.⁵⁸

Principales métodos de arreo

Arreador eléctrico

También llamado bastón o picana eléctrica, esta herramienta tiene implicaciones en el bienestar del animal pues generalmente se utiliza de manera inadecuada durante el arreo. Nunca debe aplicarse en las partes sensibles del animal como ojos, orejas y mucosas. La corriente no ha de exceder de 50 voltios. El arreador eléctrico debe utilizarse con moderación y no convertirse en una herramienta primordial de las personas para la conducción de los animales. En la mayoría de los rastros y mataderos, el único lugar donde se justifica la utilización de un arreador es la entrada al cajón de aturdimiento o inmovilización.¹²

La necesidad de recurrir al arreador eléctrico puede variar dependiendo de la raza del animal, de las prácticas de producción en la granja, del sexo y tamaño del grupo de animales, y del sistema de manejo utilizado.¹² En la reglamentación de la Unión Europea no está permitido el uso de estos dispositivos en equinos. En el caso de los animales no acostumbrados a una manipulación gentil y al contacto con los humanos, y que por ello son excitables o nerviosos, en muchas ocasiones los operadores no tienen otra alternativa que utilizar el arreador eléctrico para conducirlos, lo que puede traducirse en una mayor incidencia de canales con lesiones.⁵⁹ Cuando la mayoría de los animales (> 50%) ingresa al área de restricción solamente después del arreo utilizando uno de estos instrumentos, es preciso identificar las razones del rechazo a la movilidad.⁶⁰

En cerdos castrados, Rabaste y colaboradores⁶¹ compararon el comportamiento de los animales arreados con manejo gentil utilizando tabloncillos de plástico y el de animales arreados con manejo brusco mediante el uso del artefacto eléctrico. Estos autores encontraron que el manejo brusco de los animales durante la descarga aumentó la presentación de varias conductas indeseables como trepar ($p < 0.005$), resbalar ($p < 0.01$) y voltear ($p < 0.001$). El uso del arreador eléctrico también redujo la conducta de beber durante el reposo ($p < 0.01$). Asimismo en el grupo de animales en los que se utilizó picana eléctrica, se observó una tendencia al incremento en la calificación de magulladuras en la canal ($p < 0.06$) y una mayor proporción de carnes PSE (*pale, soft, exudative*) afectando la calidad del producto ($p < 0.05$). Otro estudio realizado por Warner

y colaboradores⁶² evaluó el arreo de 84 bovinos divididos en dos grupos, uno de control (en el que no se utilizó un arreador eléctrico antes del sacrificio) y uno con tratamiento de estrés (bovinos que recibieron seis estímulos con un arreador eléctrico durante cinco a 10 minutos, 15 minutos antes del sacrificio). Los bovinos de este segundo grupo tuvieron una respuesta adrenérgica aguda lo que indica un mayor nivel de estrés ($p < 0.05$), mientras que el nivel plasmático de lactato al sacrificio (otro indicador de estrés) fue menor en el grupo control. Los autores concluyen que el uso del arreador eléctrico provoca estrés agudo en el ganado y produce carne de menor calidad.

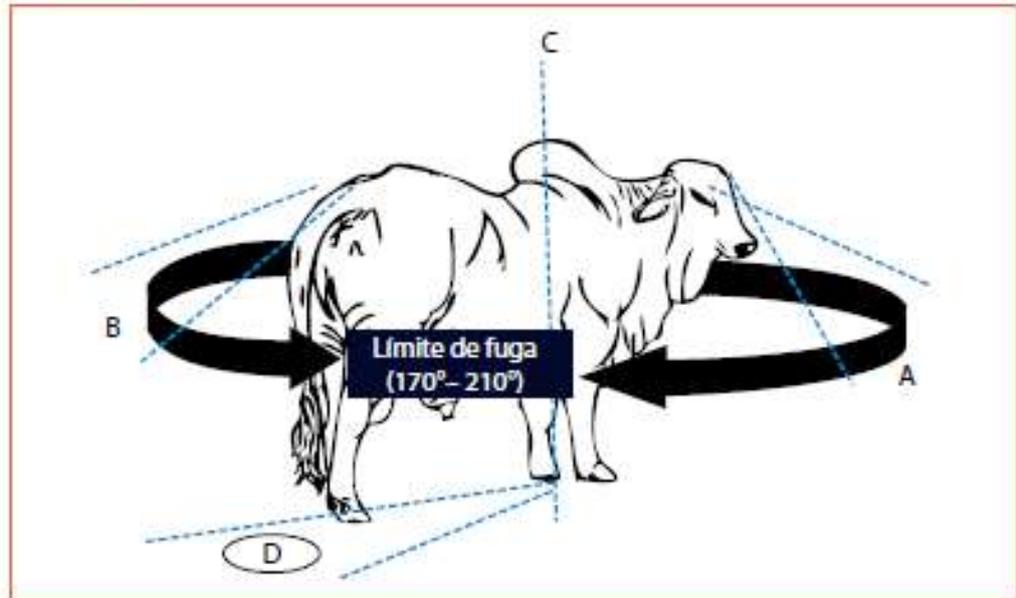
Arreo con perros

En las granjas tradicionalmente se han usado perros como auxiliares para el manejo y movimiento de ganado, así como para la defensa de los animales contra depredadores naturales.⁶³ Sin embargo, los perros probablemente son percibidos por el ganado como un depredador natural.^{64,65} Existen pocas razas caninas aptas para trabajar con ganado, entre ellas Border collie y Kelpie (ovejero australiano).⁶⁶ Además de contar con la genética apropiada, los perros deben ser entrenados para realizar este trabajo. Estos no deben usarse cuando se maneja ganado en un área confinada, tal como una manga o corral de encierro. En estas situaciones el perro suele penetrar profundamente en la zona de fuga del animal, la cual corresponde al espacio mínimo requerido por éste para aventajar a un depredador o agresor en caso de tener que huir de su ataque (**Figura 6.5**). El ingreso del perro en la zona de fuga provoca una situación de gran tensión para el ganado confinado en un área reducida (**Figura 6.1**). Kilgour y de Langen⁶⁷ observaron una gama de factores de estrés a los que comúnmente son expuestas las ovejas y encontraron que las mordidas y la persecución por perros causaron una notoria elevación de cortisol en estos animales. Por lo anterior, sólo deben utilizarse perros en áreas abiertas y en corrales espaciosos, donde los animales tengan lugar para escapar, debiendo estar los perros entrenados para evitar el estrés excesivo (**Figura 6.6**).⁶⁸

Experimentalmente se ha demostrado que la presencia de perros ante el ganado induce estrés fisiológico, lo que incluye aumento en la frecuencia cardíaca⁶⁹ y elevación de las concentraciones plasmáticas de cortisol, hormona adrenocorticotropa (ACTH), adrenalina y noradrenalina.⁷⁰

La relación entre el arreo con perros y el estrés fue estudiada por Hemsworth y colaboradores⁷¹ en 378 ovejas trasladadas de forma individual desde el corral de espera hacia el área de aturdimiento. Se registró la frecuencia del uso de perros por cada oveja, evaluándose la duración y frecuencia del mismo.

Figura 6.5. Zona de fuga de los bovinos. A: Zona de visión (170°-210°), B: Zona ciega (15°-30°), C: Punto de balance, D: Zona donde el trabajador frena o inicia el movimiento del animal.



Los autores encontraron que los perros son un importante factor de estrés para las ovejas, pues los incrementos en la duración e intensidad de su utilización se asocian con concentraciones más elevadas de cortisol *ante-mortem* ($p < 0.001$).

Movimientos sin estrés en el arreo del ganado

Es importante que los procedimientos de manejo durante el arreo sean adecuados, no solamente para asegurar el bienestar del animal, sino también porque en dichos procedimientos radica la diferencia entre pérdidas y ganancias, tanto por la calidad de la carne como por la seguridad de los operarios. El objetivo del arreo sin estrés es que se reemplacen de manera definitiva todos los elementos utilizados para movilizar animales en forma agresiva.⁷² Existen métodos para manejo y arreo basados en el conocimiento del comportamiento animal, lo que implica que los operarios encargados de tales labores tengan experiencia y sean competentes en la manipulación y desplazamiento del ganado, entendiendo las pautas de comportamiento de los animales y los principios básicos para realizar su trabajo.

Figura 6.6. Es importante que si se usan perros, estos estén entrenados para ocasionar el menor estrés posible a los borregos.



Petherick y colaboradores⁷³ demostraron que la exposición frecuente a la gente, ya sea de forma neutra o positiva, disminuye el miedo del ganado de engorda frente al operario. Recientemente, Probst y colaboradores⁷⁴ demostraron que el trato gentil hacia los becerros tiene efectos persistentes a largo plazo, reduciendo el miedo al hombre y mejorando la calidad de la canal.

Las directrices para el bienestar animal de la OIE¹⁵ indican que para mover animales no se deben emplear procedimientos violentos ni medios que les causen dolor o sufrimiento. Los instrumentos autorizados incluyen paneles, banderas, tablillas y bolsas de plástico. La capacitación del personal es fundamental para lograr un buen manejo y en consecuencia, una mejor calidad de la carne; debe incluir forzosamente información sobre el comportamiento de las distintas especies de animales y la manera de valerse de éste para facilitar la conducción.^{12,20} Otro aspecto fundamental para facilitar la conducción y el manejo de los animales es contar con una infraestructura (mangas, corrales, rampas de carga, cercos, pisos y vehículos para el transporte) diseñada considerando aspectos del comportamiento de cada especie. En este sentido

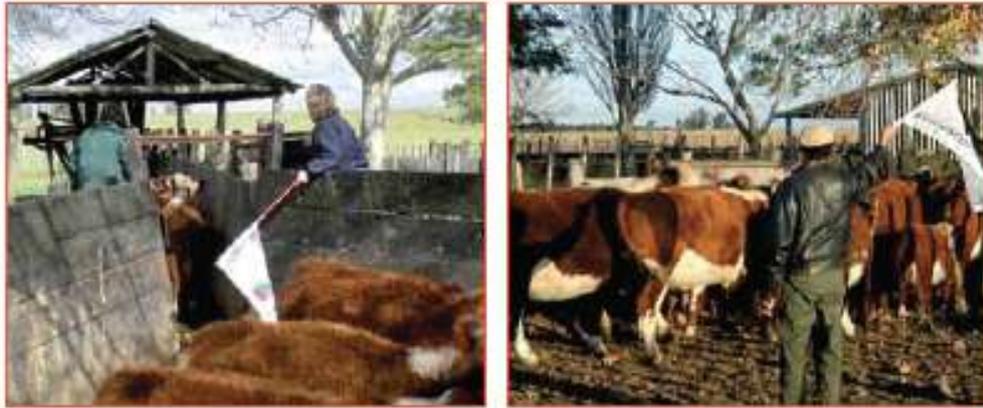
es importante señalar que la mayoría de las especies productivas avanza con más facilidad a través de mangas curvas y desde lugares más oscuros a más claros. Es también fundamental evitar los pisos resbalosos y con mucha pendiente, pues dificultan el avance de los animales al producir inseguridad en sus pisadas.¹² Algunos problemas de diseño que impiden el buen avance de los animales son los ángulos muy cerrados, así como las salientes (clavos y puntas) que dejan marcas en las canales. Las lesiones más comunes son las provocadas por las puertas de guillotina al caer sobre el lomo de los bovinos y por las salientes en mangas y puertas.

Arreo con banderas

Las banderas son instrumentos compuestos por un mango de 1.0 a 1.5 m que en su extremo posee una pieza cuadrada (o rectangular) de lona plastificada, tela, plástico o cualquier otro material ligero. El cuadro puede variar en tamaño (50 x 50 cm a 76 x 76 cm). Las banderas actúan como extensiones de los brazos del arreador y la mayoría de los animales de abasto responde muy rápidamente a ellas, de modo que es suficiente mostrarlas para conseguir lo que se pretende (que el animal se mueva, frene o vire). La bandera debe ser utilizada para orientar al animal y no para asustarlo. El ganado respeta mucho el movimiento de las banderas, así que hay que acostumbrarse a usarlas con cuidado; si se abusa de ellas, el ganado termina tornándose más nervioso.² El objetivo es que reemplacen definitivamente a todos los elementos que se usan para movilizar a los animales en forma agresiva (látigos, picanas, palos, perros).⁷² Estos instrumentos funcionan como señales visuales y se utilizan aprovechando la capacidad visual periférica de los animales herbívoros, al agitar o simplemente alzar las banderas y, junto con el manejo adecuado de la distancia de fuga, provocar el desplazamiento o la detención de los animales (**Figura 6.7**).^{53,75}

En cerdos, por ejemplo, se puede utilizar una bandera con un mango corto o remo. Los sonajeros colocados en el extremo, funcionan bien para mover ovejas.¹² Para un adecuado arreo tanto de bovinos como de ovinos es importante recordar que estas especies son gregarias, es decir que viven en manada, por lo cual es más fácil manejar a estos animales en grupo que individualmente. Su sentido del oído es más sensible que el de los humanos, por lo cual se han de evitar los ruidos fuertes y los gritos, pues los asustan. Según Grandin,¹² uno de los aspectos elementales que debe conocer el personal para conducir correctamente a los animales es la "zona segura" o de fuga. Arraño y colaboradores⁷⁶ realizaron un estudio en 22 establos lecheros, evaluando el bienestar de vacas lecheras a partir de la medición de la zona de fuga, encontrando que

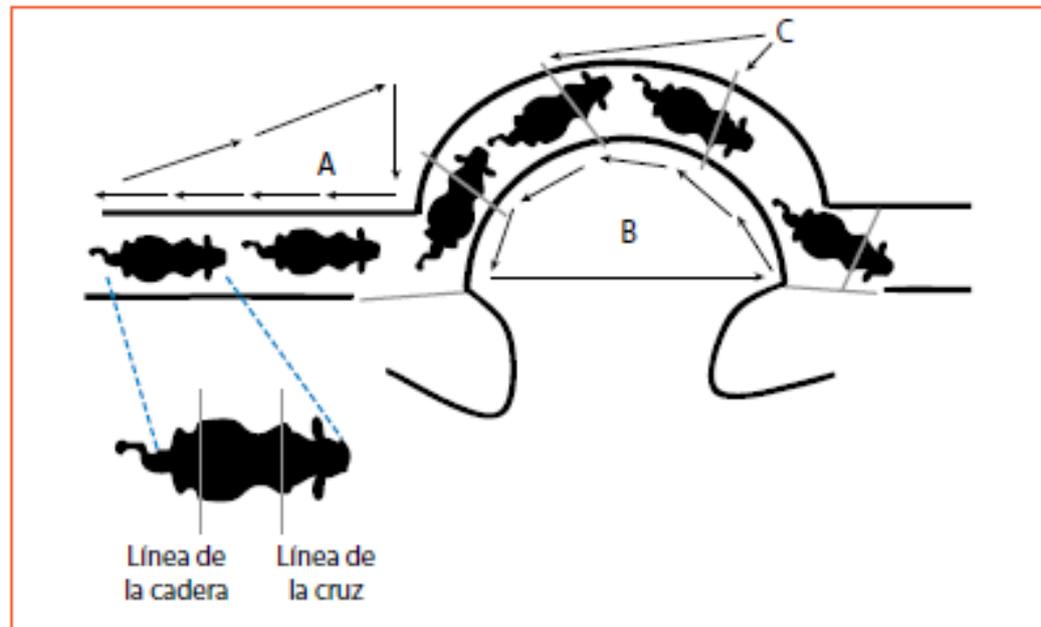
Figura 6.7. Utilización de banderas para la movilización de ganado. Con el ánimo de disminuir el estrés ocasionado por el manejo y cumplir con los estándares de bienestar recomendados, se pretende que este método sustituya a los tradicionales.



para el 18.2% ésta fue de 1 m, mientras que para el 45.4% fue mayor a 2 m. Estos resultados son similares a los encontrados en el Reino Unido por Whay y colaboradores⁷⁷ quienes hallaron distancias de fuga que oscilaban entre 0.7 m y 3.2 m. Según Grandin,¹² esta zona está determinada por la docilidad o rusticidad del animal y el grado de familiaridad del ganado con la presencia del hombre, siendo afectada por experiencias estresantes previas. Un animal que pasa por una situación de peligro aprende a ser más cauto en el futuro y aumenta su distancia de zona de fuga.

Otro aspecto importante a considerar con el uso de banderas para arrear ganado es el punto de “balance” o “equilibrio” (Figura 6.8). Se trata de un punto ubicado a la altura de las paletas: Cuando una persona se para frente a este punto, el animal permanece inmóvil en la manga de manejo. Si la persona avanza hacia adelante del punto de balance, el animal retrocede; en cambio si la persona se ubica detrás del punto de equilibrio, el animal avanza. La mayoría de las especies puede ser movida a lo largo de una rampa cuando el controlador pasa por ésta en la dirección opuesta del movimiento deseado, aprovechando el punto de equilibrio del animal.¹² El manejo con un bajo nivel de estrés desencadena solamente una ansiedad leve y evita las conductas que reflejan un alto nivel de estrés. El manejo que menor estrés genera es aquel que hace que el animal se mueva de manera enteramente voluntaria.

Figura 6.8. Punto de balance y movimientos del ganado en una manga curva. A: Movimientos realizados por los trabajadores para desplazar al ganado, B: El ganado se desplaza hacia adelante cuando el personal cruza el punto de balance, C: Punto de balance.



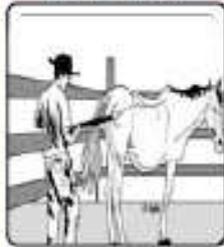
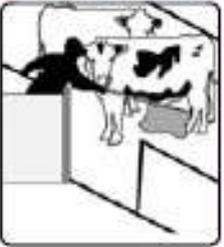
Para facilitar el arreo es necesaria la supresión de las llamadas "distracciones". Debido a la deficiente visión estereoscópica de la mayoría de los herbívoros, estos animales son incapaces de discernir los objetos que se encuentran directamente frente a ellos y a poca distancia. Los elementos de distracción son aquellos que llaman la atención o asustan a los animales cuando se aproximan a ellos y los hacen detenerse o darse vuelta, impidiendo el avance. Algunos ejemplos son: Objetos tirados, sombras, brillos, personas que distraen o asustan al ganado en su camino, reflejos sobre metales brillantes, movimiento de gente por delante, cambios de textura en el piso, ruidos de metal o corrientes de aire.^{12,15} Álvarez y colaboradores⁷⁸ realizaron un estudio cuyo objetivo era determinar el efecto de dos métodos de arreo al ingresar animales a una manga en el campo. El primero (método de "menor intensidad") consistió en estímulos auditivos y visuales de baja intensidad, sin uso de picanas o bastones eléctricos. El segundo (método de "mayor intensidad") consistió en arrear a los animales utilizando estímulos auditivos y visuales más

intensos, además de una picana eléctrica con frecuencia de dos a cuatro veces por animal durante la operación. No se detectaron diferencias significativas en términos de niveles sanguíneos de glucosa, actividad de CPK, leucocitos ni hematocrito, pero se encontró un nivel más elevado de cortisol sanguíneo con el método de arreo de menor intensidad y un nivel más elevado de lactato con el de mayor intensidad.⁴

Los animales que están en relativa calma pueden moverse de forma natural a través de sistemas bien diseñados con un mínimo de conducción e insistencia.¹² En la **Figura 6.9** se aprecia una comparación entre los diferentes métodos de arreo, y cómo afecta cada uno de ellos tanto el bienestar como la calidad del producto final.

Los aportes técnicos y estudios científicos corroborados por la experiencia muestran que un manejo adecuado, respetando una serie de principios

Figura 6.9. Comparación de los diferentes métodos de arreo para los animales de abasto.

Arredor eléctrico	Arreo con perros	Arreo tradicional	Arreo con banderas
			
<ul style="list-style-type: none"> ↑ Fase adrenérgica aguda Hennrich y colaboradores¹⁰ ↑ Nivel plasmático de lactato ($p < 0.05$) Mamer y colaboradores⁴ ↑ pH final en la canal ↑ T^m muscular ↑ Hematomas en canales Cobby y Tallon¹¹; Huerta-Carén y colaboradores⁸; Strappini y colaboradores⁹; Huerta-Carén⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Concentraciones de cortisol post sacrificio ($p < 0.001$) Hennrich y colaboradores¹⁰ ↑ Interacciones visuales ($p < 0.001$) Hennrich y colaboradores¹⁰ ↑ Lesiones en extremidades por mordidas ↑ Calidad de la carne Hennrich y colaboradores¹⁰ 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Glucógeno muscular ↑ Alteraciones en comportamiento Sepúlveda y colaboradores¹³ ↑ Vocalizaciones Grandin¹⁴ ↑ Canales con lesiones Huchard¹⁵ ↑ Pérdidas económicas por descomisos Huerta-Carén y colaboradores⁸; Strappini y colaboradores⁹; Huerta-Carén⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Vocalizaciones, caídas, lesiones Grandin¹⁴ ↑ Pérdidas por mermas y descomisos Strappini y colaboradores⁹; Strappini¹⁶ ↑ Utilización del movimiento natural del ganado Grandin¹⁴ ↑ Cumplimiento de estándares de bienestar animal aceptables Huerta-Carén y colaboradores⁸; Strappini y colaboradores⁹; Grandin¹⁴; Huerta-Carén⁶

básicos de bienestar animal, facilita las tareas de campo realizadas por el hombre y reduce las agresiones al animal (estrés, heridas, magulladuras, etc.), favoreciendo por tanto la minimización de pérdidas o defectos en el producto final (pH, abscesos, terneza, color de la carne, etc.).^{79,80}

Conclusiones y recomendaciones

Los métodos adecuados de arreo reducen de manera importante el estrés al que los animales y el personal que los maneja se ven sometidos durante el traslado en las unidades productivas, embarque y desembarque del transporte, y conducción al interior de las plantas de sacrificio. Esta reducción del estrés se traduce en menores pérdidas económicas, no solamente por un incremento en la calidad de la carne y la disminución de los accidentes laborales, sino también por un mayor nivel de bienestar tanto del animal como de los operarios, quienes gozan de un ambiente más tranquilo y seguro.

El factor más importante para aplicar métodos adecuados de arreo probablemente sea la capacitación del personal, que debe considerar en primera instancia información con bases científicas sobre el comportamiento natural de cada especie. La comprensión de la conducta del animal permite no solamente realizar un apropiado diseño de las instalaciones y utilizarlas debidamente, sino reducir o eliminar los factores que causan estrés y disminuyen la movilidad de los animales.

El método de arreo con banderas es un ejemplo de manejo con bajo estrés que requiere que el personal involucrado conozca el comportamiento de la especie y de manera fundamental los conceptos de distancia de fuga y punto de equilibrio de los animales.

Es posible evaluar la eficiencia del método de arreo. La metodología involucra principalmente la evaluación de la condición *ante-mortem* y del comportamiento de los animales (condición corporal, frecuencia de lesiones visibles, frecuencia de detenciones, vueltas, resbalones, caídas y vocalizaciones), igual que de la canal después del sacrificio (hematomas y fracturas, entre otras lesiones).

Al arrear animales, se recomienda:

- Que el nivel de nutrición de estos sea adecuado.
- No forzar el movimiento cuando los animales presenten algún tipo de dolencia.
- Realizar todos los movimientos con animales lo más tranquilamente posible, manipulándolos con cuidado, evitando el uso de palos y bastones eléctricos, ruidos excesivos, corridas y perros mal entrenados.

- Acostumbrar a los animales al contacto con los seres humanos, juntarlos a menudo, haciéndolos pasar por las instalaciones con tranquilidad.
- El manejo amigable contribuye a mantener a los animales dentro de sus grupos sociales; es importante no mezclar sexos, edades, categorías o razas.

Referencias

1. Zermeño-Acosta M. Indicadores de bienestar animal de bovinos de carne por efecto de diferentes métodos de arreo durante el embarque, desembarque y tiempos de espera en el cajón de noqueo y su efecto en las propiedades físico-químicas de la carne. Tesis de Maestría en Ciencias agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana. Campus Xochimilco. México D.F. 2012.
2. Giménez ZM. Manual de buenas prácticas ganaderas. 1ª edición, Buenos Aires. Cámara Argentina de Consignatarios de Ganado. 2006.
3. Gallo C, Tadich N. Transporte terrestre de bovinos: efecto sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. *Agro-Ciencia* 2005;21(2):37-49.
4. Gallo C, Tadich N. Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 2008;IX (10B): 1695-7504.
5. Huertas-Canén SM, Gil AD, Piaggio JM, et al. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. *Animal Welfare* 2010;19:281-285.
6. Gregory NG. *Animal welfare and meat science*. New York, USA. CABI Publishing. 1998. 223-240.
7. Fautitano L. Causes of skin damage to pig carcasses. *Can J Anim Sci* 2001;81:39-45.
8. Strappini AC, Frankena K, Metz JHM, et al. Prevalence and risk factors for bruises in Chilean bovine carcasses. *Meat Sci* 2010;86:859-864.
9. Grandin T. Principles of animal behavior for handling cattle and other herbivores in extensive conditions. En: Grandin T. *Livestock handling and transport*. Wallingford, Oxon (UK). CAB Int. Publishing 1993. 63-85.
10. Strappini AC, Metz JHM, Gallo CB, et al. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. *Anim* 2009a;3(5):728-736.
11. Strappini A, Valenzuela R, Navarro G, et al. Contusiones en canales bovinas: cuantificación y caracterización macroscópica. En: *Proceedings of the 1st Regional Meeting of Animal Welfare Researchers*. Valdivia, Chile. 2009b.
12. Grandin T. *Recommended animal handling guidelines & audit guide: A systematic approach to animal welfare*. American Meat Institute Foundation. 2010.
13. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific). *Effects of stress and injury on meat and by-product quality*. En: Heinz G, Srisuvan T. *Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock*. 2001. 6-10.
14. Huertas-Canén SM, Rodríguez GA. Caracterización del transporte terrestre de bovinos hacia plantas de faena en Uruguay. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 2008;IX(10).
15. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). *Código sanitario para los animales terrestres*, 2005. Introducción a las directrices para el bienestar animal, anexo 3.7.1: Directrices para el transporte de animales por vía terrestre, anexo 3.7.3: Directrices para el sacrificio de animales destinados al consumo humano, anexo 3.7.5. 2010.
16. Minka NS, Ayo JO. Effects of loading behaviour and road transport stress on traumatic injuries in cattle transported by road during the hot-dry season. *Liv Sci* 2007;107:91-95.
17. Gregory NG, Benson T, Manson CW. Cattle handling and welfare standards in livestock markets in the UK. *J Agr Sci* 2008;147:345-354.
18. Hoffman LC, Lühl J. Causes of cattle bruising during handling and transport in Namibia. *Meat Sci* 2012: doi:10.1016/j.meatsci.2012.04.021.

19. Zermeño-Acosta M, Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Borderas-Tordesillas F. Effect of waiting time in the cattle-stunning box on animal welfare. XXIII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Cartagena de Indias, Colombia. 2012.
20. Dalmau A, Geversink NA, van Nuffel A, et al. Repeatability of lameness, fear and slipping scores to assess animal welfare upon arrival in pig slaughterhouses. *Animal* 2010;4:804-809.
21. Strappini AC, Frankena K, Metz JHM, et al. Characteristics of bruises in carcasses of cows sourced from farms or from livestock markets. *Animal* 2012;6(3):502-509.
22. Krämer EM. Gula de las razas de perros. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A. 1999. 318.
23. Fogle B. La enciclopedia del perro. Barcelona. Ediciones Omega, S.A. 1996. 312.
24. Moran M. Los vaqueros y el arreo del ganado. Benchmark Education Company. LLC. 2011. 1-32.
25. Hartley EE. Manuales de identificación. Caballos. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A. 2005. 256.
26. Adams A. Log of a cowboy. Nueva York. Houghton Mifflin. Reimpreso en 1964 Reno, Nevada por Bison Book, University of Nevada Press. 1903.
27. Gallo C. Gula técnica de buenas prácticas en bienestar animal para el manejo de bovinos en predios, ferias, medios de transporte y plantas faenadoras. Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura. 2009.
28. Grandin T. Buenas prácticas de manejo para el arreo e insensibilización de los animales. Informativo sobre carne y productos cárnicos (Universidad Austral de Chile) 1996;22:124-136.
29. Gallo C, Lizondo, Knowles T. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Vet Rec* 2003;152:361-364.
30. Sepúlveda N, Gallo C, Allende R. Importancia del bienestar en producción bovina. *Arch Latinoam Prod Anim* 2007;15(Supl. 1):127.
31. Huertas-Canén SM. Buenas prácticas de manejo durante el embarque y transporte a la planta de sacrificio. En: Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Trujillo-Ortega ME. Bienestar animal y calidad de la carne. México. Editorial BM Editores. 2010. 69-80.
32. Moberg GP. Biological response to stress: implications to animal welfare. En: Moberg GP, Mench JA. The biology of animal stress - Basic principles and implications for animal welfare. Oxon, UK. CABI Publishing. 2001. 1-22.
33. Hemsworth PH, Barnett JL. Human-animal interactions and animal stress. En: Moberg GP, Mench GA. The biology of animal stress - Basic principles and implications for animal welfare. Oxon, UK. CABI Publishing. 2001. 309-336.
34. Linares MB, Bórnez R, Vergara H. Cortisol and catecholamine levels in lambs: Effects of slaughter weight and type of stunning. *Livestock Science* 2008;115: 53-61.
35. Bergamasco L, Macchi E, Facello P, et al. Effects of brief maternal separation in kids on neurohormonal and electroencephalographic parameters. *Appl Anim Behav* 2005;93:39-52.
36. Caroprese M, Napolitano F, Albenzio M, et al. Influence of gentling on lamb immune response and human-lamb interactions. *Appl Anim Behav* 2006;99:118-131.
37. Grandin T. Factors that impede animal movement at slaughter plants. *J Am Vet Med Assoc* 1996;4:757-759.
38. Holleben KV, Hense S, Schmidt T, et al. Handling of slaughter cattle in pre and post transport situations including loading and unloading on journeys up to 8 hours in Germany. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 2003;110:93-99.127.
39. Gregory NG. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Sci* 2008;80:2-11.
40. Grandin T, McGee K, Lanier JL. Prevalence of severe welfare problems in horses that arrive at slaughter plants. *J Am Vet Med Assoc* 1999;214:1531-1533.
41. Grandin T. Cattle vocalizations are associated with handling and equipment problems at beef slaughter plants. *Appl Anim Behav Sci* 2001;71:191-201.
42. Benjamin ME, Gonyou HW, Ivers DJ, et al. The effect animal handling model on the incidence of stress responses in market swine in a model system. *J Anim Sci* 2001;79:279.

43. Grandin T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. *Appl Anim Behav Sci* 1996;56:121-128.
44. Dunn CS. Stress reactions of cattle undergoing ritual slaughter using two methods of restraint. *Vet Rec* 1990;126:522-525.
45. Warriss PD, Brown SN, Adams SJM. Relationship between subjective and objective assessments of slaughter and meat quality in pigs. *Meat Sci* 1994;38:329-340.
46. White RG, DeShazer JA, Tressler CJ, et al. Vocalizations and physiological responses of pigs during castration with and without an anesthetic. *J Anim Sci* 1995;73:381-386.
47. Friend TH. Behavioral aspects of stress. Symposium: Response of animals to stress. *J Dairy Sci* 1991;74:292-303.
48. Meat and Livestock Commission (MLC). Ring-side Damage Scale. Reference 2031M 8/85. Milton Keynes, Bletchley, UK. Meat and Livestock Commission. 1985.
49. Jarvis AM, Selkirk L, Cockram MS. The influence of source, sex class and pre-slaughter handling on the bruising of cattle at two slaughterhouses. *Livest Prod Sci* 1995;43:215-224.
50. Nanni CL, Fiego DP, Tassone F. The relationship between carcass bruising in bulls and behaviour observed during pre-slaughter phases. *Vet Res Comm* 2006;30:379-381.
51. INAC. Instituto Nacional de Carne, Uruguay. Auditoría de la Carne Vacuna. *Revista del Plan Agropecuario*. 2003. 29.
52. Instituto Nacional de Normalización (INNI), Chile. Norma Chilena de Tipificación de Canales Bovinas. Norma Chilena 1308 2002. 87.
53. Warriss PD. The consequences of fighting between mixed groups of unfamiliar pigs before slaughter. *Meat Focus Int* 1996;4:89-92.
54. Gispert M, Faucitano L, Guardia MD, et al. A survey on preslaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Sci* 2000;55:97-106.
55. Morgan JB, Smith GC, Cannon J, et al. Pork distribution chain audit report. En: Meeker D, Sonka S. Pork chain quality audit. Progress report. Pub. Des Moines, IA. National Pork Producers Council and Pork Board. 1994. 32-76.
56. Huertas-Canén SM, Paranhos Da Costa M, Manteca X, et al. An overview of the applications of the animal welfare assessment system in Latin America. En: Linda Keeling. An overview of the development of the Welfare Quality® assessment systems. WQ Report No 12. 2009. 79-89.
57. von Borell E, Schäffer D. Legal requirements and assessment of stress and welfare during transportation and pre-slaughter handling of pigs. *Liv Prod Sci* 2005;97:81-87.
58. Gallo C, Tadich T, Huertas S, et al. Animal welfare education in Latin America. First International Conference on Animal Welfare Education. Directorate General for Health and Consumers. Brussels, Belgium. European Commission. 2010.
59. Faucitano L, Marquardt L, Oliveira MS, et al. The effects of two handling and slaughter systems on skin damage, meat acidification and color in pigs. *Meat Sci* 1996;50:13-19.
60. Schäffer D, von Borell E, Laube RB. Observations on abattoir-handlers to use of prod and stick on slaughter pigs in the entrance area of the restrainer. *Deutsche Tierärz Wochens* 1997;104(11):487-489.
61. Rabaste C, Faucitano L, Saucier L. The effects of handling and groups size on welfare of pigs in lairage and their influence on stomach weight, carcass microbial contamination and meat quality. *Can J Anim Sci* 2007;87(1):3-12.
62. Warner RD, Ferguson DM, Cottrell JJ, et al. Acute stress induced by the preslaughter use of electric prodders causes tougher beef meat. *Austr J of Experim Agricult* 2007;47:782-788.
63. Consultado el 20 de Junio de 2012: <http://www.canids.org/occasionalpapers/>
64. Robel RJ, Dayton AD, Henderson FR, et al. Relationships between husbandry methods and sheep losses to canine predators. *J Wildl Manage* 1981;45:894-911.
65. Schaefer JM, Andrew RD, Dinsmore JJ. An assessment of coyote and dog predation on sheep in southern Iowa. *J Wildl Manage* 1981;45:883-893.
66. Giménez ZM. Del maltrato al bienestar animal: recomendaciones prácticas. Argentina. *Márgenes Agropecuarios*, Bs. As. 2003;15(175).

67. Kilgour R, de Langen H. Stress in sheep resulting from management practices. *Proc N Z Soc of Anim Prod* 1970;30:65.
68. Consultado el 23 de febrero de 2012: www.produccion-animal.com.ar
69. Baldock NM, Sibly RM. Effects of handling and transportation on the heart rate and behaviour of sheep. *Appl Anim Behav Sci* 1990;28:15-39.
70. Komesaroff PA, Esler M, Clarke IJ, et al. Effects of estrogen and estrous cycle on glucocorticoid and catecholamine responses to stress in sheep. *Am J Phys* 1996;275: E671-E678.
71. Hemsworth PH, Maxine R, Marcus G, et al. Human-animal interactions at abattoirs: Relationships between handling and animal stress in sheep and cattle. *Appl Anim Behav Sci* 2011;135:24-33.
72. Alende M. Bienestar animal y reducción del estrés en el feedlot. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", La Pampa. 2009.
73. Petherick JC, Doogan VJ, Hulroyd RG, et al. Quality of handling and holding yard environment, and beef cattle temperament: 1. Relationships with flight speed and fear of humans. *Appl Anim Behav Sci* 2011;120:18-27.
74. Probst JK, Spengler A, Leiber F, et al. Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 2012;139:42-49.
75. Grandin T. Animal handling. En: Price EO. *Farm animal behavior*. *Vet Clin North Am: Food Anim Pract* 1987;3:323-338.
76. Arraño C, Baez A, Flor E, et al. Estudio preliminar del uso de un protocolo para evaluar el bienestar de vacas lecheras usando observaciones basadas en el animal. *Arch Med Vet* 2007;39(3):239-245.
77. Whay HR, Main D, Green L, et al. Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm records. *Vet Rec* 2003;153:197-202.
78. Alvarez E, Tadich N, Gallo C. Efecto de diferentes métodos de arreo sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en bovinos. En: XII Congreso de Medicina Veterinaria. Chillán, Chile. 24-26 octubre, 2002.
79. Barros A, Castro L. Bienestar animal. Buenas prácticas operacionales. Serie técnica No. 34. Instituto Nacional de Carnes. Uruguay. INIA. 2004.
80. Strappini AC. Bruises in Chilean cattle: Their characterization, occurrence and relation with pre-slaughter conditions. PhD Thesis, Wageningen University. The Netherlands p. 140.

Introducción

Se entiende por “buenas prácticas” en el manejo de los animales, a la habilidad por parte de los operarios, de realizar las tareas relativas a la alimentación, movimientos y administración de medicinas, cuando corresponde, en forma correcta, adecuada y sin perjudicar la salud del animal, componente esencial del bienestar de éste, fundamentalmente del productor de alimentos. Las buenas prácticas, asimismo, permiten asegurar no solamente un mejor control de enfermedades de los animales, sino también de las zoonosis y la inocuidad de los alimentos.

El concepto de bienestar animal es relativamente nuevo en el tiempo; recién en la década de los noventa se establecen por parte del *Farm Animal Welfare Council* (FAWC), los principios que actualmente son tenidos en cuenta en la mayoría de los países del mundo y sobre los cuales se apoyan los sistemas de evaluación de tal bienestar. Ellos indican que los animales deben estar libres de hambre y sed; libres de malestar físico y térmico; libres de enfermedad y lesiones; libres para expresar un patrón de comportamiento normal, y libres de miedos y angustias.

El concepto de bienestar animal es complejo y abarca facetas científicas, éticas, económicas, políticas y culturales. Cada vez es mayor en el mundo la inclinación a evitar el sufrimiento innecesario de los animales y el reconocimiento de que son seres sensibles y que por ende, sienten dolor del mismo modo que lo experimentamos los seres humanos.¹

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), organismo de referencia internacional, expresó en 2002 su preocupación por el bienestar de los animales y el Comité Internacional aprobó por unanimidad la creación de grupos de trabajo en el tema. Posteriormente se llevó a cabo en París (Francia) la primera Conferencia Global sobre Bienestar Animal (2004), en la cual se decidió promover las buenas prácticas de manejo de animales a todos los niveles, dando gran importancia a la creación de estándares con respecto al transporte y sacrificio de los mismos (<http://www.oie.int/esp/welfare>).

En 2008 se realizó la Segunda Conferencia Global sobre Bienestar Animal, en El Cairo (Egipto), donde se apuntó a la implementación por parte de los países miembros de la OIE de los estándares desarrollados durante estos últimos años.

Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) reconoce la importancia de las buenas prácticas de bienestar animal y afirma que las mismas reportan beneficios tanto para las personas como para los animales, ya que en gran parte del mundo hay seres humanos que dependen directamente de estos para subsistir por lo que es fundamental que se encuentren sanos y con bienestar para cumplir adecuadamente sus propósitos. En 2008 se realizó la primera reunión de expertos mundiales sobre el tema con el fin de contribuir a crear capacidades para implementar las buenas prácticas en bienestar de los animales, fundamentalmente en los países en desarrollo.²

Como se desprende del informe de la FAO sobre los animales de producción, es reconocido que si un animal siente dolor, además de sufrir una enfermedad, tiene su bienestar deteriorado y su producción también se verá comprometida, tanto en calidad como en cantidad, representando una pérdida de ingresos para el productor.

En cuanto a los consumidores, en todo el mundo y en forma creciente se manifiestan a favor de productos provenientes de animales que han sido tratados en forma adecuada durante su vida, por lo que el bienestar animal se transforma en un gran desafío en el mercado mundial de animales y productos provenientes de ellos. La percepción del bienestar de los animales puede variar según las diferentes regiones y culturas, sin embargo debe velarse siempre por evitar todo sufrimiento innecesario de los mismos.

En los sistemas de producción de carne, los bovinos y porcinos son transportados al menos una vez en su vida, sea hacia las plantas de sacrificio, hacia remates de ferias o hacia otros establecimientos para su cría o engorde. Por lo tanto, el transporte y los manejos que lo circundan (carga y descarga de animales) revisten gran importancia, y junto a la estadía de los animales en instalaciones inadecuadas constituyen las principales causas de estrés en los mismos.³⁻⁵ Los transportes hacia las plantas de sacrificio se efectúan en general por tierra, en camiones de diversas características, piso sencillo, doble piso, doble jaula o jaula y remolque (acoplado), dependiendo del país o región.

Las aves también son transportadas por tierra en general, y los manejos de carga y descarga son igualmente cruciales desde el punto de vista de su bienestar. En el presente capítulo se hace alusión fundamentalmente a las buenas prácticas de manejo *ante-mortem* en la especie bovina.

La sucesión de eventos que sufren los animales una vez que se ha decidido su sacrificio, comienza con los manejos a nivel del establecimiento productor, comercialización en remates de ferias, transporte por varias horas al establecimiento de matanza y confinamiento en corrales hasta el sacrificio propiamente dicho. En estas etapas, los animales están expuestos a variadas situaciones de tensión que les provocan nerviosismo, agitación y trastornos psicossomáticos, todo lo cual redundando en agotamiento que se traduce en la producción de carne de baja calidad, con hematomas,⁶ seca y de color oscuro en bovinos y muy clara y con gran trasudación entre otros factores en cerdos.⁷⁻⁹

Desde 1991 tanto en Canadá como en Estados Unidos se han venido realizando auditorías en las plantas de sacrificio de bovinos, para cuantificar los defectos que determinan problemas en la calidad de la carne. La **Tabla 8.1** muestra los porcentajes de canales con al menos una lesión traumática, según los países y los años, así como las pérdidas económicas por animal sacrificado reportadas en algunos estudios.¹⁰⁻¹⁴

Por lo anteriormente expuesto, no cabe duda de que las prácticas que involucran el manejo de los animales en las etapas previas al sacrificio revisten fundamental importancia en todo el mundo y particularmente en países productores y exportadores de alimentos de origen animal.^{15,16}

Entre las prácticas que afectan el bienestar de los animales y tienen indirectamente un gran impacto económico en el retorno de inversión al

Tabla 8.1. Porcentaje de hematomas en las canales de bovinos y pérdidas económicas reportadas por las auditorías de diferentes países.

País	Año	Animales (%) con hematomas	Pérdidas económicas
Estados Unidos ¹⁰	1993	40	
Estados Unidos ¹¹	1998	40	US\$ 4/animal
Estados Unidos ¹²	2002	47	
Canadá ¹³	1997	78	CAN\$ 70/animal
Canadá ¹⁴	2001	54	CAN\$ 82/animal
Uruguay (INAC)	2003	60	US\$ 32/animal
Uruguay (INAC)	2008	30	

INAC, Instituto Nacional de Carnes.

productor, se encuentran el embarque, el transporte propiamente dicho y el desembarque en las plantas de sacrificio.

Embarque

Fundamentalmente los animales que se destinan a producción de carne son sacrificados cuando alcanzan determinadas características de peso, conformación y terminación (acumulación de grasa), dependiendo de los sistemas de producción, de los diferentes países y de las exigencias de los mercados a los que acceden.

En los sistemas extensivos y semiextensivos de cría de bovinos, los animales se agrupan antes de proceder al embarque. Esta etapa comienza con el movimiento de los animales desde su hábitat (el potrero) hacia las instalaciones, a las que no son llevados con demasiada frecuencia, y que no siempre revisten las características adecuadas para trabajar con ellos.

Según Grandin,^{17,18} los animales en estas circunstancias están expuestos a una gran tensión (estrés psicológico) a raíz de su encierro, el manejo rudo, ambientes desconocidos y sensaciones auditivas estridentes (gritos), entre otros factores. El estrés físico incluye hambre, sed, fatiga, lesiones traumáticas, temperaturas extremas a las que los animales muchas veces están expuestos durante los manejos previos al sacrificio. Como respuesta a estos estímulos aparece el "miedo" en el animal y la magnitud de la respuesta será diferente en cada uno. Asimismo, el miedo experimentado por los animales varía según la experiencia previa (memoria a situaciones hostiles) y factores genéticos, dependiendo fundamentalmente de la raza. En bovinos, es sabido que los cebuinos son más nerviosos que las razas europeas.

Por su parte, la visión de los animales también es un factor muy importante; los bovinos tienen un ángulo de casi 300°, pudiendo percibir movimientos por los costados excepto en un cono ubicado detrás de la cola, mientras que los cerdos tienen una visión bastante restringida en general. La forma como perciben el medio que los rodea también es muy importante, tanto así que Grandin¹⁸ asegura que las sombras, los desniveles en el piso, las imágenes en movimiento y las canaletas con agua, entre otros factores, son agentes de estrés que promueven un comportamiento de rechazo por parte de los bovinos.

En muchos casos los materiales con que se construyen los corrales de contención no son de buena calidad, pudiendo registrarse partes rotas, salientes, puntas o trozos que pueden lastimar a los animales. Las dimensiones no siempre son las adecuadas para el número de animales que se colocan en su interior, existiendo la tendencia a llenar demasiado los corrales promoviendo

que los animales se encuentren tan incómodos que tratan de salir de cualquier forma incluso saltando, pudiendo lastimarse y exponiendo a los operarios a lesiones físicas que pueden ser severas.

En cuanto a los embarcaderos, también es común encontrar que no estén correctamente mantenidos, realizados con tablonces o barandas muy separadas o rotas, que permiten que el animal vea a los que están afuera y quiera escapar aun intentando saltar, ya que el bovino es un animal de manada y siempre querrá estar con los demás de su especie. Es igualmente común observar embarcaderos muy inclinados, con pendientes tan pronunciadas que hacen que el animal se rehúse a subir o se de vuelta y quiera saltar para escapar de esa situación adversa. En esas circunstancias es corriente advertir que el operario comienza a aplicar todo tipo de mecanismos cruentos con los animales a fin de lograr que suban por la rampa hacia el camión. En la **Figura 8.1** se muestra un embarcadero mal mantenido, con mucha distancia entre las barandas, barandas sueltas caídas, todo lo cual promueve que el animal quiera escapar de allí.

Figura 8.1. Embarcadero sin mantenimiento, con barandas sueltas caídas y mucha distancia entre ellas.



Según Grandin,¹⁸ los embarcaderos deben tener una pendiente no mayor a 25°, recomendando aproximadamente 4.30 a 5 metros de largo por 1.30 de alto. Además, se sugiere que la subida sea con escalones anchos pero no profundos, de unos 10 cm de alto por unos 35 de profundidad, para facilitar el ascenso de los animales. Se recomienda que tengan una parte horizontal de aproximadamente un metro al final de la rampa, lo que da a los animales sensación de seguridad y permite que entren más confiados al camión. La **Figura 8.2** muestra un camión estacionado justo en un embarcadero con tramo horizontal.

Con respecto a los operarios, es común percibir rudeza y malos tratos hacia los animales, motivados generalmente por inexperiencia o ignorancia. Según la experiencia de la autora, los operarios en general no tratan mal a los animales por gusto o por satisfacción perversa de aplicar crueldad, sino que la mayoría no ha recibido la instrucción mínima necesaria para desempeñar

Figura 8.2. Camión estacionado en un embarcadero con tramo horizontal.



su tarea satisfactoriamente. En general, al trabajador rural no se le educa en conceptos básicos del comportamiento de los animales transmitiéndose, en el mejor de los casos, cierto conocimiento de generación en generación. Últimamente en la mayoría de los países con economías agropecuarias, se percibe con preocupación la movilidad cada vez mayor de los trabajadores, de un rubro a otro, lo que hace que en muchos casos no dispongan de tiempo para aprender el oficio.

El embarque de los cerdos es una de las etapas más críticas en la cadena productiva; es común ver que se hace en forma demasiado rápida, con cierta dosis de violencia, usando elementos punzantes, a veces eléctricos, palos u otros que pueden dañar al animal. Como se mencionó, los cerdos tienen una visión muy deficitaria y se excitan con mucha facilidad; sumado a ello se trata de animales para faena, con una importante capa de grasa que hace que no puedan disipar el calor con facilidad y sufran espasmos y hasta muerte por exceso de calor. Es de gran relevancia evitar la realización de las tareas de embarque en las horas de más calor ya que las bajas pueden llegar a ser muchas.

Transporte

En muchos países el transporte de los animales hacia las plantas de sacrificio se efectúa por vía terrestre en camiones de diversas características, a través de distancias que en muchos casos son de cientos a miles de kilómetros, lo que puede deteriorar severamente el bienestar de los animales.¹⁹ En países con distancias cortas como Uruguay, el recorrido medio que realizan los camiones con bovinos desde los establecimientos productores a los de sacrificio es de 250 kilómetros, lo que se traduce en cinco horas de promedio.²⁰ Por su parte, en países de gran extensión como Chile, es común registrar transportes mixtos terrestres-fluviales que pueden prolongar el viaje más de un día.²¹

Cabe consignar que en los países europeos es común que los animales sean transportados vivos de un país a otro para ser sacrificados, y en muchos casos lo son de un continente a otro, con los posibles inconvenientes que pueden generarse para su bienestar. Se percibe preocupación por parte de las autoridades europeas por este tema así como también por las organizaciones que velan por el bienestar de los animales, promoviendo cada vez más sacrificar a los animales lo más próximo posible al lugar donde fueron criados.

Habitualmente durante el transporte no se proporciona agua ni comida a los animales por lo que es necesario tener en cuenta el tiempo que estarán

privados de estos elementos, ya que si se excede la capacidad del organismo de mantener el balance de electrolitos, comenzarán a deshidratarse, luego a perder peso, todo lo cual redundará en la llegada a la planta de faena de animales a veces altamente deteriorados e incluso muertos.

En la mayoría de los países existen regulaciones sobre las horas máximas que se pueden transportar los animales, siendo necesario bajarlos después de viajar por 24 horas, proporcionarles alimento y agua para luego continuar el recorrido. Los países más avanzados en materia de regulación vigente son el Reino Unido y restantes de la Unión Europea, en donde el tiempo recomendado de viaje es de ocho horas, pudiendo extenderse a 14 horas máximo, tras las cuales es necesario bajar a los animales; dado que el proceso es bastante complicado de realizar, la regulación está en revisión actualmente.

También están en proceso de revisión las reglamentaciones de países como Chile (tiempo promedio de 24 horas), Canadá (48 horas) y Estados Unidos de Norte América (hasta 72 horas).²²

En cuanto al transporte de cerdos, es habitual que se realice en vehículos de doble piso. Si bien en todos los casos es aconsejable no efectuar embarques y transportes durante las horas de mayor calor, la recomendación reviste suma importancia en esta especie ya que su sistema de ventilación es muy deficitario y los cerdos sufren el calor mucho más que otros animales.

Con respecto a los vehículos para el transporte de animales, es común que no se respeten las mínimas características que deben tener, encontrando puertas que no abren en su totalidad, bordes filosos que pueden dañar a los animales al pasar, pisos que no cuentan con sistemas antideslizantes promoviendo que los animales resbalen y caigan, siendo luego muy difícil que se incorporen, más aún con el vehículo en movimiento.

Por su parte, el número de animales que se transportan (densidad de carga) debe ser el adecuado según el peso, la conformación, la raza y el sexo de los mismos. En algunos países es común observar en un mismo vehículo animales astados junto a otros sin cuernos, animales grandes junto a otros pequeños y lo que es peor aún, animales de distinto sexo juntos. La **Tabla 8.2** muestra las densidades de carga recomendadas en los diferentes países para bovinos de 450 kg de peso.

La forma y la velocidad de conducción también revisten gran importancia, fundamentalmente en rutas y carreteras no demasiado cuidadas o con gran cantidad de curvas y pendientes.

Tabla 8.2. Densidades de carga recomendadas en diferentes países.

País	Densidad de carga (bovino de 450 kg/m²)
Uruguay	1.04–1.08
Chile	0.90
Estados Unidos	1.10–1.15
Unión Europea	1.26–1.43 (corta o larga distancia)
Nueva Zelanda	1.14–1.43 (sin cuernos o astados)
Australia	1.13

Descarga

En muchos casos, una vez que los vehículos arriban a las plantas de sacrificio deben esperar determinado tiempo que a veces alcanza varias horas, para proceder a la descarga de los animales. Esto conlleva a aumentar su agotamiento, siendo común apreciar animales exhaustos al descender de los vehículos luego de viajes verdaderamente interminables.

También aquí es posible verificar inconvenientes en el punto de partida de la rampa de descarga de la planta de sacrificio, ya que es común apreciar rampas sin sistemas antideslizantes que hacen que los animales, a los que por naturaleza no les gusta bajar, resbalen y caigan, promoviendo un gran nerviosismo y a veces daños físicos de diversa magnitud. En la **Figura 8.3** se aprecia un novillo de aproximadamente 450 kg que resbaló y cayó al descender del camión en la planta de sacrificio, registrándose una luxación de ambas articulaciones de la cadera. Incidencias como ésta motivan gran sufrimiento para el animal que debe ser sacrificado de emergencia, siendo su carne no apta para consumo humano.

Una vez que los animales han descendido de los vehículos, es necesario mantenerlos en corrales para la inspección veterinaria, de modo que durante las horas previas a la faena sea posible detectar en los mismos daños visibles o enfermedades infecciosas. Sin embargo, en la mayoría de los países todavía es excesiva la exigencia del tiempo que los animales deben mantenerse en los corrales de espera. Está comprobado que el animal no se repone del viaje durante las horas que permanece esperando el sacrificio; por el contrario, puede continuar deteriorándose.²³ Generalmente los animales se mantienen

Figura 8.3. Novillo caído después de descender del camión en la planta de sacrificio.



en espacios, a veces mal llamados de “descanso”, ya que no se les brindan las mínimas condiciones para que descansen y se repongan del agotamiento del viaje.

Corrales de descanso

El espacio donde están confinados los animales luego de ser descargados de los vehículos de transporte es muy importante para contribuir a su bienestar en las horas previas al sacrificio. Se puede observar que en algunos establecimientos, el piso de los corrales no es antideslizante, no hay protección contra el sol o las inclemencias del tiempo y el diseño no permite que los animales “circulen” con facilidad, registrándose ángulos rectos y desniveles entre otros factores que hacen que los animales no quieran avanzar porque tienen miedo y que los operarios apelen a métodos cruentos como electricidad, palos o todo tipo de

formas para lograr que los animales se muevan. En cerdos, es común apreciar animales tan aterrorizados que se quedan totalmente paralizados, y no se mueven aún bajo la aplicación de todo tipo de medidas de fuerza.

La falta de condiciones adecuadas en el manejo de los animales en las horas previas a su sacrificio, redundan en importantes pérdidas por baja calidad de la carne, por los llamados "cortes oscuros" o "pálidos y trasudativos", decomisos de áreas afectadas por hematomas, dificultad en el descenso del pH y deterioro general en la calidad de la carne.^{4,24,25}

Durante la espera de los animales, la reglamentación en prácticamente todos los países indica que se les debe proporcionar agua *ad libitum*; lo que no siempre se tiene en cuenta es que es posible que los animales no beban el agua porque están demasiado nerviosos y excitados por el ambiente desconocido y totalmente hostil o por extrañar el olor del agua, ya que muchas veces ésta contiene gran cantidad de cloro.

En suma, el transporte y los manejos circundantes inadecuados tienen como consecuencia una mayor respuesta del animal al estrés, con aumento de la temperatura corporal y las frecuencias cardíaca y respiratoria e incremento en los niveles de cortisol, glucosa y ácidos grasos en el flujo sanguíneo. Yeh en 1978²⁶ reportó que la presencia de traumatismos aumentaba en forma importante en animales transportados por más de 10 horas y los daños en la canal también se apreciaban a través del descenso de la calidad de la carne debido a la falta del glucógeno necesario para lograr el descenso del pH que se precisa para la transformación del músculo en carne.

El Comité Científico en Salud y Bienestar Animal de la Comisión Europea concluye en un informe que el bienestar de los animales puede verse sustancialmente afectado por el transporte y recomienda que la carga sea tranquila, mantener un número aceptable de animales dentro del camión, y realizar una descarga cuidadosa en el punto de destino.

En el año 2001, se inició en Uruguay un proyecto en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República, cuyo principal objetivo era estudiar los puntos críticos que afectan el bienestar de los animales en las etapas previas al sacrificio. Se apreció que una importante proporción de los animales enviados a sacrificio, llegaba con diferente grado de estrés y lesiones que se percibían con el animal vivo; sin embargo, posteriormente al sacrificio, la cantidad de hematomas que se percibían en la canal era sustancialmente mayor que las lesiones percibidas exteriormente.²⁷ Estos traumatismos motivan decomisos parciales de las zonas musculares afectadas, de cortes o de la totalidad de la canal según la cantidad y el grado de tejido dañado que se encuentre.

Por lo tanto, las lesiones traumáticas (contusiones) que se encuentran en las canales son resultado de traumatismos en los tejidos corporales con la consiguiente ruptura de vasos sanguíneos y la liberación de sangre en los tejidos circundantes. La severidad de las mismas está dada por el número y el tamaño de los vasos rotos. El tejido dañado puede ser un medio para la proliferación de microorganismos y no es aceptado para el consumo humano por lo que se considera "material decomisado".²⁸⁻³⁰

En las visitas a las plantas de faena de Uruguay se trató de identificar las principales lesiones traumáticas que aparecen en las canales bovinas durante la faena, su localización y el grado de afección del tejido muscular. Se encontró que casi 50% de los animales sacrificados durante los años 2002 y 2003 presentaban al menos una lesión traumática que motivó el decomiso de una zona importante de la canal. De las canales afectadas, el 60% presentó lesiones en las zonas dorsales y la grupa, zonas que contienen los cortes de mayor valor comercial, con la consiguiente pérdida de calidad del corte y en muchos

Figura 8.4. Hematomas en media canal de bovino después del sacrificio.



casos de la zona. Esto significa, además, que la mitad de los animales que iban al sacrificio había sufrido algún tipo de daño por maltrato durante las horas previas. La **Figura 8.4** muestra los hematomas en una media canal de bovino luego del sacrificio.

Recomendaciones

Por lo expuesto, es fundamental asegurar el buen nivel de nutrición de los animales antes del transporte hacia la planta de sacrificio; nunca deben embarcarse animales enfermos, con fiebre, gestantes a término, recién nacidos, que no puedan mantenerse en pie o de los que no haya certeza de que llegarán bien a destino.

Es de gran importancia realizar todos los movimientos de los animales previamente al embarque en forma lenta y tranquila, sin proferir gritos, ruidos excesivos ni sonidos estridentes ya que los animales tienen un oído muy sensible a estos además de estar nerviosos por un entorno desconocido.

A su vez, evitar completamente el uso de cualquier instrumento punzante (palos, bastones eléctricos) para forzar el movimiento de los animales y perros mal entrenados, ya que los animales se sienten amenazados, extremadamente nerviosos y excitados por estos últimos.

Dado que los bovinos son llevados a la manga generalmente para realizar manejos que originan estrés (castración, descorne y aplicación de inyectables, entre otros), es muy importante acostumar a los animales al contacto con los seres humanos, juntándolos a menudo y pasándolos por las instalaciones con tranquilidad y si fuera posible luego “premiarlos” con algún alimento o llevarlos a un buen pastoreo.

Igualmente es de gran relevancia mantener las instalaciones en buenas condiciones, evitando partes salientes o rotas, pisos resbaladizos y rampas con mucho desnivel, que harán que los animales estén tensos, incómodos y que busquen la forma de salir de esa situación hostil aun poniendo en riesgo su integridad física y lo que es peor, la del operario.

Es fundamental no desarticular en lo posible la estructura jerárquica de los animales, evitando mezclar grupos justo antes del embarque, ya que instintivamente los animales comenzarán a pelear hasta restablecer las jerarquías nuevamente y si esto sucede durante el viaje, seguramente arribarán a la planta totalmente deteriorados. Si es necesario apartar y reagrupar animales para enviar al sacrificio, tratar de hacerlo con algunos días de anticipación. Evitar, pues, mezclar diferentes edades, categorías o razas.

Evitar también embarcar a las horas pico de calor o en medio de tormentas eléctricas, no cargar más animales de los adecuados según raza, tipo y edad, permitir que estén holgados de forma que si algún animal cae pueda incorporarse aun con el vehículo en movimiento. Tratar de reducir al máximo el tiempo de transporte, evitando en lo posible rutas en mal estado, paradas innecesarias y conductores inexpertos.

Conclusiones

Las buenas prácticas de manejo de animales son fundamentales para asegurar su bienestar y disminuir o evitar el sufrimiento preferentemente en las etapas previas al sacrificio; además evitan cuantiosas pérdidas económicas.

La concientización sobre estos aspectos del bienestar de los animales abarca el entrenamiento y la capacitación de todos los eslabones de la cadena, pero en particular de quienes trabajan con los animales.

La extensión de la información a todos los actores ha constituido un pilar fundamental para el logro de una mejora en el bienestar de los animales y ha sido la causa más importante del descenso en el porcentaje de hematomas encontrados en las canales en Uruguay (INAC, 2008), además de la mejora en las instalaciones y en la flota de vehículos de transporte de animales que se ha registrado en el país.

Referencias

1. Mellor D, Thomber P, Bayvel D. Evaluación científica y manejo del dolor animal. Serie Técnica OIE, Vol 10.
2. FAO. 2008 "Capacity building to implement good animal welfare practices" http://www.fao.org/ag/againfo/home/en/news_archive/2009_animalwelfare.html
3. Wythes JR, Gannon RH, Horder JC. Bruising and muscle pH with mixing groups of cattle pre-transport. *Veterinary Journal* 1979;104:71-73.
4. Wythes JR, Arthur RJ, Thompson P, et al. Effect of transporting cows various distances on liveweight, carcass traits and muscle pH. *Aust J Exp Agric Anim Husb* 1981;21:557-561.
5. Weeks CA, McNally PW, Warris PD. Influence of the design of facilities at auction markets and animal handling procedures on bruising cattle. *Veterinary Record* 2002;150:743-748.
6. Anderson B, Wythes JR. Bruising in cattle transported by rail at various loading rates. *Anim Prod in Austr* 1979;15:235-238.
7. Carr TR, Allen DM, Phar P. Effect of pre-slaughter fasting on bovine carcass yield and quality. *Journal of Animal Science* 1971;32:870-873.
8. Buyck MJ, Cross HR, Crouse JD, et al. The influence of ante-mortem stress on post-mortem muscle quality. *Journal of Animal Science* 1985;61(Suppl 1):276.
9. Mota-Rojas D, Becerril-Herrera M, Lemus-Flores C, et al. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science* 2006;73:404-412.
10. Lorenzen CL, Hale DS, Griffin DB, et al. National Beef Quality Audit: Survey of producer-related defects and carcass quality attributes. *Journal of Animal Science* 1993;71:1495-1502.

11. Boleman L, Boleman J, Morgan WW, et al. National Beef Quality Audit-1995: Survey of producer-related defects and carcass and quality attributes. *Journal of Animal Science* 1998;76:96-103.
12. McKenna D, Roeber D, Bates T, et al. National Beef Quality Audit-2000: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity and value of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science* 2002;80:1212-1222.
13. Donkersgoed JV, Jewison G, Mann M, et al. Canadian Beef Quality Audit. *Canadian Veterinary Journal* 1997;38:207-225.
14. Donkersgoed JV, Jewison G, Brygrobe S, et al. Canadian Beef Quality Audit. *Canadian Veterinary Journal* 2001;42:121-126.
15. Doth RM, Anderson B, Horder JC. Bruising in cattle fasted prior to transport for slaughter. *Australian Veterinary Journal* 1979;55:528-530.
16. Hoffman DE, Spire ME, Schwenke JR, et al. Effect of source of cattle and distance transported to a commercial slaughter facility on carcass bruises in mature beef cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 1996;212(5):668-672.
17. Grandin T. Assesment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science* 1997;75:249-257.
18. Grandin T. *Livestock handling and transport*. 2nd Edition. Wallingford Oxon, UK. CABI Publ. 2000. 464.
19. Knowles TG. A review of the road transport of cattle. *Veterinary Record* 1999;144:197-201.
20. Huertas SM, Gil AD, Piaggio JM, et al. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. *Animal Welfare*.2010;19:281-285.
21. Gallo C. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. *Veterinaria Italiana* 2008;44(1):113-120.
22. Gallo C, Warriss P, Knowles T, et al. Stocking densities used for the commercial transport of cattle to slaughterhouses in Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 2005;37(2):155-159.
23. Tadich N, Gallo C, Bustamante H, et al. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian cross steers in Chile. *Livestock Production Science* 2005;93:223-233.
24. Warriss P. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behavior Science* 1990; 28:171-186.
25. Hald T, Raamsgaard-Jensen L. pH variations and carcass bruising in beef carcasses from two slaughter houses. En: *Proceedings, Clermont-Ferrand; Decombat. International Congress of Meat Science and Tecnology*. 1992. 38.
26. Yeh E, Anderson B, Jones P, et al. Bruising in cattle transported over long distances. *Veterinary Record* 1978;103:117-119.
27. Huertas SM. *Bienestar de animales bovinos en las etapas que circundan a la faena*. Tesis de Maestría. Facultad de Veterinaria, Montevideo Uruguay. 2006.
28. Marshall BL. Bruising in cattle presented for slaughter. *NZ Vet J* 1978;25:83-86.
29. McNally PW. Bruising in cattle carcasses. *Meat Focus Intern* 1995;501-503.
30. McNally PW, Warriss PD. Recent bruising in cattle at abattoirs. *Veterinary Record* 1996; 138:126-128.

CAPÍTULO
25**Músculo oscuro, firme y seco en bovinos:
Mecanismos involucrados**

Daniel Mota-Rojas, Stella Maris Huertas-Canén, Alma Delia Alarcón-Rojo, Cristina Pérez-Linares, Patricia Roldan-Santiago e Isabel Guerrero-Legarreta

Introducción

Los operarios cuidadores deberán tener experiencia y ser competentes en la manipulación y el desplazamiento de ganado durante la carga, transporte y desembarque, así como comprender las pautas de comportamiento de los animales y los principios básicos necesarios para desempeñar su labor en la etapa *ante-mortem* (**Figuras 25.1 y 25.2**), ya que una consecuencia negativa del manejo inadecuado de los animales en el periodo previo al sacrificio es la presencia de carne clasificada como DFD (*dark, firm, dry*), lo que provoca problemas de comercialización debido a que los consumidores asocian el color oscuro con carne vieja o inadecuadamente almacenada.¹ No obstante, debe tenerse en cuenta que el comportamiento de los animales, individualmente o en grupo, variará dependiendo de su raza, sexo, temperamento y edad y según hayan sido criados y manipulados; por ello son muchos y variados los factores que inciden en la miopatía de corte oscuro en el ganado bovino.^{2,3}

Dado que las causas de la carne DFD son muy diversas (estrés, condiciones climáticas, sexo, reposo, ayuno, entre otras), con el fin de evitar la incidencia de esta miopatía es fundamental implementar un manejo integrado en la producción de carne, con lo cual se logra limitar las pérdidas económicas y producir una carne de óptima calidad.²

Las plantas de sacrificio están diseñadas para optimizar el espacio o facilitar el trabajo humano, y no consideran las características del comportamiento animal.⁴ Bajo estas condiciones, los animales están expuestos a una gran cantidad de estímulos estresantes como la descarga, arreo, hacinamiento, privación de alimento, ruidos y olores novedosos.^{5,6} No obstante, las deficiencias en el diseño de la planta de sacrificio, los elementos de distracción que estorban el movimiento del animal, los errores en la capacitación para el uso de los equipos e instalaciones,⁷ los tiempos prolongados de transporte y el reagrupamiento social de los animales⁸ son problemas que inciden en su comportamiento, pues provocan en ellos estrés antes o durante el sacrificio,⁹ como resultado de este estrés se llegan a observar altas frecuencias de carne DFD.^{6,10}

Figura 25.1. Embarque del ganado utilizando arreador eléctrico.



La causa del elevado pH 24 horas después del sacrificio (pH_{24}) es la degradación del glucógeno, proceso que depende a su vez del estrés físico y psicológico experimentado por el ganado antes del sacrificio. Al respecto, se han reportado varios factores de estrés como responsables de la degradación del glucógeno: El tiempo y el manejo durante el transporte de la granja a la planta de sacrificio, el tiempo de espera en el matadero, las condiciones climáticas, la ruptura social y el ambiente novedoso antes del sacrificio.¹¹⁻¹⁴ Sin embargo, la concentración de glucógeno también varía ampliamente al momento del sacrificio dependiendo del consumo alimenticio, el peso vivo, el estado nutricional, el tipo de músculo y de fibra muscular, la capacidad amortiguadora de éste, el género, el tipo de raza y el temperamento.^{13,14}

Las carnes de ganado vacuno con pH_{24} superior a 6.0 representan un problema en la calidad de este producto, siendo indeseables para el consumo humano y causando importantes pérdidas económicas en la industria cárnica.

La condición DFD ocurre cuando el pH final (medido entre 12 y 48 horas *post-mortem*, dependiendo de la especie) es mayor o igual a 6.^{15,16} La variación de los valores de pH no se toma en cuenta entre los diferentes músculos de la canal.¹⁷

El término DFD generalmente se utiliza para hacer referencia a la de carne de cerdo; cuando este defecto se presenta en la carne de vacuno, es llamado "corte oscuro".¹⁸ La condición DFD puede presentarse en canales de ganado vacuno u ovino, y ocasionalmente en cerdos y pavos,¹⁰ o simplemente

Figura 25.2. Uso del bastón eléctrico para descargar el ganado.



en animales sensibles a situaciones de estrés asociado a las temperaturas ambientales elevadas, los esfuerzos corporales y una fuerte excitación poco tiempo antes del sacrificio.¹⁹

Los principales problemas de la carne con pH_{24} por encima de 6.0 son: Color rojo oscuro,^{14,20} mayor variación en la terneza, incremento en la capacidad de retención de agua (CRA) con producción de carne seca, palatabilidad pobre, textura más firme, mayor absorción de luz y niveles inaceptables de crecimiento de microorganismos con el consecuente desarrollo de olor desagradable y, a menudo, estructura cerrada de las fibras musculares, por lo que absorbe lentamente las sales curantes.^{10,14}

En la actualidad, el aumento de la frecuencia en la incidencia de carne DFD en el mercado ha dificultado la comercialización, debido a que el consumidor la cataloga como carne vieja, a raíz de su color oscuro.²¹

Los países productores de carne reportan proporciones anuales de carne DFD de 3 a 22%.²¹ En el Reino Unido se reporta una incidencia de 10%; en contraste, Estados Unidos de América (EUA) reporta solo 4% de carne DFD.¹³ Algunos autores mencionan que en España la incidencia es de 13%¹⁴ mientras que en México, según un estudio realizado en Mexicali, Baja California,²⁰ se reporta una incidencia de 8.15% con aumento (15.43%) en el verano.

Los animales pueden estresarse por cualquier tensión psicológica (el manejo, los nuevos sucesos) o las tensiones físicas (hambre, sed, fatiga, lesiones).^{10,13,14}

La carne con la condición DFD implica que la canal procede de un animal que sufrió estrés, lesiones o enfermedad antes de su sacrificio.¹⁰ En el presente capítulo se revisan los factores que inciden en la aparición de músculo oscuro, firme y seco, así como los procesos fisiopatológicos que permiten su transformación en carne DFD. Finalmente, se señalan las consecuencias y efectos adversos que pudieran tener las modificaciones bioquímicas en este tipo de afección.

Factores que inciden sobre el músculo oscuro, firme y seco

En general, puede considerarse que el estrés crónico *pre-sacrificio* tiene como consecuencia la carne DFD. Entre los factores que propician la incidencia del músculo DFD están: El ayuno prolongado, la fatiga causada por periodos muy largos de transporte bajo condiciones inadecuadas, las peleas que ocurren al mezclar -ya sea en el camión transportador o en los corrales de descanso- animales de diferentes hatos, el manejo durante la carga y descarga, la novedad de una situación, y el género del animal.^{9,10,21,22} Estos factores causan agotamiento físico o estrés fisiológico,^{10,13,21,23,24} afectando negativamente la calidad de la carne²³ (**Figura 25.3**).

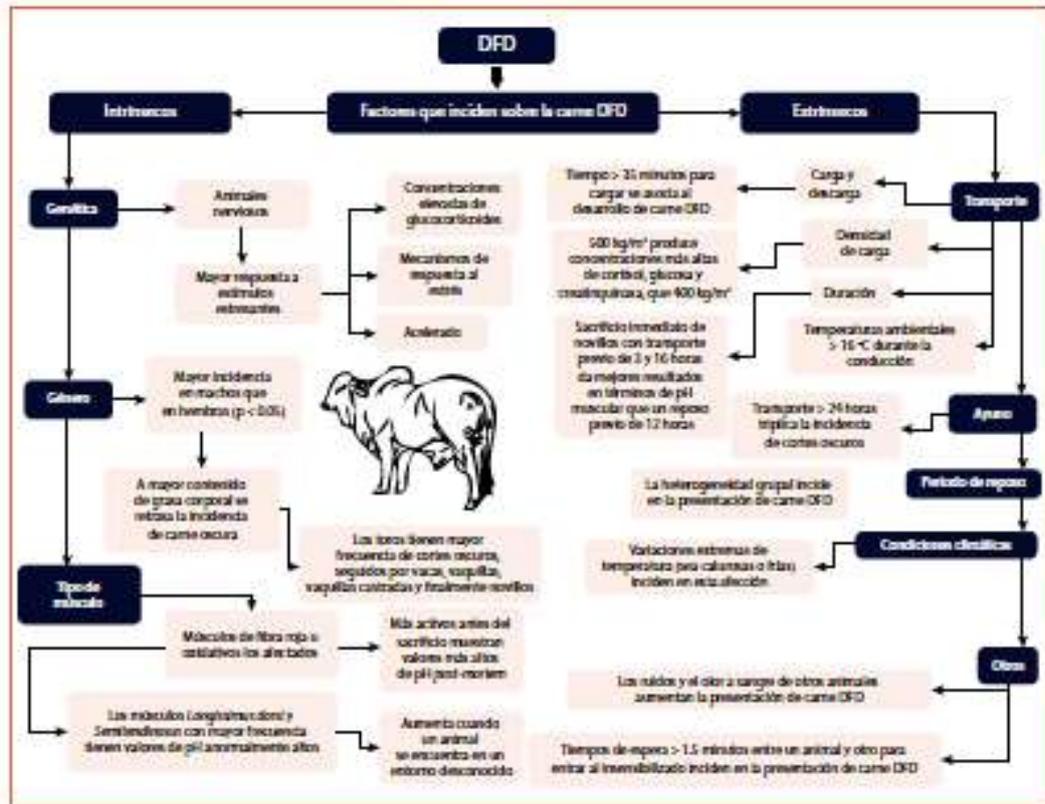
Factores intrínsecos

- Género

En el vacuno, se ha demostrado que el pH final es más alto en los machos enteros que en los castrados y en las hembras; además, las canales de toros generalmente tienen valores altos de pH final cuando se comparan con las canales de vacas y novillas. La mayor incidencia de carne DFD en machos se ha atribuido a su agresividad.²⁵ Debido al mayor contenido de grasa intramuscular y menor grosor de las fibras musculares, la carne de las vacas es más suave que la de los toros, aunque también la edad incide en esta característica. Como consecuencia, es más probable que la carne de toro sea más dura o susceptible a la aparición de músculo DFD en comparación con las canales de vacas.^{24,26}

En un estudio en el que se evaluó el efecto del género clasificando y analizando a los animales por sexo, se encontró que el porcentaje de reprobación (canales que tuvieron pH final de 5.9) fue significativamente mayor en machos que en hembras ($p < 0.05$).²⁷ Las hembras poseen, en comparación con los

Figura 25.3. Factores que propician la presentación de músculo DFD.



machos, una mayor cobertura grasa y se ha demostrado que la frecuencia de corte oscuro disminuye a medida que aumenta la grasa de las canales, debido principalmente al efecto que tiene la grasa en retardar la tasa de enfriamiento.²⁸

Por otro lado, se ha reportado que las vaquillas faenadas al final del estro dan lugar a una mayor proporción de canales con pH_{24} mayor o igual a 6.^{27,29} En términos de riesgo, se indica que los toros evidencian una mayor proporción de carnes con cortes oscuros, seguidos por las vacas, vaquillas, vaquillas castañas y finalmente los novillos (Figura 25.3).³⁰

- Genética

En investigaciones recientes se ha encontrado que el ganado con temperamento nervioso tiene una mayor respuesta a estímulos estresantes; sus concentraciones basales de glucocorticoides son altas.³¹ Esto sugiere que en ellos

los mecanismos de respuesta al estrés son mucho más activos que en animales de temperamento dócil.³² Los esfuerzos musculares cortos y apenas perceptibles realizados por animales temperamentales, son suficientes para producir valores muy bajos de glucógeno muscular.³³ Se ha reportado que la incidencia de músculo de corte oscuro se incrementa en el ganado con temperamento nervioso, a diferencia de los animales dóciles.³⁴ A los 30 minutos *post-mortem*, las canales de animales dóciles tienen un pH muscular de aproximadamente 6.1, valor que difiere significativamente ($p < 0.05$) del hallado en animales con temperamento intermedio y nervioso (6.0 y 5.9, respectivamente).³²

Se ha señalado que las razas BS (Brown Swiss) y EAR (Eastern Anatolian Red), son más excitables y difíciles de manejar que la raza HF (Holstein Friesian). Debido a que el desarrollo de un músculo de corte oscuro está asociado con un temperamento excitable, la incidencia de carne oscura es mayor en machos BS y EAR. En un estudio realizado por Önenç se evidenció una frecuencia de DFD mayor en BS que en machos HF mientras que ésta fue similar en EAR y HF; sin embargo, la frecuencia de carne DFD moderada fue superior en machos EAR y HF que en BS.¹²

Se ha encontrado que los novillos Bonsmara sufren más estrés *pre-sacrificio*.³⁵ En contraste, se reporta que las cruas Nguni tienen niveles más elevados de catecolaminas al sacrificio que las cruas de Brahman y cruas de Simmental.³⁶

Lo anterior demuestra que la genética es un factor importante en la incidencia de carnes de corte oscuro en bovinos (**Figura 25.3**).

- **Peso corporal**

Hallazgos recientes indican que el peso de la canal está relacionado con la aparición de canales con corte oscuro.²⁷ En un estudio llevado a cabo por Hargreaves y colaboradores, los animales fueron divididos en tres categorías según el peso: Bajo (menos de 218 kg), intermedio (entre 218 y 325 kg) y alto (más de 325 kg). El autor y su equipo reportaron un porcentaje de canales reprobadas (pH final > 5.9) de 29.88%, 35.69% y 37.32% respectivamente, siendo éste significativamente superior en animales de mayor peso en canal. Estos resultados concuerdan con los de otros estudios en el sentido de que a mayor peso de los animales, mayor es el efecto en la presentación de músculo de corte oscuro.^{27,37} Sin embargo, otros autores no han hallado diferencias entre los pesos y la aparición de cortes oscuros (pH final reprobado).²⁹ Es común encontrar en la literatura esta discrepancia, lo cual sugiere que además del

peso vivo existen otros factores que afectan la incidencia de carnes DFD en bovinos.

- Factores adicionales

Los músculos de los animales más activos antes del sacrificio son los que exhiben más altos valores de pH *post-mortem*. En los bovinos, los músculos de la espalda, las extremidades y los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* con mayor frecuencia tienen valores anormalmente altos de pH en la canal. Esto es debido a la intensa actividad de monta que frecuentemente se presenta antes de que el animal sea sacrificado, sobre todo cuando se encuentra en un entorno desconocido.³⁸⁻⁴⁰

Además de la fatiga y del ayuno, hay otros factores que controlan el nivel de glucógeno muscular ya que algunos animales, a pesar de ser mantenidos en óptimas condiciones de alimentación y descanso (y que por tanto deberían tener una elevada reserva de glucógeno) producen carne con pH final elevado. En estos animales, la tensión muscular constante, que no se manifiesta externamente, reduce la reserva de glucógeno a un nivel crónicamente bajo.⁴⁰

Factores extrínsecos

- Transporte

El estrés producido en los animales por la falta de alimento o agua, los ruidos no familiares, el peligro, la fatiga, el calor o el frío, los movimientos durante el transporte, las restricciones de espacio y otras condiciones presentes durante su acarreo, puede tener importantes efectos sobre la calidad de la carne.^{2,3,41-44}

El tiempo transcurrido entre el traslado de animales del lugar de crianza al matadero y el momento de sacrificio, que puede oscilar entre una y 48 horas, tiene un impacto importante sobre la calidad de la canal y de la carne. Especialmente afecta el peso vivo y de la canal (con disminución de ambos) durante el periodo *ante-mortem* así como el rendimiento y el grado de calidad, especialmente la proporción de las canales degradadas a causa de defectos como músculo DFD.¹¹ Según algunos autores, la faena inmediata de novillos transportados durante de tres y 16 horas da mejores resultados en términos de pH muscular que un reposo previo de 12 horas.⁴⁵ Otros mencionan que más de 35 minutos de tiempo para cargar los animales al camión, y las temperaturas ambientales por encima de 16 °C durante el transporte, se asocian con músculo DFD (**Figura 25.3**). Estos autores señalan que durante la fase de arreo, el factor que más se relacionó con el desarrollo de músculo DFD fue la mezcla de animales de diferentes hatos de producción.²⁰



La densidad de carga utilizada para el transporte de los animales también puede afectar las concentraciones de algunas variables sanguíneas,^{8,42} habiéndose estudiado su efecto (400 y 500 kg/m²) sobre algunas variables indicadoras de estrés en novillos transportados por tres y 16 horas, encontrando que la densidad de transporte de 500 kg/m² produjo concentraciones más altas de cortisol ($p = 0.0021$), glucosa ($p = 0.039$) y creatinquinasa (CK; $p = 0.024$) a la llegada a la planta faenadora. Estas diferencias persistieron hasta después del reposo de 12 horas en el caso de cortisol y CK, mientras la glucosa sanguínea retornó a los valores iniciales en el mismo tiempo.⁴⁶

Según algunos autores, la respuesta al estrés del ayuno difiere considerablemente de aquella correspondiente al ayuno sumado al transporte, ya que este último impone efectos adicionales detectables en la química sanguínea.⁴⁷ En investigaciones del efecto del transporte más ayuno en ovinos frente al efecto solamente del ayuno, se ha encontrado que las concentraciones de cortisol sanguíneo fueron más altas en los animales transportados y sometidos a ayuno que en aquellos que sólo ayunaron, lo que denota un estrés adicional del transporte.⁴⁸ Los resultados en bovinos señalan mayor aumento en las concentraciones de hematocrito, glucosa y CK en novillos sin alimento y transportados en camión, que en aquellos confinados a corrales y solamente privados de alimento durante el mismo tiempo.⁴⁶ De igual forma, destacan entre los principales factores de riesgo de corte oscuro, una relación positiva con el tiempo de ayuno y de transporte. Consecuentemente deberían evitarse no sólo los transportes prolongados, sino también las largas esperas de los animales tanto en predios como en ferias y mataderos.⁴⁹

- Ayuno

El ayuno en los rumiantes tiene, en general, menos efecto que en otras especies debido a que el rumen actúa como reservorio de nutrientes y ácidos grasos volátiles.⁵⁰

No obstante, la pérdida de las reservas energéticas puede llevar a la degradación del glucógeno hepático y muscular, lo que facilita la presencia de problemas de calidad en la carne *post-mortem* como el corte oscuro.¹³ En un estudio con 1 138 novillos, los animales sometidos a ayuno por 24 horas después del transporte triplicaron la incidencia de corte oscuro comparados con aquellos no sometidos a ayuno previo al sacrificio.⁵¹ En estudios con novillos, tras un reposo en ayuno de 24 horas en el matadero después de haber sido transportados por 16 horas, se produjo una disminución significativa de beta-hidroxibutirato (β -HBA), característica del metabolismo energético

relacionado con privación de alimento.⁵² Por lo tanto, cabe esperar que con este tiempo de privación o mayor, se observen efectos en la calidad de la carne (Figura 25.3).

- **Reposo**

Se ha reportado que los reposos prolongados en matadero no ofrecen beneficio en relación con el bienestar de los animales. Cualquiera que sea la espera, debe procurarse que las condiciones sean lo menos estresantes posibles. Además, es indudable que cuanto más se prologuen las esperas, más eventos adversos pueden presentarse durante las mismas.⁵²

De acuerdo con estudios realizados en toros, la incidencia de la miopatía DFD tras esperas prolongadas puede reducirse si se aloja a los animales de forma individual; asimismo, cuando se les aloja de mañana a noche en el matadero en cajones individuales antes del sacrificio se reduce la incidencia del defecto DFD y mejora la calidad de la carne (pH_{24} y reflectancia). Lo contrario ocurre si los animales se alojan en grupo en los corrales y a esto se adiciona el estrés del arreo del corral de espera al cajón de noqueo²⁶ (Figura 25.4).

Se ha observado que tiempos de permanencia entre 12 y 18 horas en los corrales de descanso en la planta de sacrificio provocan un alto estrés en el animal.²¹ Resultados reportados por diversos autores indican que a medida que se extiende el periodo en corrales, la reprobación de esas canales (pH final 5.9) se incrementa significativamente ($p < 0.05$). Esto se puede atribuir a que al permanecer más de un día en los corrales, el animal pierde gran parte de sus

Figura 25.4. Conducción del ganado de la manga hacia el cajón de noqueo.



reservas de glucógeno por los factores de estrés que se van sumando en momentos en que el animal debería estar descansando en el corral antes de ser sacrificado.²⁷ El potencial glucolítico muscular desciende a valores que afectan directamente la producción de ácido láctico *post-mortem*, lo que se traduce en pH final igual o mayor a 5.9.²⁷ El descanso sirve tanto para minimizar los factores estresantes ocasionados por el transporte como para reponer las reservas de glucógeno, previniendo características indeseables en la carne.³³

- Condiciones climáticas

De igual forma, las condiciones estacionales adversas pueden potenciar el estrés en los animales productores de carne y, como consecuencia, influir en las características de calidad de la canal y de la carne, ya que se considera que el ganado es más sensible a las temperaturas cálidas que a las frías, sobre todo cuando hay cambios drásticos de temperatura.⁵³

En un estudio se observó que los porcentajes de músculo DFD durante los meses de octubre a febrero oscilaron entre 0.43% y 0.69% con aumento (0.9 a 1.4%) durante los meses de julio a agosto.⁵⁴ Por otro lado, se presenta un elevado porcentaje de carne DFD en climas muy fríos combinados con precipitación pluvial, debido a la pérdida de calor corporal y la presencia de escalofríos⁵⁵ (Figura 25.3).

- Otras causas

Uso de promotores de crecimiento

Para minimizar el efecto de los implantes promotores de crecimiento sobre el pH último, se ha indicado que antes de ser faenado el ganado debe cumplir un periodo recomendado de ayuno y contar con la nutrición de acuerdo a sus requerimientos. Además, se ha señalado que los implantes por sí solos no explican la incidencia de corte oscuro, que se relaciona en mayor medida con su mal uso y con su abuso (doble o triple dosis de implante).^{19,30}

Se han realizado estudios que muestran que el uso de promotores de crecimiento (clorhidrato de ractopamina y clorhidrato de zilpaterol) no tuvo efecto ($p > 0.05$) en el color de la carne (L^* , a^* y C^*), mostrando valores promedio de pH de 5.4 en las canales de novillos con y sin promotores de crecimiento.⁵⁶

En otro estudio, las canales de animales implantados presentaron un porcentaje de reprobación (pH final 5.9) significativamente menor que los no implantados ($p < 0.05$).²⁷ Esta observación no coincide con la de otros autores, quienes indicaron que las canales de animales implantados tienden a presentar una mayor incidencia de corte oscuro, debido a que el implante aumenta la

síntesis proteica, lo que significa un mayor gasto energético y una consecuente disminución de la reserva de glucógeno muscular. Se debe señalar que los animales implantados podrían tener un mayor contacto con humanos (debido al manejo del implante) en comparación con los no implantados y criados en pradera, por lo que al momento de abandonar el predio con destino a la planta faenadora, los últimos pueden presentar mayor estrés.⁵¹ Los criados en pradera pueden llegar al momento de la faena con un bajo potencial glucolítico, producto de la baja calidad energética de los pastos en las últimas semanas de alimentación.²⁷

Durante la matanza

De igual forma, tiempos de espera mayores a 1.5 minutos entre animales para entrar al cajón de aturdimiento dieron como resultado mayor incidencia de carne DFD. En este tiempo existe un riesgo potencial de que se produzca mayor estrés en el animal a causa de escuchar ruidos y percibir el olor de la sangre de otros animales²¹ (**Figura 25.5**). Un intervalo largo entre el aturdimiento y el desangrado puede también acelerar el metabolismo, dando como resultado la eliminación del ácido láctico con la sangre en cuyo caso la acidificación es insuficiente.²⁰

Al inicio de la faena, el proceso de aturdimiento es esencial para insensibilizar al animal y así evitar el sufrimiento cuando éste sea desangrado, por lo que se requiere un buen mantenimiento del equipo y entrenamiento de los empleados. Grandin⁵⁷ menciona que las plantas de sacrificio que tienen la mejor eficiencia de aturdimiento cuentan con una persona que dedica de 30 a 60 minutos una hora por día al mantenimiento del equipo.

En una auditoría en 22 plantas de sacrificio en EUA, 77% del ganado quedaba insensible al primer disparo y 91% totalmente insensible en el riel de desangrado; 3.08% de los animales vocalizó previo al sacrificio. Uno de los problemas era que el ganado no entraba al cajón de noqueo por mostrar una entrada oscura, por lo que se utilizó la picana eléctrica. Un disparo aplicado correctamente o en el primer intento, tiende a disminuir las posibilidades de que aparezcan hematomas en la canal y reduce la aparición de moteado de sangre en la canal, incluyendo la incidencia de corte oscuro en el vacuno.^{58,59} Es importante señalar que la persona que realiza el noqueo debe coordinarse con el operario que efectúa el desangrado a fin de reducir al mínimo posible el tiempo entre noqueo y sangría.⁶⁰ Al respecto, es importante mejorar el entrenamiento y supervisión de los empleados en la planta de sacrificio para alcanzar escalas aceptables en la evaluación del bienestar animal.⁷

Figura 25.5. Aturdimiento con pistón neumático. Reducir los segundos de estancia en el cajón de noqueo es fundamental para disminuir el estrés *ante-mortem* y mejorar la calidad de la carne.



lizado

Se deben colgar solamente animales que estén correctamente aturdidos, entendiendo como tal la pérdida inmediata del conocimiento provocada por un procedimiento mecánico, eléctrico, químico o de otra índole.³ Se han de verificar los signos correctos de insensibilización en el animal, tales como: Pérdida de los reflejos corneal y palpebral, ausencia de respiración rítmica y de intentos por incorporarse u otros movimientos diferentes de los tonicoclónicos propios de algunos planos de inconsciencia. No se deben colgar animales que presenten signos de conciencia ya que esto les ocasiona gran sufrimiento y dolor. Colgar a los animales antes del desangrado puede también acelerar la utilización del glucógeno. El colgado de la canal en una pierna inmediatamente después del sacrificio puede originar una importante disminución de glucógeno y, por tanto, una anormal conversión a ácido láctico.²⁸ El modo de colgado inmediatamente después del desangrado puede dar lugar a una diferente velocidad de disminución del pH en los lados izquierdo y derecho de la canal. Se han descrito experimentos con cerdos en los que el pH₆ en la pierna en la que la canal fue colgada difiere significativamente de aquel de la pierna libre. El modo de colgado de la canal (a través del tendón de Aquiles y suspensión de la pelvis) tras el aturdimiento en los cerdos también fue estudiado

por otros autores, quienes consideraron que la suspensión pélvica reduce las pérdidas de peso.⁵¹

Trato humanitario

Se ha reportado que los animales que han sido tratados humanitariamente por el vaquero, tienen menos miedo a las personas y son más fáciles de manejar al ser dirigidos hacia el pesaje y el transporte, por lo que experimentan menos estrés y disminuye así la incidencia de carne DFD.¹⁰ Las personas encargadas de las operaciones de descarga, desplazamiento, estabulación, cuidado, sujeción, aturdimiento, sacrificio y sangrado de los animales desempeñan un importante papel en el bienestar animal y en el incremento de los índices de miopatías en la carne. Por este motivo, es importante disponer de personal suficiente que deberá ser paciente, considerado y competente. La capacidad exigida podrá adquirirse por medio de una formación oficial o de experiencia práctica. La idoneidad debe demostrarse mediante la presentación de un certificado vigente expedido por la autoridad competente o por un organismo independiente acreditado por ésta.³

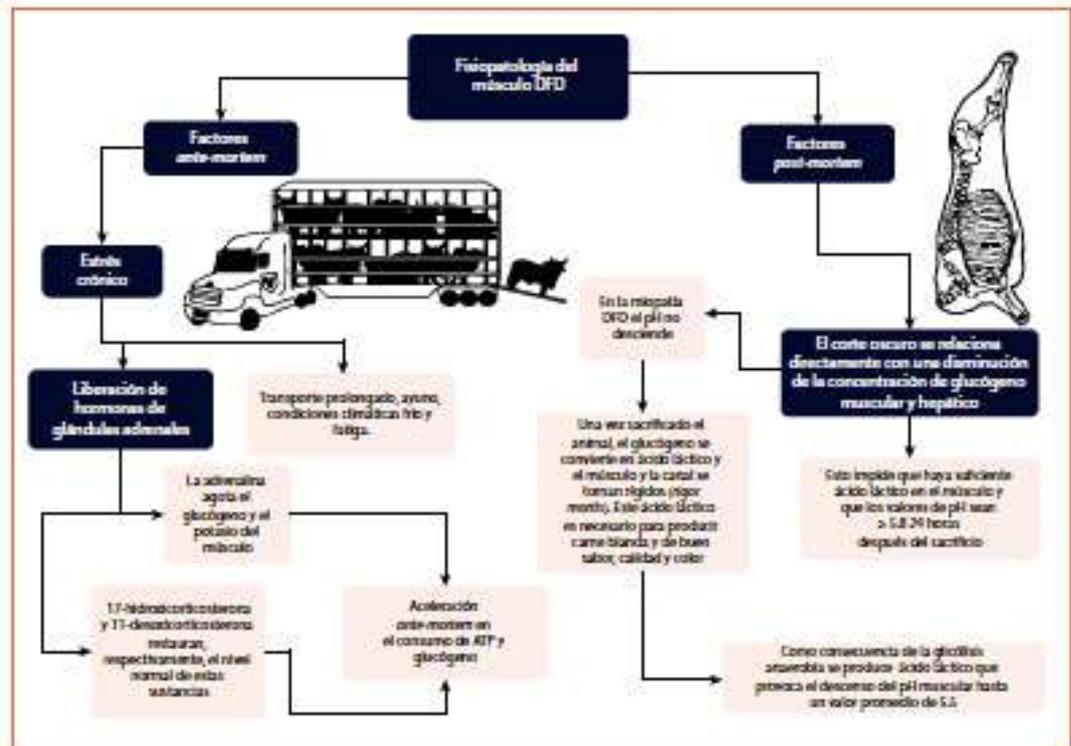
Para el ganado vacuno el proceso de carga y descarga puede ser altamente estresante, incluso más que el viaje mismo.⁵² Algunos autores han señalado la importancia de las vocalizaciones como indicadores fiables de estrés y de la calidad del manejo.^{17,53} Estudios previos muestran que en las plantas donde se manejaban animales con tranquilidad el porcentaje de vocalizaciones fue de 4.5%, en comparación con 22% en las plantas que utilizaban de manera excesiva la picana eléctrica durante la descarga.⁵⁴

Uno de los principales problemas que se ha observado es que el supervisor del personal en la planta de sacrificio no concede prioridad al bienestar animal, lo que da lugar a problemas por la falta de entrenamiento del personal y fallas en el equipo de aturdimiento.⁵⁰

Procesos fisiopatológicos del músculo DFD

En el músculo del animal vivo, el pH es cercano a 7.0; con la muerte, a raíz de la falta de oxígeno se activa la glucólisis anaerobia produciéndose ácido láctico que provoca el descenso paulatino del pH muscular hasta valores promedio de 5.5.^{20,65} La condición DFD aparece cuando los valores de pH₂₄ son altos y ocurre en animales que han estado sometidos a estrés crónico utilizando todas sus energías. Esto impide que haya suficiente ácido láctico en el músculo y que los valores de pH₂₄ final sean de 6.0.^{25,30} Sin embargo, el pH a las 24 horas *post-mortem* puede alcanzar 5.8 o valores superiores⁶⁶ (**Figura 25.6**).

Figura 25.6. Factores bioquímicos asociados a la presentación de músculo DFD.



El corte oscuro se relaciona directamente con una disminución en la concentración de glucógeno muscular y hepático, por lo cual el riesgo de problemas de calidad aumenta cuando los animales permanecen privados de alimento por tiempos prolongados.^{41,42}

Normalmente, la energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene de los azúcares (glucógeno) presentes en el músculo. En un animal sano y descansado, el nivel de glucógeno en los músculos es alto; una vez que se ha sacrificado al animal, este glucógeno se convierte en ácido láctico y los músculos adquieren la rigidez característica (*rigor mortis*). El ácido láctico es necesario para producir carne suave, de buen sabor, calidad y color.¹⁰ Tiene, además, una influencia directa en la vida de anaquel. El ácido láctico en el músculo se puede considerar como un bacteriostático natural debido a que retarda el crecimiento microbiano que podría contaminar la canal durante su procesamiento.¹⁸ Sin embargo, cuando los animales se exponen a los diversos factores de estrés tales como la excitación emocional, el frío, la

fatiga y la anoxia, entre otros, reaccionan mediante una descarga de hormonas de la glándula suprarrenal, que es siempre igual independientemente de la causa del estrés. Las hormonas descargadas son: La adrenalina de la médula adrenal, y la 17-hidroxycorticosterona y 11-desoxicorticosterona de la corteza adrenal. Estas hormonas inducen en el animal una serie de respuestas típicas. La adrenalina agota el glucógeno y el potasio del músculo, mientras que la 17-hidroxycorticosterona y 11-desoxicorticosterona restauran el nivel normal de estas sustancias. La liberación de las dos últimas hormonas se controla por la hormona adrenocorticotropa (ACTH) segregada por la hipófisis; a su vez, la producción de ACTH se controla por un factor liberador producido en el hipotálamo.⁶⁷ Todo ello conduce a una aceleración *ante-mortem* del consumo de adenosintrifosfato (ATP) y de glucógeno. Las sustancias liberadas durante la degradación tanto aerobia como anaerobia del glucógeno (CO_2 y ácido láctico) son arrastradas antes de la muerte por el torrente circulatorio. Cuando se sacrifica al animal, permanece en el músculo una pequeña cantidad de glucógeno, aunque éste puede haberse consumido previamente en su totalidad; esta situación conduce a un estado *post-mortem* en el que la producción de ácido láctico es inexistente o mínima y por tanto, la acidificación de la carne es deficiente.^{10,18,66,68,69}

Se ha demostrado que el incremento de lactato en la sangre de reses responde al manejo y al transporte, y puede ser un indicador de la actividad glucogenolítica muscular y gluconeogénica hepática. Además, las concentraciones de glucosa se incrementan rápidamente una hora después de iniciado el estrés, debido a la movilización de las reservas de energía por los glucocorticoides y las catecolaminas.¹⁵ Probablemente la glucólisis *post-mortem* y el pH final declinan hasta un valor final, en el cual pueden ocurrir uno o varios eventos en condiciones normales de refrigeración: 1) agotamiento de las reservas de glucógeno del músculo, y 2) disminución del pH aproximadamente hasta 5.45, lo cual provoca la inhibición de la actividad de enzimas glucolíticas^{2,66} (Figura 25.6).

Se ha observado que cuando los toros se exponen a condiciones estresantes al momento del sacrificio, los parámetros sanguíneos son significativamente más altos que cuando los animales se encuentran en granja, incrementándose así los niveles plasmáticos de cortisol, CK, lactato y glucosa en 133%, 90%, 86% y 38%, respectivamente.⁴⁰ El efecto relativamente menor del estrés sobre los niveles sanguíneos de glucosa, reportado en el sacrificio de toros, puede deberse a que la disponibilidad de glucosa sanguínea en los rumiantes es mucho menor que en los no rumiantes, ya que la mayor parte de la energía proviene de los ácidos grasos volátiles.³⁹ Los niveles elevados de lactato al

sacrificio son resultado de la degradación de glucógeno muscular causada por el ejercicio *ante-mortem* (Figura 25.6). El pronunciado aumento de CK en plasma puede estar asociado con los daños musculares y el estrés físico causado por los procesos de carga, transporte, descarga, y la permanencia de los toros en los corrales de espera.⁷⁰

Consecuencias y efectos adversos del músculo DFD

El pH de la carne es de gran importancia en cuanto a las características organolépticas de ésta y a su aptitud para la transformación en otros productos procesados, ya que tiene una influencia directa o indirecta en el color, la ternura, el sabor, la CRA y la capacidad de conservación.⁴² De las modificaciones de color y pH de la carne dependen procesos tecnológicos tan importantes como el envasado al vacío, por lo cual los problemas derivados del estrés en la carne, más que afectar directamente al consumidor, afectan especialmente a los industriales y procesadores.⁷¹

El músculo DFD se caracteriza por ser oscuro, firme y seco, con una estructura cerrada que absorbe lentamente las sales curantes. Se ha reportado que los niveles altos de pH_{24} (5.8 o mayores) producen un incremento en la CRA, reflectancia de menor cantidad de luz, color más oscuro y mayor dureza, favoreciendo además el crecimiento microbiano.³³ Asimismo, se presenta una apariencia seca o pegajosa característica de la condición DFD.^{19,21}

El músculo DFD es un problema serio ya que está asociado a mayor riesgo de crecimiento microbiano porque la ausencia de glucosa en la superficie de estas carnes permite a la microflora atacar y degradar antes a los aminoácidos, dando lugar a compuestos de olor intenso en el proceso de deterioro; a pesar de ello, es aceptable para la elaboración de algunos productos cárnicos^{33,72} (Figura 25.7). Además, debido a su alto pH (6.4 a 6.8), tiene un alto nivel de descomposición,^{9,10,73} lo que obedece a dos causas: La carne DFD se origina por la disminución de glucógeno *ante-mortem* y, por lo tanto, se caracteriza por bajos niveles de carbohidratos en el músculo, los cuales restringen la formación de ácido láctico, propiciando la elevación del pH; como consecuencia, el crecimiento bacteriano, más abundante, metaboliza carbohidratos y proteínas produciendo olores desagradables.³³ El riesgo de descomposición es un problema serio en productos crudos.

De igual forma, la carne con pH alto puede ser un problema si es empacada al vacío. Se desarrolla una coloración verde debido a la formación de sulfamio-globina, hecho causado por la reacción del pigmento hemo de la mioglobina

Figura 25.7. Canal clasificada como DFD.



con el sulfuro de hidrógeno producido por las bacterias en condiciones anaeróbicas.⁹

La miopatía DFD origina aromas intensos como “rancio/mohoso” o a “sue-ro sanguíneo”, así como altos niveles de sodio y fosfato cuando la carne es procesada.⁷⁴

La textura y el aspecto de la carne están influenciados por los valores del pH final.²⁴ El músculo DFD presenta una estructura cerrada, de manera que la difusión de sales se dificulta. Por tanto, a causa de este elevado pH, su duración como alimento en óptimas condiciones disminuye, no siendo apropiada para la elaboración de productos duraderos. Sin embargo, por el alto pH, esta carne presenta una alta CRA y puede ser utilizada en la elaboración de productos cárnicos cocidos.⁷³

Pérdidas económicas ocasionadas por el corte oscuro

La disminución en la calidad de una canal tiene un efecto sobre el valor de la misma.⁴² Se ha observado que la presencia de carne DFD en bovinos a nivel mundial tiene una frecuencia muy variable. Warriss⁹ reporta que en

EUA se ubica en 4% y en otros países se ha observado una frecuencia de 25% en novillos. En un estudio realizado en México, Pérez y colaboradores⁷⁵ reportan una frecuencia de 30.27% durante el verano, resultado que contrasta con el 5% informado por Moon y colaboradores⁷⁶ en EUA para la misma época.

Al respecto, Scanga y colaboradores¹⁹ mencionan que en EUA la pérdida por problemas de carne DFD en bovinos es de 6.08 dólares por animal producido. En el mismo sentido, Wulf y colaboradores⁶⁶ reportan que para la industria alimenticia de EUA la presencia de carne DFD en bovinos significa una pérdida anual de 172 millones de dólares. España penaliza el precio de las canales con descuentos entre 30 y 60% cuando el pH está por arriba de 5.8.¹⁴ En un estudio realizado en México se demostró que el problema de la carne DFD se presenta en 47.63% de las canales evaluadas y que la pérdida del valor podría ubicarse en 88.58 dólares por canal; si bien según Leyva-García y colaboradores⁶ este valor es inferior al 10% del precio total de una canal, no deja de ser importante. Aun cuando los ganaderos saben que la carne DFD representa un costo que deben asumir, el desinterés por éste debido al desconocimiento de su verdadero monto y de la alta probabilidad de que sus canales presenten el problema, hace que actúen como si el costo no existiera pues también ellos ignoran el efecto negativo del mal manejo de los animales enviados al rastro.

Si, por el contrario, el propietario de la canal tuviera conocimiento de que el problema de la carne DFD origina una pérdida de 80 a 90 dólares por canal, cabe suponer que en la búsqueda de la maximización de su utilidad actuaría reduciendo el costo asociado directamente a la presencia de carne DFD e impactaría así de manera directa y positiva las condiciones de manejo de los bovinos en el periodo previo al sacrificio. Haciendo alusión a ello, Grandin⁷⁷ menciona que la venta del ganado en canal de acuerdo a la calidad y peso es un sistema que contribuye a mejorar la situación del animal durante el mencionado periodo pues tanto el transportista como el productor deben recibir un incentivo económico por reducir hematomas, heridas y lesiones, lo que anticipa precauciones en el manejo y asegura condiciones de bienestar.

El estudio realizado por Leyva-García y colaboradores⁶ permite advertir que el costo económico de un problema en la calidad de la carne debe ser visto como una herramienta útil para involucrar a los ganaderos, transportistas y a la planta de sacrificio en la procuración de mejores condiciones físicas y psicológicas para los animales. Conocer el monto de la pérdida económica en que se incurre como consecuencia del maltrato animal conducirá a que se tomen medidas para mejorar las condiciones de manejo de los animales en el

proceso que precede al sacrificio, como parte de un comportamiento empresarial fundamentado en la maximización de la utilidad.

Conclusiones

La carne DFD ha sido por muchos años un problema que afecta tanto la calidad comercial como sanitaria de esta materia prima. El primer caso obedece a la falta de características de calidad bien sea como carne para consumo directo o procesamiento posterior, aunque puede considerarse de alta retención de agua. El segundo caso, la falta de calidad sanitaria, obedece a su alto pH final constituyendo la carne un nicho ecológico adecuado para el crecimiento de microorganismos, principalmente bacterias, tanto patógenas como de descomposición.

Dado que las causas de la carne DFD tienen muy variado origen (estrés, condiciones climáticas, sexo, reposo y ayuno, entre otros), con el fin de evitar la incidencia de esta miopatía es fundamental diseñar un manejo integrado para la producción de carne de óptima calidad que consiguientemente minimice las pérdidas económicas.

Referencias

1. Flores PS, Linares CP, Saavedra FF, et al. Evaluation of changes in management practices on frequency of DFD meat in cattle. *J Anim Vet Adv* 2008;7:319-321.
2. Mota-Rojas D, Alarcón-Rojo AD, Vázquez G, Guerrero-Legarreta I. Músculo oscuro, firme y seco en bovinos: mecanismos involucrados. En: Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Trujillo-Ortega M.E. Bienestar animal y calidad de la carne. Primera ed. México. BM Editores. 2010. 271-286.
3. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Código sanitario para los animales terrestres. En: Bienestar de los animales. Vol 1. Decimonovena ed. París, Francia. Rue de Prony. 2010.
4. Miranda-Lama GC, Rivero L, Chacon G, et al. Effect of the pre-slaughter logistic chain on some indicators of welfare in lambs. *Livest Sci* 2010;128:52-59.
5. Gregory NG. Welfare and hygiene during pre-slaughter handling. *Meat Sci* 1996;43:S35-S46.
6. Leyva-García IA, Figueroa-Savedra F, Sánchez-López E, et al. Economic impact of DFD beef in a Federal Inspection Type (TIF) slaughterhouse. *Arch Med Vet* 2012;44:39-42.
7. Grandin T. Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Sci* 2010;86:56-65.
8. Knowles TG. A review of the road transport of cattle. *Vet Rec* 1999;144:197-201.
9. Warriss PD. The effects of live animal handling of carcass and meat quality. En: Warriss PD. *Meat science: An introductory text*. Londres, Reino Unido. CABI Publishing. 2000. 131-155.
10. Grandin T. Assessment of stress during handling and transport. *J Anim Sci* 1997;75:249-257.
11. Schaefer AL, Stanley RW, Tong AK, et al. The impact of antemortem nutrition in beef cattle on carcass yield and quality grade. *Can J Anim Sci* 2006;86:317-323.
12. Önenç A. Dark cutting incidence in Holstein Friesian, Brown Swiss and Eastern Anatolian red cattle slaughtered under Turkish commercial slaughter conditions. *Pakistan J Biol Sci* 2004;7:96-99.
13. Ferguson DM, Warner RD. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sci* 2008;80:12-19.

14. Mach N, Bach A, Velarde A, et al. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci* 2008;78:232-238.
15. Apple JK, Kegley EB, Galloway DL, et al. Duration of restraint and isolation stress as a model to study the dark-cutting condition in cattle. *J Anim Sci* 2005;83:1202-1214.
16. Warris PD. Ciencia de la carne. Zaragoza, España. Acibia. 2003. 309.
17. Warriss PD, Brown SN. A survey of mortality in slaughter pigs during transport and lairage. *Vet Rec* 1994;134:513-515.
18. Southern KJ, Rasekh JG, Hemphill FE, et al. Conditions of transfer and quality of food. *Int Des Epiz* 2006;25:675-684.
19. Scanga JA, Belk KE, Tatum JD, et al. Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *J Anim Sci* 1998;76:2040-2047.
20. Pérez-Linares C, Figueroa-Savedra F, Barreras-Serrano A. Relationship between management factors and the occurrence of DFD meat in cattle. *J Anim Vet Adv* 2006;5:578-571.
21. Pérez-Linares C, Figueroa-Savedra F, Barreras-Serrano A. Factores de manejo asociados a carne DFD en bovinos en clima desértico. *Arch Zootec* 2008;57:545-547.
22. Silva JA, Patarata L, Martins C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci* 1999;52:453-459.
23. Mounier L, Dubroeuq H, Andanson S, et al. Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *J Anim Sci* 2006;84:1567-1576.
24. Jelenikova J, Pipek P, Staruch L. The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Sci* 2006;80:870-874.
25. Guardia MD, Estany J, Balasch S, et al. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Sci* 2005;70:709-716.
26. Pipek P, Haberl A, Jelenikova J. Influence of slaughterhouse handling on the quality of beef carcasses. *Czech J Anim Sci* 2003;48:371-378.
27. Hargreaves BL, Peña I, Larrain R, et al. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cienc Investig Agrar* 2004;31:155-166.
28. Murray AC. Factors affecting beef color at time of grading. *Can J Anim Sci* 1989;69:347-355.
29. Jones DM, Tong KW. Factors influencing the commercial incidence of dark cutting beef. *Can J Anim Sci* 1989;69:649-654.
30. Littler HJ. Dark cutting beef-managing cattle to reduce DCB. New South Wales: Department of Agriculture, Wales, UK. 2001.
31. Curley KO, Paschal JC, Welsh TH, et al. Technical note: exit velocity as a measure of cattle temperament is repeatable and associated with serum concentration of cortisol in Brahman bulls. *J Anim Sci* 2006;84:3100-3103.
32. King DA, Schuehle CE, Randel RD, et al. Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. *Meat Sci* 2006;74:546-556.
33. Price JF, Schweigert BS. Alimento de origen animal. En: James FP. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza, España. Acibia. 1994. 139-166.
34. Falkenberg SM, Miller RK, Holloway JW, et al. Exit velocity effects on growth, carcass characteristics, and tenderness in half-blood Bonsmara steers. En: Proceedings 51st International Congress of Meat Science and Technology. Baltimore, MD. 7 a 12 de agosto de 2005. 29.
35. Muchenje V, Dzama K, Chimonyo M, et al. Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. *Meat Sci* 2009;81:653-657.
36. O'Neill HA, Webb EC, Frylinck L, Strydom PE. The stress responsiveness of three different beef breed types and the effect on ultimate pH and meat color. Proceedings 52nd International Congress of Meat Science and Technology. Dublin, Ireland. 13 a 18 de agosto de 2006. 181-182.
37. Klont RE, Bamier MH, Smulders JM, et al. Post-mortem variation in pH, temperature, and colour profiles of veal carcasses in relation to breed, blood haemoglobin content, and carcass characteristics. *Meat Sci* 1999;53:195-202.
38. Tarrant PV, Sherington J. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Sci* 1980;4:287-297.

39. Tarrant PV. Animal behavior and environment in the dark-cutting condition in beef: a review. *Irish J Food Sci Tec* 1989;13:1-21.
40. Partida JA, Olleta JL, Campo MM, et al. Effect of social dominance on the meat quality of young Friesian bulls. *Meat Sci* 2007;76:266-273.
41. Gallo C. Efecto del manejo pre y post faenamiento en la calidad de la carne. Serie Simposios y Compendios de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A. G.) 1994;2:27-47.
42. Gallo C, Tadich N. Transporte terrestre de bovinos: Efectos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. *Agrociencia* 2005;21:37-49.
43. Ferreira GB, Andrade CL, Costa F, et al. Effects of transport time and rest period on the quality of electrically stimulated male cattle carcasses. *Meat Sci* 2006;74:459-466.
44. Mota-Rojas D, Orozco-Gregorio H, González-Lozano M, et al. Therapeutic approaches in animals to reduce the impact of stress during transport to the slaughterhouse: a review. *Int J Pharmacol* 2011;7:568-578.
45. Novoa H. Efectos de la duración y condiciones del reposo en ayuno previo al faenamiento de los bovinos sobre las características de la canal. Memoria para optar al título de Médico Veterinario. Fac Cs Vet Univ Austral de Chile. 2003.
46. Tadich N, Gallo C, Echeverría R, et al. Effect of fasting during two periods of confinement and road transport on some blood constituents indicators of stress in steers. *Arch Med Vet* 2003;35:171-185.
47. Galyean ML, Lee RW, Hubbert ME. Influence of fasting and transit on ruminal and blood metabolites in beef steers. *J Anim Sci* 1981;53:7-18.
48. Horton MJ, Baldwin JA, Emanuele SM, et al. Performance and blood chemistry in lambs following fasting and transport. *Anim Sci* 1996;62:49-56.
49. Amtmann VA, Gallo C, van Schaik G, et al. Relationships between ante-mortem handling, blood based stress indicators and carcass pH in steers. *Arch Med Vet* 2006;38:259-264.
50. Warriss PD. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Appl Anim Behav Sci* 1990;28:171-186.
51. Janloo DH, Gardner B, Owens F, et al. Impact of withholding feed on performance and carcass measurements of feedlot steers. *Anim Sci Res Report* 1998;2:109-113.
52. Tadich N, Gallo C, Bustamante H, et al. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livest Prod Sci* 2005;93:223-233.
53. Kadim IT, Mahgoub O, Al-Ajmi DS, et al. The influence of season on quality characteristics of hot-boned beef m. *Longissimus thoracis*. *Meat Sci* 2004;66:831-836.
54. Krekemeier KK, Unruh JA, Eck TP. Factors affecting the occurrence of dark-cutting beef and selected carcass traits in finished beef cattle. *J Anim Sci* 1998;76:388-395.
55. Grandin T. Improving the consistency and competitiveness of beef, the final report of the National Beef Quality Audit. Problems with bruises and dark cutters in harvest steers/heifers. Colorado State University, Fort Collins, Texas A&M University, College Station. 1992. 34-66.
56. Avendano-Reyes L, Torres-Rodríguez V, Meraz-Murillo FJ, et al. Effects of two beta-adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J Anim Sci* 2006;84:3259-3265.
57. Grandin T. Cattle vocalizations are associated with handling and equipment problems at beef slaughter plants. *Appl Anim Behav Sci* 2001;71:191-201.
58. Onenc A, Kaya A. The effects of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processed by Turkish slaughter procedures. *Meat Sci* 2004;66:809-815.
59. Varnam AH, Sutherland P. Carne y productos cárnicos: tecnología, química y microbiología. Zaragoza, España. Acribia. 1996. 438.
60. Grandin T. Maintenance of good animal welfare standards in beef slaughter plants by use of auditing programs. *J Am Vet Med Assoc* 2005;226:370-373.
61. Fischer K, Reichel M, Lindner JP, et al. Eating quality of pork in well-chosen crossbreds. *Arch Tierz-Arch Anim Breed* 2000;43:477-485.
62. María GA, Villarroel M, Sañudo C, et al. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Sci* 2003;65:1335-1340.

63. Watts JM, Stookey JM. Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. *Appl Anim Behav Sci* 2000;67:15-33.
64. Grandin T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. *Appl Anim Behav Sci* 1998;56:121-128.
65. Alarcón-Rojo AD, Duarte-Atondo JO. Músculo PSE y DFD en cerdo. En: Hui YH, Guerrero-Legarreta I, Rosmini RM. *Ciencia y tecnología de carnes*. México. LIMUSA. 2006. 253-290.
66. Wulf DM, Oconnor SF, Tatum JD, et al. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *J Anim Sci* 1997;75:684-692.
67. Lawrie RT. Meat quality. En: Ledward R, Lawrie A. *Meat science*. Zaragoza, España. Acribia. 2007. 156-161.
68. Mota-Rojas D, Becerra-Herrera M, Lemus C, et al. Effects of mid-summer transport duration on pre and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Sci* 2006;73:404-412.
69. Mota-Rojas D, Becerra-Herrera M, Roldan-Santiago P, et al. Effects of long distance transportation and CO₂ stunning on critical blood values in pigs. *Meat Sci* 2012;90:893-898.
70. Van de Water G, Verjans F, Geers R. The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livest Prod Sci* 2003;82:171-179.
71. Tadich N, Gallo C, Brito ML, et al. Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. *Livest Sci* 2009;121:132-136.
72. Pereira GT, Ramos EM, Teixeira JT, et al. Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. *Meat Sci* 2011;89:519-525.
73. Yläe-Ajos M, Puolanne E. Temperature shows greater impact on bovine *Longissimus dorsi* muscle glycogen debranching enzyme activity than does salt concentration. *Meat Sci* 2007;77:587-592.
74. Calkins CR, Hodgen JM. A fresh look at meat flavor. *Meat Sci* 2007;77:63-80.
75. Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A. Factores de manejo asociados a carne DFD en bovinos de clima desértico. *Arch Zootec* 2006;57:545-547.
76. Moon SS, Hwang IH, Jin SK, et al. Carcass traits determining quality and yield grades of Hanwoo steers. *Asian Austral J Anim* 2003;16:1049-1054.
77. Grandin T. Safe handling of large animals: Part II. *Irish Vet J* 2008;61:758-763.