

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACION EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**EVALUACIÓN DE PUNTOS CRITICOS DURANTE EL SACRIFICIO Y EL
MANEJO DE LAS CANALES, QUE INCIDEN EN LA PRESENCIA DE CARNE
DFD EN BOVINOS**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA

BARBARA ALEJANDRA HERRERA SLIM

MEXICALI, B.C.MEXICO

FEBRERO 2012

Evaluación de puntos críticos durante el sacrificio y el manejo de las canales, que Inciden en la presencia de carne DFD en bovinos. Tesis presentada por MVZ. Bárbara Alejandra Herrera Slim como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el Comité Particular indicado:

Ph. D. Cristina Pérez Linares
Director

Ph. D. Fernando Figueroa Saavedra
Asesor

Dr. en C. Alberto Barreras Serrano
Asesor

Dr. en C. Eduardo Sánchez López
Asesor

Lugar y fecha

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de la tesis. Especialmente agradezco a mi Tutora la Dra. Cristina Pérez Linares por su asesoría siempre dispuesta aún en la distancia.

Gracias también al Dr. Fernando Figueroa Saavedra por sus ideas y recomendaciones respecto a esta investigación.

También agradezco al Dr. Alberto Barreras Serrano que me guió para la realización de los análisis estadísticos así como la interpretación de los resultados.

Gracias a mi compañeros de generación y área de estudio, por su gran ayuda cuando me enfrenté con ciertos problemas.

DEDICATORIA

Primero que nada a mi Familia, A mi papá y mama, Rafael Alberto Herrera Delgado y Consuelo Slim Rubio, Por brindarme su orientación oportuna en mi formación como hija. por su apoyo, comprensión y cariño incondicional, por las tantas veces que me ayudaron en la motivación para mi superación profesional.

Mi hija Anya Sofia Villasana Herrera, gracias por esperarme todos los días con los brazos abiertos y por un cariño tan sincero como el tuyo.

A mis hermanas Fernanda Herrera Slim y Consuelo Herrera Slim; y a mis sobrinos por siempre estar unidos en todos los momentos y por aportarle un poco de humor a la vida.

Y por último pero sin restarle importancia a mis compañeros y amigos por haberme iluminado las veces que me sentí sin fuerzas para llegar a la meta y por haberme dado todo el coraje para enfrentar situaciones difíciles en todos estos años.

CONTENIDO

	pág.
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Definición de carne DFD	4
Incidencia de carne DFD	10
Factores que inciden en la presencia de carne DFD	11
Aturdimiento	12
Desangrado	22
Estimulación Eléctrica	25
Almacenamiento y temperatura	32
MATERIALES Y MÉTODOS	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES	52
LITERATURA CITADA	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Número y porcentaje de bovinos que cayeron al primer disparo con la pistola neumática de proyectil retenido.....	20
2	Número y porcentaje de bovinos que presentaron signos de sensibilidad posterior al disparo efectivo.....	21
3	Valores medios totales registrados de las variables pH y color de la carne DFD.....	43
4	Valores medios registrados de las variables pH y color de la carne, con aplicación de estimulación eléctrica (EE) y sin su aplicación para cada época del año.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Aspecto de una carne normal y una carne DFD	6
2	Sitio de insensibilización de razas europeas y becerros cebuínos y para el ganado Cebú adulto	13
3	Lugar de la incisión para el degüello.....	13

INTRODUCCION

La primera impresión que el consumidor recibe de un alimento se establece mediante el sentido de la vista y entre las propiedades que observa destacan el color, la forma y las características de su superficie. El color rojo de las carnes es el principal atributo evaluado de forma crítica por los consumidores y con frecuencia es la guía que el consumidor utiliza para la selección del producto o de su rechazo. Además del color también se le relaciona con la frescura de la carne (Adams y Huffman, 1972).

Durante el manejo postmortem, el insensibilizado, el desangrado, la aplicación de estimulación eléctrica así como el tiempo y temperatura de almacenamiento son puntos clave para producir una canal de buena calidad. Un inadecuado manejo en cualquiera de éstos puntos tiene un efecto perjudicial en la calidad de la canal originando la aparición de carne DFD (por sus siglas en inglés, oscura, firme y seca), producto principalmente del estrés al que se somete al animal antes del sacrificio, el cual ocasiona una carne con valores de pH mayores a 5.8, una apariencia oscura, seca o pegajosa (Scanga et al., 1998). Esta condición hace más difícil su comercialización ya que por su color oscuro el consumidor la cataloga como carne vieja; además se reduce el periodo de vida útil de los cortes en vitrina (Grandin, 2000). Provocando que los productores pierdan hasta un 10% del precio por kg de la canal ya que, de ser originalmente es clasificada por calidad como Buena o Selecta rigiéndose a través de la Norma Mexicana NMX-FF-078-SCFI-2002, es vendida por calidad como tipo Comercial.

Teira (2004) menciona que la calidad de la carne puede estar influenciada por todos los cambios que ocurren durante la transformación de músculo a carne, los factores ante y postmortem que afectan dicha transformación son, por lo tanto, de extrema importancia durante la industrialización para controlar y mantener la calidad de la carne que se comercializa.

Durante el año 2011, el estado de Baja California fueron sacrificadas 320,876 cabezas de ganado bovino, de las cuales más del 90% fueron sacrificadas en la ciudad de Mexicali (SIAP, 2011); en este año la presencia de carne DFD fue reportada en un 15.43 % durante el invierno y del 30.27% durante el verano (Sotelo et al., 2008). Hasta el momento, no se tienen antecedentes de estudios previos sobre la evaluación del manejo postmortem en la localidad, asociados a la carne DFD.

Por lo anterior se planteó como objetivo evaluar los puntos críticos durante el sacrificio y el manejo de las canales que inciden en la presencia de carne DFD en bovinos.

REVISIÓN DE LITERATURA

La carne de vacuno ideal se considera aquella que proviene de animales relativamente jóvenes y cuyas características son:: musculatura roja, consistente, con cantidades discretas de grasa entreverada (fina y uniformemente distribuida) y sin jugo de exudación en la superficie (Price y Schweigert, 1976).

Al comprar carne, el consumidor desea que tenga buen aspecto, olor y sabor, que se conserve bien, y que ésta resulte tierna y jugosa luego de cocinada. De estas características, el sabor y la suavidad o ternura son los más buscados por el comprador (Thornton, 1971). Un estudio realizado por Narbona (1995) en Valdivia, determinó que al momento de realizar la compra de carne de vacuno, la característica que más incide en el consumidor es el color; mientras que al momento de consumirla lo que más busca es la ternura y jugosidad.

Uno de los problemas de calidad de la carne que causa significativas pérdidas económicas para la industria en muchos países es la anomalía muscular denominada Corte Oscuro o Dark Cutting Beef (Hood y Tarrant, 1980).

Vidal (2007) señala que las pérdidas económicas por corte oscuro se pueden dividir en a) pérdidas para el productor: baja en el precio por kilo, b) pérdidas para la planta de sacrificio: baja en el precio unitario de venta de carne (congelada vs al vacío) y c) costos para la planta de sacrificio costos por día de frío (dado que la carne no se puede envasar al vacío).

En 1995 el National Beef Quality Audit (NBQA) reportó que las canales con corte oscuro produjeron pérdidas de US\$ 6.08 por animal sacrificado en los Estados Unidos (Scanga et al., 1998). En Canadá, la anomalía de corte oscuro en la carne bovina es un problema económico con costos para la industria de la carne de aproximadamente US\$ 5 millones anualmente (Jones y Tong, 1989).

El fenómeno de corte oscuro es preocupante para las empacadoras de carne, debido a que las canales afectadas deben ser depreciadas, perdiéndose en promedio 25 al 30% del valor de una canal normal (Hood y Tarrant, 1980). El problema se agrava si se considera además que los músculos preferentemente afectados son en general los que corresponden a los cortes de mayor costo económico.

Definición de carne DFD

La musculatura del animal vivo y sano posee un pH aproximado de 7.0. Luego de la muerte se producen en la carne procesos de degradación bioquímica, los que conllevan una paulatina disminución del pH debido a la glucólisis anaeróbica que transforma el glucógeno muscular en ácido láctico en el músculo (Forrest et al., 1979; Wirth, 1987; Hofmann, 1988).

En el vacuno la glucólisis se desarrolla lentamente, alcanzándose luego de 12 a 14 horas después del sacrificio valores de pH entre 5.3 y 5.7. El pH de la carne tiene gran importancia en la conservación y características organolépticas de ésta, ya que

impide la proliferación de bacterias ya existentes e influye también en las propiedades físicas de la carne como color, textura y capacidad de retención de agua (Price y Schweigert, 1976). De las modificaciones de color y pH de la carne dependen procesos tecnológicos tan importantes como el envasado al vacío de la carne y la estabilidad del color de los embutidos y productos cárnicos en general (Pellegrino, 1985).

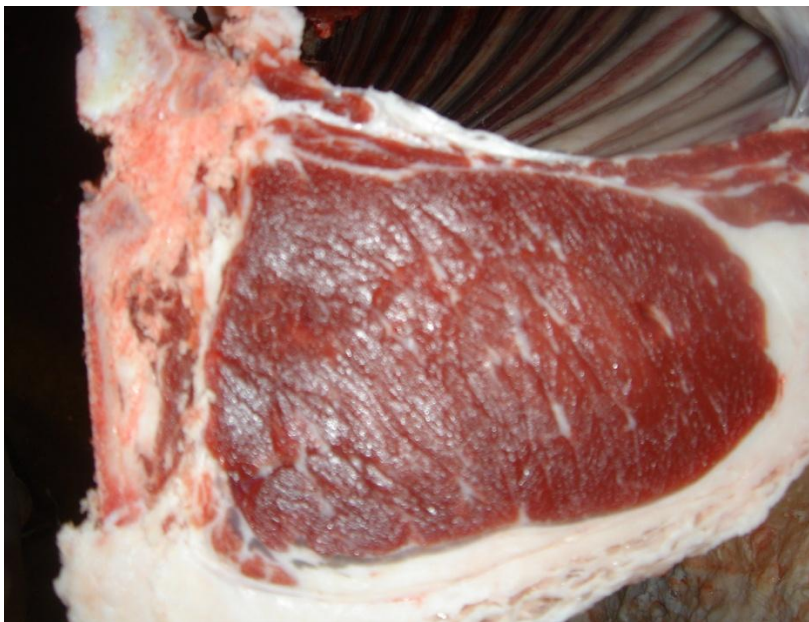
Se definen como carnes con corte oscuro aquellas que producto de un pH elevado, medido después de 24 h de frío efectivo post mortem, aparecen a la vista con un color rojo oscuro (Figura 1) y presentan una consistencia externa al músculo, seca y dura (Hargreaves et al., 2004).

Warris (2000) define la carne con corte oscuro como aquella que presenta un pH final mayor o igual a 6.0, medido después de 12 a 48 horas postmortem en el músculo *Longissimus thoracis*, y una coloración rojo oscura en lugar de rojo cereza. Esta carne presenta además una textura firme y seca debido a su elevada capacidad de retención de agua, produciendo poco o nada de exudado al corte.

Según Tarrant (1980) la calidad de la carne ya se deteriora cuando el pH final es igual o mayor a 5.8. El valor preciso en que las canales son denominadas corte oscuro depende de los factores de proceso y comercialización.



Carne normal



Carne DFD

Figura 1. Aspecto de una carne normal y una carne DFD

Ledward et al. (1992) indica que el color de la carne tal como es percibido por el consumidor, es determinado primariamente por algunos factores como la concentración y forma química de los pigmentos de mioglobina de la carne, la morfología de la estructura muscular y la capacidad de éste para absorber o dispersar la luz incidente.

Según Page et al. (2001) las correlaciones negativas entre los valores de colorímetro y pH muscular pueden ser explicadas porque el color del tejido muscular está basado en la reflectancia de la luz en la superficie libre de agua y la no oxigenación de la mioglobina. En la carne con pH muscular alto, las proteínas están fuertemente ligadas al agua y las fibras musculares están hinchadas dejando menos espacio entre éstas; la carne es más oscura en color porque hay menos agua libre para reflejar la luz

Narbona (1995), encontró que el color es la característica que más incide en la decisión de compra del consumidor. Los menores promedios encontrados para las variables de color (L^* , a^* y b^*) en los cortes comerciales de las canales con corte oscuro se relacionarían con una menor aceptabilidad de estos productos por parte de los consumidores; esto se debe a que los colores rojos brillantes se asocian con carne fresca y de buena calidad.

El color es el resultado de tres elementos: la cantidad de pigmento: mioglobina, la forma química del pigmento y la cantidad de luz reflejada por la superficie. La forma química define el color (rojo o marrón). El nivel de pigmento y la cantidad de luz reflejada condiciona la intensidad del color (claro u oscuro). La evolución del pH post-

mortem influye considerablemente en el color de la carne ya que afecta la estructura de la superficie de la carne y la proporción de luz incidente reflejada. Si el pH es elevado la red proteica se deja penetrar profundamente por los rayos de luz y absorbe una parte importante lo que se traduce en un color oscuro (Mancini y Hunt, 2005).

La capacidad de retención de agua, se refiere a la proporción de agua que es retenida en el seno de una red de fibras musculares, esta se produce por la acción de cargas eléctricas de las proteínas que permiten fijar firmemente un cierto número de moléculas de agua o por la acción ligada a la configuración espacial más o menos abierta de esta red y consecuentemente la posibilidad más o menos importante de contener y retener las moléculas de agua. El descenso de pH provoca un encogimiento de la red de cadenas polipeptídicas que conlleva a una disminución de la carne a retener agua. El poder de retención de agua está estrechamente ligado al pH último y guarda un valor más alto cuanto más alto sea el valor de este último, así como la velocidad a la que este pH último se estabilice, de ahí que cuando la caída del valor es más rápida, las alteraciones sufridas por las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas se traducen en un descenso en el poder de retención de agua (Mancini y Hunt, 2005).

El glucógeno es necesario después del sacrificio para producir una caída del pH del músculo desde niveles iniciales de 7.0 hasta niveles óptimos entre 5.5 a 5.9. Si el glucógeno se agota antes del sacrificio por un estrés crónico, se forma menor ácido láctico por lo que la carne no se acidifica de manera normal, registrando un pH mayor a 5.9 (Schaefer et al., 1997; Scanga et al., 1998).

En una carne DFD el pH mayor a 5.9 tiene como resultado una desnaturalización escasa de las proteínas, el agua se encuentra fuertemente unida y se forma poco o ningún exudado provocando una alta capacidad de retención de agua en la carne. El músculo presenta una estructura cerrada y traslúcida lo que ocasiona que absorba la luz y su apariencia oscura (Warris, 2003).

Incidencia de carne DFD

Los estudios sobre carne DFD han mostrado incidencias ampliamente distintas por país y entre razas de ganado (Warris, 1990). Tarrant (1980) concluyó que las estimaciones típicas de corte oscuro varían desde 1 a un 4% en novillos y vaquillas, 6 a 10% para vacas y 11 a 15% para toros jóvenes. Tarrant y Sherington (1980) estimaron una incidencia de canales con pH final mayor a igual a 6.0 en el músculo *Longissimus thoracis* de 3.2%, y además encontraron un pronunciado efecto estacional con un aumento de la incidencia que va en el Hemisferio Norte desde un 1.2% para el período de febrero a agosto hasta un 5.2% para el período de septiembre a enero inclusive. Los toros jóvenes son particularmente propensos a la condición, con prevalencias incluso sobre 25% en algunos países (Warris, 2000).

La incidencia de corte oscuro en canales de novillos fue estimada en 8% en Canadá y entre 0.33 y 4.7% en los Estados Unidos. En Bélgica, el corte oscuro presenta incidencias de 7.2% en las vacas, 2.4% en los novillos, 21.2% en los toros jóvenes (Dezeure-Wallays et al., 1984). En el Reino Unido, Brown et al., (1990)

encontraron incidencias de 4.1% para canales con pH mayor o igual 6.0, y de 7.1% para canales con pH mayor o igual a 5.8, valor sobre el cual la carne presenta problemas de rápido deterioro cuando es envasada al vacío. Arcos (1994), encontró que las clases más afectadas son las denominadas novillos con porcentajes de 21.36%.

Factores que inciden en la presencia de carne DFD

Existen diversos factores externos que pueden ocasionar trastornos fisiológicos, y debido a esto, los procesos post mortem pueden seguir un curso fuera de lo normal. La aceleración de la degradación del glucógeno por diversas causas (endógenas o exógenas), generalmente va asociado a carnes de bovino de calidad deficiente como en el caso de la carne DFD (por sus siglas en inglés, dark, firm and dry) (Soria et al., 2004).

Entre los principales factores a considerar, en aquellos que pueden afectar la calidad de la canal se encuentran las prácticas de manejo postmortem y la temperatura post mortem, incluyendo el insensibilizado, desangrado, estimulación eléctrica, almacenamiento y temperatura. Así pues, el proceso de sacrificio de los animales se convierte en un punto clave para el mantenimiento de la calidad de la carne (SAGARPA, 2009).

En los últimos años se ha introducido un nuevo concepto, el bienestar animal (BA) como un aspecto de calidad de carne, el cual incorpora un manejo adecuado de los animales, además de un buen diseño de las instalaciones, evitando el sufrimiento innecesario en las etapas de producción y sacrificio, para obtener un nivel mínimo de stress que permite que mejore la eficiencia y lograr un producto cárnico de buena calidad (Grandin, 2000b). FIA (2006) considera que el BA en los animales para carne es una tendencia que busca proteger y controlar las condiciones en las que el animal se sacrifica para que sufra en mínimo grado.

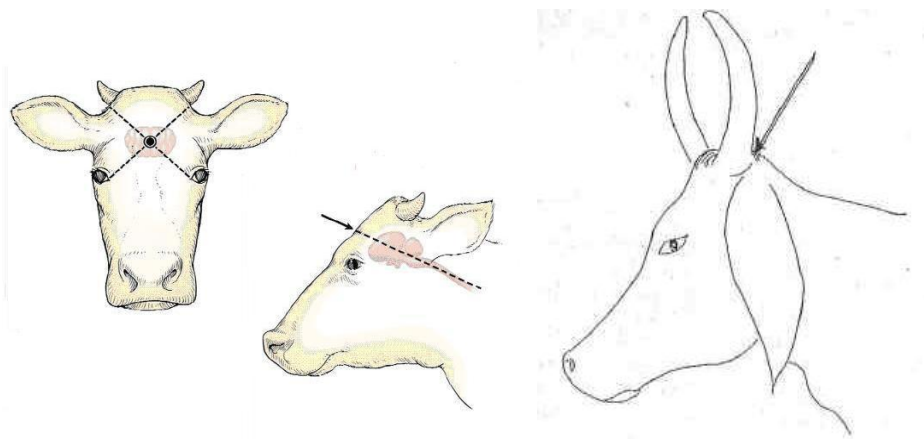
Muchos de los procesos posteriores al sacrificio de los animales y previos a la obtención de carne pueden alterar la velocidad e intensidad con la que tienen lugar los cambios en el músculo (Soria et al., 2004). El proceso de sacrificio comprende una serie de fases: La insensibilización, desangrado, estimulación eléctrica, desollado, evisceración, preparación de canales y su almacenamiento en refrigeración (López y Casp, 2004).

Aturdimiento: El objetivo de la aturdimiento o noqueo es que el animal pierda en forma inmediata la conciencia para así evitar cualquier forma de sufrimiento innecesario del animal durante el desangrado (Wotton, 1993), además la insensibilización es elemental para facilitar el corte de los vasos sanguíneos para que se produzca un desangrado adecuado (Warris, 1984; Gallo, 2003). La técnica utilizada para la insensibilización y el corte de los vasos sanguíneos es la descrita por la NOM-033-ZOO-1995 (Figura 2 y 3).

El ganado ya no tiene reflejos corneales cuando los cuatro de los siguientes criterios se cumplen. en primer lugar, no debe haber parpadeo espontáneos; no debe haber signos de vocalización (mugidos, bramidos, o cualquier otro sonido); los ojos deben estar fijos o en blanco sin signos de rotación o nistagmos; el animal no debe tener reflejo de reincorporación cuando el animal esta colgado en el riel de desangrado; el animal debe tener la espalda recta y la cabeza y el cuello deben caer flácidos, algún tirón momentáneo de la cabeza, no debe confundirse con un esfuerzo de reincorporación, y el pataleo y movimiento de la cola deben ser ignorados (Grandin, 2002).

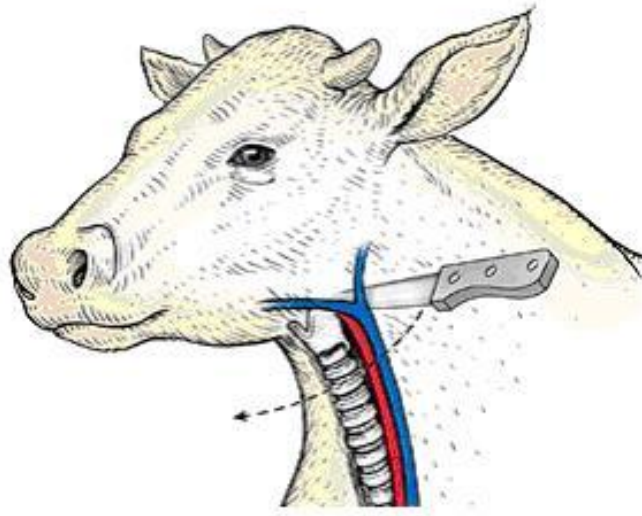
Cualquiera de los sistemas de aturdimiento conocido en la actualidad representa un factor de estrés para el animal, que se ve agravado por el manejo previo. El mantenimiento del intervalo entre disparo y sangría debe mantenerse al mínimo, evitándose así posibles defectos en las canales que por un aumento a la presión sanguínea. Uno de los defectos más comunes es el moteado de sangre (blood-splash) que afectan las características organolépticas de la carne (Gallo, 2003).

Un aturdimiento 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, incluyendo la incidencia de la carne de corte oscuro en el vacuno. La utilización de la pistola de perno cautivo previene la pérdida de glucógeno muscular en los bovinos, contribuyendo a una mejor textura de la carne y permitiendo alcanzar una mejor calidad en comparación con otros métodos de aturrido (Varman y Sutherland, 1998; Öneç y Kaya, 2004).



(NOM-033-ZOO-1995)

Figura 2. Sitio de insensibilización de razas europeas y becerros cebuinos y para el ganado Cebú adulto.



(NOM-033-ZOO-1995)

Figura 3. Lugar de la incisión para el degüello.

Cuando el animal es noqueado con la suficiente fuerza y velocidad, la lesión del cerebro produce insensibilidad inmediata y permanente; el corazón seguirá latiendo hasta que se debilite por la hemorragia producto del desangrado (UFAW, 1978). El perno atraviesa el cerebro a alta velocidad, (100-300 m/s) con una fuerza de 50 kg/mm² produciendo daño cerebral por el efecto lacerativo del perno; al examen macroscópico, en el sitio del impacto el cráneo presenta fractura ovoide del hueso frontal que corresponde al tamaño del perno cautivo (Finnie, 1997).

Entre los indicadores que se pueden usar para determinar los efectos de la insensibilización o noqueo sobre el bienestar animal están los fisiológicos, como los niveles sanguíneos de cortisol, glucosa y lactato medidos en el momento de la sangría. Sin embargo en la práctica comercial, Grandin (1998) recomienda usar indicadores objetivos de comportamiento, como son el porcentaje de animales que cae al primer tiro con la pistola de proyectil retenido (cuyo mínimo aceptable se considera en un 95%) y el porcentaje de animales que muestra signos de conciencia post disparo (no más de 0,2% debería mostrar signos de sensibilidad). Otro aspecto importante, es el tiempo que transcurre entre noqueo y sangría, el que debería ser menor de 30 segundos (Warris, 2003).

En los animales que han sido noqueados pueden ocurrir movimientos involuntarios de las patas como pataleo, esto no indica falla en el aturdimiento. La atención debe centrarse en la cabeza, que debe permanecer flácida, esto es un indicador de una buena insensibilización, los espasmos pueden causar arqueado del cuello pero este debe de estar relajado, y la cabeza debe desplomarse en 20 seg.

Son indicadores significativos de sensibilidad el arqueamiento del cuello y el reflejo de los ojos (Grandin, 2006). Otros indicadores que se deben observar cuando el animal está colgado sobre el riel de desangrado, es orientar la vista hacia la cabeza del animal, esta debe colgar derecha hacia abajo y la espalda debe permanecer recta, el animal no debe presentar ningún reflejo que haga arquear la espalda, si esto sucede el animal está parcialmente sensible.

Un correcto noqueo es aquel que al primer disparo resulta en la caída del animal, acompañado de detención de la respiración rítmica, cuerpo rígido, con la cabeza y cuello extendidos, miembros posteriores doblados bajo el cuerpo y ausencia de reflejo corneal (Gregory, 1994; HSA, 2006; OIE, 2009). Si esto no ocurre el animal se ve sometido a dolor y mucho estrés (Gimpel, 2005).

El ganado ya no tiene reflejos corneales cuando los cuatro de los siguientes criterios se cumplen: en primer lugar, no debe haber parpadeo espontáneos; no se presentan signos de vocalización (mugidos, bramidos, o cualquier otro sonido); los ojos deben estar fijos o en blanco sin signos de rotación o nistagmos y por último el animal no debe tener reflejo de reincorporación cuando el animal está colgado en el riel de desangrado. El animal debe tener la espalda recta y la cabeza y el cuello deben caer flácidos, algún tirón momentáneo de la cabeza, no debe confundirse con un esfuerzo de reincorporación, y el pateo y movimiento de la cola deben ser ignorados (Grandin, 2002).

Se considera una insensibilización excelente a aquella que permita que el 99 o 100% de los animales sean insensibilizados instantáneamente, aceptable a aquella realizada en un 95% a 98% de los animales, y No aceptable a aquella que logre un 90% a 94%, y un problema grave a aquella por debajo del 90% (Grandin, 1998). Respecto a lo anterior, Gallo y Cartes (2000) reportaron, en 3 principales plantas de la región, que en promedio menos del 85% de los animales cae en el primer tiro: en cuanto a presencia de signos de sensibilidad, se encontró que un 82% de los bovinos presentaba respiración rítmica, un 19.8% presentaron intentos por reincorporarse, 30.7% presentaron reflejos oculares y 20.4 reflejo corneal: así como en un 45% se presentaron vocalizaciones y un 45% intento levantar la cabeza cuando iban a ser colgados sobre el riel. Grandin (1998) indica que el mínimo aceptable de animales que debe de caer al primer tiro es de 95%, si no se cumple con esto se deberán tomar acciones inmediatas para lograr mejoras.

En un estudio realizado por Grandin (2002), se evaluó la eficacia de la insensibilización por perno cautivo para evaluar e identificar las causas del retorno de la sensibilidad del ganado bovino, en él, 21 plantas federales fueron inspeccionadas, en cada planta se insensibilizaron al menos 100 cabezas de ganado (19 plantas grandes) o un mínimo de 1 hora de la producción (2 plantas pequeñas) en ellas se evaluaron los signos de retorno de la sensibilidad en el riel de desangrado. Los bovinos con una cabeza inerte, flácida, sin parpadeo espontáneo, y la ausencia de un reflejo reincorporación se consideraron insensibles. Al menos en 17 de las 21 plantas todos los bovinos fueron insensibilizados antes de ser izados al riel de desangrado. Las 4 plantas restantes había ganado con signos de sensibilidad, a este ganado se le aplico un segundo tiro antes de empezar con el desangrado y o el desollado. De 1826 novillos

y novillas, 3 (0,16%) tenían signos de volver a la sensibilidad, mientras que 8 de 692 toros y vacas lo hicieron. Los problemas de sensibilidad se atribuyeron al almacenamiento y mal mantenimiento de los percutores, inexperiencia del operador de pistola, y por el ganado que presentaba cráneos gruesos.

Gallo et al. (2003) realizaron un estudio donde compararon la eficiencia de la insensibilización antes de realizar cambios de equipo de insensibilización y de personal. Un total de 335 bovinos fueron evaluados determinando el porcentaje de animales que cae al primer disparo y el porcentaje de animales posiblemente sensibles desde el noqueo hasta la sangría, tiempo entre noqueo y sangría, hubo una significativa mejora ($P < 0.05$) de animales que cayeron en el primero disparo (Cuadro 1) y el nuevo equipo de insensibilizado hizo disminuir significativamente ($P < 0.05$), la presencia de todos los signos de sensibilidad registrados en los bovinos (Cuadro 2), con respecto a los valores referenciales. Con la capacitación del personal al proceso de insensibilizado se observó que solo 1/335 bovino presentó signos de respiración rítmica y reflejo corneal. Aunque tampoco se logró alcanzar a la categoría de aceptable, que según la pauta de Grandin (2000a), es de un animal con signos de conciencia de cada 500.

Öneç y Kaya (2004) compararon el uso del aturdimiento eléctrico contra el uso pistola de perno cautivo en la calidad de la carne, se utilizaron 3 grupos: el primer grupo fue sacrificado sin un aturdimiento previo (NS), otro grupo fue insensibilizado eléctricamente (ES) y el último grupo fue insensibilizado con pistola de perno cautivo (PS). La calidad de la carne se evaluó midiendo la concentración de glucógeno

muscular, pH₂₄ y CRA así como de textura y atributos sensoriales. Se observó que los animales del grupo insensibilizado eléctricamente e insensibilizado con perno cautivo, tuvieron más altas concentraciones de glucógeno muscular que los animales sin aturdimiento previo (P<0.05). Para los atributos sensoriales, los animales PS fueron significativamente superiores a los animales NS y los ES. Los animales ES fueron superiores a los NS pero no estadísticamente significantes. Estos resultados indican que los animales aturdidos con pistola de perno cautivo producen una carne de mejor calidad que los animales eléctricamente aturdido.

Existen diversas razones por las cuales el proceso de sacrificio puede ser deficiente, una de ellas es la falta de capacitación del operario. Según la OIE (2009) operarios informados, competentes en el uso de la pistola con proyectil retenido y con buena puntería son requisitos claves para asegurar el bienestar animal. Al respecto la HSA (2006) señala que la sobrecarga laboral o fatiga del operador podrían influir negativamente en su desempeño y por ende en la calidad de la insensibilización. Blackmore y Delany (1988) señalan que la falta de mantenimiento regular de la pistola puede reducir la fuerza del disparo hasta en un 50%. Según Grandin (1991) esta es la causa mas común en la baja eficacia de noqueo.

Desangrado: Una de las etapas más críticas en el proceso de sacrificio de bovinos es el tiempo de desangrado, ya que no se debería iniciar ninguna operación si un animal muestra signos de sensibilidad, se debe comenzar tan pronto como sea posible, una vez que los animales han sido aturdidos y en cualquier caso antes de que el animal recobre la conciencia. El intervalo deseable entre el aturdido y el sangrado es

de aproximadamente 30 segundos (Vimini et al., 1983). Se tiene que lograr disminuir el tiempo entre el aturdido y el desangrado para así aprovechar la dilatación de los vasos reflejo del aturdido y evitar que las hormonas liberadas por el estrés del aturdido se liberen y distribuyan llegando a mayor cantidad de órganos a través del sistema circulatorio y provoquen cambios indeseables en la calidad de la carne (Alarcón et al., 2006). La demora en el desangrado de los rumiantes produce una disminución en la cantidad de la sangre extraíble y un aumento en el tamaño del bazo, pero no se observan modificaciones en los valores de pH (Paulik, 1989).

La eficacia del desangrado debe de ser definida como la cantidad de sangre residual o sangre retenida en los músculos después del sacrificio y es de una importancia considerable en la conservación de las canales en el cuarto de refrigeración, o para garantizar la vida de anaquel: cualquier que sea el método de degüello se dispone que no debe de sobrepasar los 6 minutos (Roça, 2002).

Aunque no hay metodología propiamente para determinar la eficacia del desangrado en una planta de sacrificio: este procedimiento se debe monitorear en base a la relación entre tiempo de desangrado y cantidad de sangre obtenida, ya que se calcula que a los 30 segundos se obtiene un 58% de sangre, a los 60 segundos un 76% y a los 120 segundos de tiempo transcurrido un 90%de sangre, se debe establecer si la operación se ajusta a los valores establecidos como estándar; para el efecto, es recomendable que la mayor cantidad de sangre obtenida, se logre en los primeros 120 segundos posteriores al degüello, sin embargo para lograr buenos indicadores es determinante la capacitación del personal, tal como lo demuestra un estudio realizado por Gallo (2003) donde antes de la capacitación del personal, solo el

Cuadro 1. Número y porcentaje de bovinos que cayeron al primer disparo con la pistola neumática de proyectil retenido

Nº de disparos	Valores Referenciales		Nuevo Equipamiento		Nuevo Equipamiento + Capacitación	
	n= 335 (1)		n=500 (2)		n=500 (3)	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1	244	72.8	448	89.6	489	97.8
2	62	18.5	44	8.8	10	2
3	11	3.3	8	1.6	1	0.2
4	11	3.3	0	0	0	0
5 o más	7	2.1	0	0	0	0
Total	335	100	500	100	500	100

(1) Cajón de noqueo sin fijación de cabeza y pistola de proyectil retenido con compresor de aire compartido.

(2) Cajón de noqueo con fijación de cabeza y pistola de proyectil retenido con compresor de aire exclusivo.

(3) Igual a (2) más capacitación del personal.

(Gallo, 2000)

Cuadro 2. Número y porcentaje de bovinos que presentaron signos de sensibilidad posterior al disparo efectivo.

Signos de Sensibilidad	Valores Referenciales		Nuevo Equipamiento		Nuevo Equipamiento + Capacitación	
	n= 335 (1)		n=500 (2)		n=500 (3)	
	N°	%	N°	%	N°	%
Respiración rítmica	289	86.3	10	2.0	1	0.2
Reflejo corneal y/o palpebral	224	66.9	4	0.8	1	0.2
Vocalización	157	46.9	11	2.2	0	0
Incorporación	74	22.1	1	0.2	0	0
Levanta cabeza	87	26.0	3	0.6	0	0
Animales noqueados correctamente.	no se	registró	480	96.0	499	99.8

(1) Cajón de noqueo sin fijación de cabeza y pistola de proyectil retenido con compresor de aire compartido.

(2) Cajón de noqueo con fijación de cabeza y pistola de proyectil retenido con compresor de aire exclusivo.

(Gallo, 2000)

28.2% de los animales era desangrado después de dos minutos y al capacitarlos el 98.8% de los animales fueron desangrados antes de los dos minutos.

Vimini et al. (1983), realizaron un estudio evaluando la influencia del desangrado sobre la calidad de la canal en novillos y vaquillas. Las vaquillas fueron desangradas en 3 y 6 min. Después del insensibilizado y los novillos 3 y 30 min. después del insensibilizado. El atraso en el desangrado no tuvo influencia en el pH muscular, color de la grasa, capacidad de retención de agua, porcentaje de proteína y humedad. Las canales de los novillos decapitados de 3 a 6 min. perdieron significativamente ($P < .05$) menos sangre que las canales control (inmediatamente desangrados después de la insensibilización) y los novillos desangrados 30 min. después del insensibilizado perdieron menos sangre que las vaquillas desangradas a los 3 min. ($P < .05$). No hubo diferencias significativas ($P > .05$) en el pH, color del músculo y la grasa entre los grupos desangrados y el grupo control en novillos y vaquillas.

En un estudio realizado por Juárez (2009) se emplearon 100 novillos donde se midió el tiempo de insensibilizado a desangrado, tiempo de desangrado así como también la temperatura de las muestras en el músculo pectoral superficial a la 1, 6 y 24 horas después del sacrificio, además de la temperatura de la sala en la primera hora después del sacrificio y de las cámaras frigoríficas a las 6 y 24 horas. No se encontró correlación significativa ($P < 0.05$) de los factores evaluados con el pH. El pH no mostró un rápido descenso durante las primeras 6 horas y a las 24 horas alcanzó valores mínimos de 6.01, lo que indica que bajo condiciones reales de trabajo en el rastro,

estos factores estudiados no explican por sí solos la elevada frecuencia de presentación de canales con un pH superior a 5.8. La temperatura ambiente, temperatura de cámaras y temperatura de las canales muestreadas no influyeron en el pH final de las canales de bovinos, por lo que concluyó que los animales muestreados no tuvieron un manejo adecuado ante mortem, se sugiere el análisis de éstos factores, para así poder evaluar mejor el pH final de canales de bovinos.

Estimulación Eléctrica: La estimulación eléctrica de las canales ha sido utilizada exitosamente para mejorar la blandura y calidad de la carne. Según Hedrick et al. (1994) la estimulación eléctrica contribuye a mejorar la terneza de la carne debido a tres factores: (a) previniendo el acortamiento por frío al acortar la fase lenta del *rigor mortis* y por ende, acelerar su manifestación en el músculo; (b) liberación de calcio, la cual estimula la proteólisis de las proteínas miofibrilares por las enzimas del sistema calpaína y (c) fracturas en las miofibrillas debido a las extremas contracciones musculares provocadas por la corriente eléctrica. La aplicación de este método reduce el tiempo de envejecimiento *postmortem* de las canales, realza la calidad de la carne y mejora la terneza de la misma.

La estimulación eléctrica, se ha estudiado ampliamente y se ha demostrado que minimiza el acortamiento por frío, y promueve una mejora en la blandura de la carne (den Hertog-Meischke et al., 1997). Este efecto se debe a un rompimiento de las miofibrillas y membranas mediante la descarga eléctrica, lo que provoca la activación temprana de las enzimas dependientes del calcio: las calpaínas. El efecto positivo de la aplicación de la estimulación eléctrica es debido a que provoca una caída mas

rápida del pH, generando que se instaure más rápido el rigor mortis debido a la aceleración de la glucólisis y ocasionando un enfriamiento más rápido (ahorro de energía) y mejora el color de la carne haciéndola más brillante, provocando además un ablandamiento más rápido debido a que la actividad proteolítica inicia una vez que el estado de rigor desaparece (Schroeder et al., 1982; Martín et al., 1983; Solomón et al., 1986).

La aplicación de este método debe cumplir con todas las exigencias de seguridad. En algunas plantas se aplica este método con el objetivo principal de utilizar posteriormente altas velocidades de enfriamiento. El sistema consiste en aplicar a través de unos electrodos una corriente eléctrica a la canal, que acelera el *rigor mortis* evitándose la contracción por frío. Pueden utilizarse dos sistemas: uno en donde se utiliza alta tensión y uno de baja tensión. En la práctica las canales son estimuladas dentro de la primera hora después del sacrificio, en los sistemas de bajo voltaje (<50 volts) generalmente se aplica a los 5 minutos después del insensibilizado y en los sistemas de alto voltaje dentro de los primeros 20 a 30 minutos o hasta una hora después del sacrificio, aunque los voltajes y los tiempos de aplicación pueden ser variados dependiendo de la preferencia y resultados (Teira, 2004).

Dependiendo del valor de la tensión aplicada el tratamiento de estimulación eléctrica se divide en: extra estimulación de baja tensión esta se caracteriza por la tensión de pico máximo de hasta 45 V (Bouton, 1980; Paleari et al, 1993;. Paleari et al, 1991).; estimulación de baja tensión que se caracteriza por el máxima pico de tensión de 100 V (den Hertog-Meischke, 1997; Rhee y Kim, 2001; Wiklund, 2001) y la

estimulación eléctrica de alta tensión, donde el máximo pico de voltaje es de 100 V a 3000 V (Morton, 1999; Onec y Kaya, 2004).

La frecuencia también es un parámetro muy importante de energía eléctrica actual. Algunos autores (Lesio'w, 1993; Polidori et al., 1996) señalan claramente que durante las recientes investigaciones la baja frecuencia eléctrica de 5 a 25 Hz ha sido utilizada cada vez con más frecuencia en la estimulación eléctrica. Además de los beneficios tecnológicos, tales como la mejora de la carne en calidad, también existe una lista de ventajas de ahorro de energía resultante de un menor consumo de energía durante el tratamiento. Debido a la fácil diseño de los dispositivos, la red de corriente eléctrica de 50 o 60 Hz también se utiliza para la estimulación eléctrica (Garie'py et al. 1995; Griffin, 1992; Soares, 1995; Solomón, 1986).

Den Hertog- Meischke et al. (1997), evaluaron el efecto de la aplicación de estimulación eléctrica en músculos de bovino. Observaron que la estimulación eléctrica aceleró la glucólisis postmortem, llevando así una disminución del pH ($P < .05$) a los 45 minutos post mortem. Sin efecto sobre la temperatura del músculo ($P > .05$); sin embargo la capacidad de retención de agua fue afectada negativamente ($P < .05$) debido a la presencia de proteínas sarcoplásmicas desnaturalizadas en las fibras musculares. Al respecto Eikeleboom y Smulders (1986) sugieren que la disminución de la capacidad de retención de agua pudo ser debida al incremento de la desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas.

Solomón et al. (1986), realizaron un estudio donde se estimuló eléctricamente a 78 canales de animales Angus de pura raza y toros Brahmán con un voltaje de 500 V, 1.5 amperes con 20 impulsos con una separación de 2 segundos entre cada uno, a una hora después del desangrado. Las canales fueron evaluadas a las 24 h de ser estimuladas. Como resultado se observó que las canales alcanzaron la madurez más rápido que las canales no estimuladas, y un color más brillante en comparación de las canales no estimuladas.

Crouse et al. (1983), realizaron un estudio donde se sacrificaron novillos y toros Hereford, las canales fueron divididas y estimuladas eléctricamente a 1 h postmortem con 17 de impulsos en 550 V, 2 a 2.5 amperios y 60 Hz, con una duración de 18 segundos y 1.8 segundos de pausa entre impulsos, fueron refrigeradas a temperaturas de 16°C durante 12 h. Posteriormente, se refrigeraron a 2°C 48 h postmortem. La calidad y el rendimiento fueron los criterios de calidad y se sometieron a un panel sensorial para la evaluación. Los resultados indicaron que la carne de novillos fue más blanda ($P < .01$) que la de los toros, en esfuerzo al corte y en lo sensorial. La carne de toro resultó más oscura ($P < .01$) que la carne de novillo, sin embargo en la jugosidad fueron similares ($P > .05$) ambos cortes.

En un estudio donde se compararon 4 tratamientos utilizando una combinación entre la estimulación eléctrica de mediano y alto voltaje; y larga y corta duración, al comparar entre las canales estimuladas y las no estimuladas se pudo observar que las que recibieron la estimulación eléctrica fueron más brillantes, más rojas que las no estimuladas ($P < .05$), además que los valores de esfuerzo al corte fueron más bajos

($P < .05$) en las canales estimuladas que las no estimuladas, por otro lado en la comparación de los de los 4 tratamientos los valores de L^* , a^* y b^* no presentaron diferencias ($P > .05$), así como no hubo diferencia significativa ($P > .05$) con respecto a blandura concluyendo que la aplicación de la estimulación eléctrica resulta en el mejoramiento de la calidad de la carne sin importar el nivel de voltaje aplicado ni el tiempo de tratamiento (Roeber, 2000).

Por su parte Klasttrup et al. (1984), evaluaron la estimulación eléctrica aplicando un voltaje de entre 280 y 350 V, con un total de 50 impulsos, con una duración de 1 a 5 s entre impulso, observando que las canales estimuladas presentaron un color rojo mas intenso ($P < .01$) que aquellas no estimuladas. En las canales estimuladas el esfuerzo al corte fue diferente ($P < .01$) a las no estimuladas (4.63 contra 3.99 kg).

De igual forma, Riley et al. (1983) observaron que en las canales estimuladas, la jugosidad y la blandura no presentaron diferencia significativa ($P > .05$) entre las no estimuladas y las estimuladas. Sin embargo los cortes de carne provenientes de las canales estimuladas fueron ligeramente más blandos sin una significancia estadística (3.1 contra 3.2 kgf).

Por otro lado, McKeith et al. (1980) compararon la utilización de dos tratamientos 150 V y 550 V en la estimulación eléctrica aplicándolos en 1 y 2 min. después del desangrado respectivamente. Ellos pudieron observar que para las canales la aplicación de 150 V y 550 V no presentaron diferencias significativas ($P > .05$)

respecto en la blandura. Sin embargo entre las canales estimuladas y no estimuladas si se observaron diferencias ($P < 0.05$) en lo que respecta la evaluación de la blandura (6.9 contra 9.1 kgf). Los autores sugieren que la utilización de la estimulación eléctrica a un menor voltaje (150V por 1 minuto) sigue siendo una buena medida para mejorar la calidad de la canal respecto a blandura de la carne. Aunque McKeith et al. (1981) mostró que el alto voltaje (550V) es más efectivo con frecuencias de 15 a 25 pulsos suficientes para bajar el pH del músculo.

En un estudio donde se evaluaron los efectos de la aplicación de la estimulación eléctrica de bajo voltaje y rápido enfriamiento sobre las características de calidad de las canales, cada uno de los 28 animales fueron sujetos a 4 tratamientos: 1) bajo voltaje y temperatura convencional de enfriamiento (ES/NR), 2) bajo voltaje y enfriamiento rápido (ES/RC), 3) sin estimulación eléctrica y temperatura convencional de enfriamiento (NE/NR), 4) sin estimulación eléctrica y rápido enfriamiento. El pH y la temperatura, capacidad de retención de agua fueron tomados a las 24 hrs en el *Longissimus dorsi*, así como la fuerza al corte. Los resultados indicaron que la aplicación de un bajo voltaje acelera el declive del pH en la canal ($P < 0.05$), y el rápido enfriamiento incrementa el nivel de bajada de la temperatura ($P < 0.05$), además, las pérdidas por evaporación de las canales con rápido enfriamiento fueron menores ($P < 0.05$), que las de un enfriamiento convencional. Menor valor de esfuerzo al corte se encontró en las canales tratadas con ES/NR (40.49 N) y el valor mas alto (47.61N) en las canales con el tratamiento NE/RC ($P < 0.05$), con estos resultados los autores concluyen que se puede optimizar la calidad de la canal y de la carne mediante la estimulación de baja tensión y enfriamiento rápido de canales en pre rigor (LI et al., 2006).

El color de la carne también puede ser afectada por otros factores no relacionados con la condición DFD, el músculo *Longissimus dorsi* de una canal normal enfriada con los métodos tradicionales muestra los valores normales de color y pH por lo menos hasta después de las 24 horas de almacenamiento, por lo que los sistemas de enfriamiento que utilizan métodos adicionales como el rociado de las canales pueden provocar que los valores de color y pH normales tarden en presentarse (Jeacocke, 1977).

Almacenamiento y temperatura: La refrigeración es el proceso de enfriamiento gradual y controlado mediante el cual se somete a las canales de bovino para contrarrestar el deterioro y la descomposición. La temperatura en el centro de las masas musculares no debe ser mayor a 7°C, ni menor al punto de congelación de los líquidos tisulares (NMX-FF-078-1991).

Aunque la mayoría de los procesos de enfriado de canales tienen como principal objetivo garantizar la seguridad e inocuidad alimentaría al inhibir el crecimiento bacteriano, se sabe que el manejo de la temperatura también tiene gran influencia sobre las características finales de la carne (Savell et al., 2004). Así, las condiciones de refrigeración en las que se mantienen las canales en el periodo en el que aparece el rigor mortis, (entre 1 y 20 h postmortem), son de los factores que se han asociado a las variaciones en la calidad del producto final, pues tienen un alto impacto, en particular en los aspectos de terneza y de color (Eilers et al., 1996; Novelo Franco, et al., 2008).

En la muerte, los animales tienen una temperatura corporal comprendida entre los 37°C y los 39°C. Tras el faenado de la canal la temperatura desciende debido a la cesión de calor al ambiente circundante, pero suelen experimentar un aumento de 1 a 2°C durante los primeros 30 minutos después del sacrificio por efecto de todos los procesos que tienen lugar en el músculo. Transcurrido este tiempo, incluso a temperatura ambiente, la carne comenzará a enfriarse. El grado de pérdida dependerá de factores como el tamaño de la canal, la cobertura de tejido adiposo subcutáneo y la circulación de aire sobre la superficie. Las canales grandes se enfrían más lentamente además de que grandes espesores de grasa actúan como capas de aislamiento debido a que su conductividad térmica es baja en comparación con el magro y el hueso (Savell et al., 2004).

Las temperaturas elevadas próximas a 40°C que presenta la canal inmediatamente después del sacrificio, aceleran el proceso, mientras que las bajas temperaturas retardan el descenso de pH, requiriéndose, más tiempo para alcanzar valores de 5.8. La refrigeración rápida puede reducir las pérdidas de peso desde el 2 al 3% del peso de la canal en una refrigeración normal a menos del 1% en las primeras 24 horas de almacenamiento (Novelo- Franco et al., 2008).

La variación del acortamiento de la fibra muscular va estar condicionada por la temperatura a que se desarrollan los procesos post mortem, de tal forma, que una mala combinación entre esta y el estado bioquímico post mortem del músculo, tiene como consecuencia una pérdida sensible en la calidad de la carne. Si se mantienen las canales a temperaturas elevadas (encima de los 20 o 25°C) se produce un descenso

rápido del pH con un acortamiento del sarcomero del 30% lo que da lugar a grandes pérdidas de exudado y a una carne dura y poco jugosa incluso después de la cocción. Manteniendo la canal a temperaturas intermedias, entre 14 y 20°C, se tarda más tiempo en llegar al pH final ya que disminuye la velocidad de la glucólisis post mortem y el acortamiento es mínimo (10%) obteniéndose una carne menos dura y con mejor capacidad de retención de agua, si la temperatura del animal recién sacrificado desciende por debajo de los 10 grados, antes de que el pH alcance niveles de 6.0, se produce la contracción muscular por frío, produciéndose una contracción de hasta un 40%, originando carne dura y poco jugosa (Novelo-Franco et al., 2008).

Los cuartos fríos en los que se lleva a cabo el enfriamiento deben tener baja temperatura del aire, alta velocidad de circulación del aire, alta humedad relativa y alta capacidad de refrigeración. La temperatura del aire se debe mantener próxima a los 0°C y no bajar de -1°C por el riesgo de congelación superficial de la carne que perjudicaría su apariencia (Savell et al., 2004).

De la misma forma el rociado de las canales, con agua potable fría, produce una serie de efectos beneficiosos: activa las pérdidas de calor, limpia la sangre de las superficies y reduce la carga microbiana, evita la formación de una película superficial seca, produce una fuerte emisión de vapor de agua sobre sus canales que entran en la cámara fría, lo que reduce las pérdidas de peso (Juárez, 2009).

En algunos estudios se menciona que un rociado permanente de agua fría en las canales de bovino entre 3 y 8 horas durante el enfriado ha sido una práctica

comercial en las plantas de sacrificio. El beneficio primario de esta práctica es reducir la pérdida de evaporación durante el periodo de enfriado inicial (Johnson et al., 1988).

Durante el proceso de refrigeración, cuando las canales de bovino recién sacrificadas se enfrían rápidamente desde 37°C a 12°C en un lapso de 12 horas, las canales pueden perder hasta el 3% de su peso debido a la pérdida de humedad. La pérdida de humedad sucede primeramente durante las primeras fases del proceso de refrigeración, cuando el suministro de aire por parte de las plantas de refrigeración está al mínimo y las reses están en su mayor temperatura. La pérdida de peso durante este proceso puede reducirse de 3 a 0.5%. Debido a esto se adopta el principio de la humidificación en el establecimiento para minimizar la pérdida de peso, gracias a la humidificación, es posible elevar la humedad en la cámara de refrigeración de manera que, cuando el aire frío se calienta al contacto de las reses, absorbe la humedad del aire en vez de tomarlo de la carne, y así se evita la pérdida de peso (Juárez, 2009).

Durante el enfriamiento, se debe mantener bastante elevada la humedad relativa para impedir excesivas pérdidas de peso. Las condiciones recomendadas se sitúan entre 90 y 95%, aunque éste es el factor más difícil de controlar. Se considera que se ha conseguido el enfriamiento cuando el punto más profundo de la canal ha alcanzado una temperatura igual o inferior a 7°C. Estas temperaturas deben alcanzarse en un periodo máximo de 24 horas. Durante el almacenamiento se produce la maduración de la carne la que depende de la temperatura, por lo tanto se puede acelerar aumentándola (lo más recomendable es a 4 °C) y con una humedad relativa

comprendida entre 80% y 90%. El ritmo al que ocurre el ablandamiento es más rápido a temperaturas más altas y en el vacuno tarda 10 días (Juárez, 2009).

Como consecuencia de la refrigeración rápida se puede dar un alargamiento del plazo de conservación. Las principales ventajas de este procedimiento estriban en la notable disminución de las mermas por refrigeración, el elevado rendimiento específico de la refrigeración y las excelentes posibilidades de mecanización que ofrece para el manejo de las canales (Juárez, 2009).

En una cámara de almacenamiento típico se puede introducir unas 270 canales de bovino; lo cual con un promedio de pérdida de peso del 3%, equivale a una pérdida de 2916kg por cada ciclo de enfriado de 12 horas. Esta pérdida puede ser calculada, con un precio aproximado por kilogramo de peso vivo de ganado de 24.50 pesos, al final del ciclo de enfriado de 12 horas existe una pérdida económica de 71,442 pesos y por ende la pérdida diaria por almacén es de 142,884 pesos (Sagarpa, 2011).

En un estudio donde se evaluó el rociado de agua durante el enfriado comparando ciclos de 3 h y 6 h, las canales enfriadas rociadas en el ciclo de 6 h tuvieron 3 veces mas ($P < .01$) humedad en el tejido adiposo que las rociadas en el ciclo de 3 h (12.9 contra 3.9%). Las canales afinadas después del rociado tuvieron una menor apariencia de atractivo que las canales afinadas después del rociado de 3 h (Johnson et al., 1988).

Barrera et al. (2008) evaluaron el efecto de la temperatura de refrigeración sobre la calidad de la canal donde almacenaron por 12 h a 2 temperaturas, dos grupos de canales, un grupo testigo a $4.2 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y el tratado a $11.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ a temperatura de oreó. Las canales que pasaron más tiempo en oreó a temperatura de 0 a 6°C alcanzaron ligeramente mejores niveles de pH, ya que el enfriado lento promueve una mejor fase de descenso de pH y en consecuencia generan las condiciones para tener una carne más brillante (L^*) y un color rojo intenso (a^*). Con respecto a la blandura no se encontraron diferencias ($P>0.05$) en el esfuerzo al corte en ambas temperaturas de almacenamiento.

La aceptabilidad del color disminuye conforme aumenta el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, la longitud de tiempo en la que el color es aceptable está afectada por la temperatura de almacenamiento. Carne y cárnicos frescos deben ser almacenados a -1.5°C para dar un máximo color y seguridad a los productos (Juárez, 2009)

Pérez et al. (2008) observaron que en el mantenimiento de las canales 24 h en el cuarto frío la temperatura no resultó ($P>0.05$) asociada con la presencia de carne DFD como se había observado en un estudio previo, donde las canales presentaban la temperatura de entre 5 y 10°C a las 8 horas postsacrificio. En el mismo estudio se observaron que si las canales permanecían 24 h en el cuarto frío, el tiempo de enfriado no resultó ($P>0.05$) asociado a la carne DFD, como se había observado en el estudio previo, donde se presentó ($P<0.05$) asociación con el tiempo de almacenamiento cuando las canales solo permanecían de entre 8 y 12 horas de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar donde se realizó el estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF) No. 301 Procesadora de Carnes del Norte, Km 13.5 carretera San Felipe, s/n, en la ciudad de Mexicali, situada en la región norte del Estado de Baja California (latitud 114.6° and longitud 32.8°; 10 msnm), en el noreste de México, limítrofe con los Estados Unidos de Norteamérica. Región caracterizada por un clima seco continental similar al desierto de Sonora con una temperatura media de 34.7°C (-5° invierno y 50° verano), con una precipitación anual de 37 mm y una humedad relativa superior al 50% (García, 1981).

Duración del estudio

En la realización del estudio se llevaron a cabo 18 visitas al establecimiento divididas en dos épocas del año: verano e invierno. Durante la época de verano se consideraron los meses de julio a septiembre con una temperatura media de 49°C y en la época de invierno de diciembre a febrero con una temperatura media de 5°C.

Metodología

Se tomó al azar una muestra de 300 canales de bovino por época del año. Durante el proceso el sacrificio de los animales, se registraron los datos sobre el aturdimiento, tomando el número de lote, el número de animales por lote, número de disparos por animal, número de animales que vocalizaron, pataleo, movimiento de cola, número de animales que presentaron respiración, reflejo corneal, sensibilidad al desangrado, sensibilidad al corte de cuernos; además, el tiempo de izado al desangrado, tiempo de desangrado, aplicación de estimulación eléctrica y temperatura de la canal caliente. Se realizaron registros de la temperatura y humedad relativa del cuarto frío tomándose cada 2 horas hasta las 24 horas postmortem; además del número de canales almacenadas en el cuarto frío. A las 24 horas post mortem se registraron los valores del pH y color en la canal.

Para la identificación de la carne DFD se utilizaron los criterios establecidos por Wulf et al. (1996), Forrest et al. (1979), y Minolta (1994), de acuerdo a las siguientes categorías: Carne normal: pH 24h post mortem de 5.4 a 5.8, L^* de 40 a 60, y $Cro > 30$, Carne DFD: pH 24 h post mortem > 5.8 , $L^* < 40$ y $Cro < 30$. La medición del pH y color en la canal se determinó en el músculo *Longissimus dorsi* entre la 11va y 12va costilla donde se realiza el corte para su clasificación. Para el pH se utilizó determinó empleando un potenciómetro de punción Delta TRAK ISFET pH 101 y por los valores de color (L^* , a^* , b^* y C^*) fueron medidos en la superficie del músculo utilizando un espectrofotómetro Minolta CM-2002 (Minolta Camera, Co., Ltd., Japón) utilizando un componente especular incluido (SCI), un iluminante D_{65} y un observador de 10° , en los valores de color, L^* : es el índice de luminosidad, a^* : es la intensidad de color rojo y b^* :

es la intensidad de color amarillo. El valor de croma fue calculado como $(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ (Young et al., 2003).

Una vez constituida la base de datos con las variables registradas, se obtuvieron los estadísticos descriptivos para las variables del proceso de sacrificio, las variables: pH, L*, a*, b*, C*, H*, se analizaron bajo un modelo lineal que incluyó como variable de clasificación fija la estimulación eléctrica, época del año e interacción y el error como componente aleatorio. Cuando los efectos resultaron significativos ($P < 0.05$) se compararon los efectos medios utilizando la prueba de Tukey. El análisis se llevo a cabo aplicando el procedimiento Mixed del SAS 9.2 (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

La frecuencia de carne DFD como media general fue del 16.3%, durante la época de verano un 17.39%, mientras que en invierno fue de 15.05%. En el Cuadro 3 se presentan los valores medios de pH y las variables de color registradas en la carne DFD durante el tiempo de muestreo. De acuerdo con Beltran et al. (1997), Silva et al. (1999) y Yu et al. (1986) los rangos de pH último de la carne de bovino es de 5.5 a 5.8, de acuerdo con Tarrant (1980), el color de la carne oscura tiene valores de pH arriba de 5.8, mientras que Warriss (1990) menciona que la carne con un pH ultimo arriba de 6.0 es considerada ya como carne DFD, la relación inseparable entre el color del producto y el pH es ampliamente aceptado. Warris (1996) quien señala que a medida que aumenta el pH de la carne, ésta tiende a tener una coloración más oscura, lo cual se refleja en valores de L, a y b menores. Page et al. (2001) también reportaron una correlación negativa entre los valores de L, a y b y el valor de pH muscular, mostrando que cuando el pH muscular aumenta los valores de color del músculo disminuyen al igual que en este estudio.

En el análisis de la totalidad de la información en cuanto al el proceso de aturdimiento se observó un 98.59% (910/923) de los animales fueron noqueados al primer intento, mientras que solo el 1.40% (13/923) recibió más de un disparo. Un aturdimiento aplicado correctamente o en el primer

Cuadro 3 Valores medios totales registrados de las variables pH y color de la carne DFD.

Variable	DFD
pH	6.02 (± 0.11)
L*	38.52 (± 3.71)
a*	10.82 (± 2.05)
b*	5.53 (± 2.29)
C*	12.13 (± 2.59)
H*	24.85 (± 7.62)

intento, tiende a disminuir las posibilidades de que aparezcan hematomas en la canal y reduce la aparición de moteado de sangre, incluyendo la incidencia de la carne DFD en el vacuno. Durante el invierno el 99% de los animales (610/616) se lograron aturdir al primer disparo, mientras que en la época de verano el 97.7%% de los animales (300/307). Estos resultados indican que el aturdimiento se considera excelente en la época de invierno, sin embargo aceptable en la época de verano, según lo indicado por Grandin (1998).

El primer propósito del noqueo es inducir un estado inmediato de insensibilidad, el cual persista el tiempo suficiente para asegurar que el animal no se recupere y así no experimente dolor o sufrimiento antes que muera por la pérdida de sangre (H.S.A., 2006). Anil et al. (1997) y Grandin (1998) señalan que la efectividad de un noqueo se puede determinar por una evaluación subjetiva de insensibilidad y es por ello que se determinó el número de animales que presentan signos de sensibilidad.

En relación al operador que realiza el proceso de aturdimiento Grandin (1998), también señala que existe un efecto "fatiga" al final del turno, lo que causa fallas en el acierto al primer disparo. En el caso de la planta en estudio el mismo operario es el que realizaba el noqueo desde el inicio del turno de faena hasta el final de éste. El noqueo lo realizaba otro operario sólo en casos muy especiales, como por ejemplo si la pistola estaba funcionando inadecuadamente o el noqueador oficial se ausentaba. Por ello, no sólo es necesario que todas las plantas tengan al menos 2 operarios especializados

para esta labor en caso de emergencia, sino que a su vez aquellas plantas de alta faena diaria, tengan un sistema de rotación frecuente de sus noqueadores para evitar la baja de eficacia por cansancio.

La presencia de signos indicadores de sensibilidad durante el aturdimiento como la incorporación de cabeza, pataleo, movimiento de cola, sensibilidad al desangrado, sensibilidad al corte de cuernos, reflejo corneal, respiración y vocalización, durante la época de invierno el 41.2% de los animales (284/616) presentaron pataleo, el 22% de los animales (135/616) tuvo reincorporación de cabeza, el 21.26% de los animales (131/616) presentó movimiento de la cola, el 2.59% (16/616) presentó reflejo corneal, el 10.71% (66/616) tuvo respiración, el 43.01% de los animales (265/616) presentaron sensibilidad al corte al desangrado, el 5.68% (35/616) se observó sensibilidad al corte de cuernos; mientras que un 2.27% (14/616) realizaron vocalizaciones después del aturdimiento. Durante la época de verano el 43.18% (143/339) de los animales noqueados presentaron reincorporación de cabeza, el 2.94% presentó reflejo corneal (10/339), el 2.94% de los animales (10/339) presentó respiración y el 8.46% (26/307) presentaron vocalización después de aplicado el aturdimiento.

Los valores de referencia en este estudio indicaban que un elevado número de animales presentaba signos de sensibilidad luego de ser noqueados y no se logró alcanzar la categoría de "aceptable", que según la pauta de

Grandin (1998; 2000) donde especifica que el estándar mínimo aceptable para el ganado aturdido es del 95% con un solo disparo y no más de 1 animal de 500 con signos de regreso de la sensibilidad, un excelente funcionamiento es del 99% de las animales aturdidos al primer disparo con no más de 1 de entre 1000 animales con signos de regreso a la conciencia mientras son manejados en el riel de desangrado. Las características de un aturdido efectivo incluyen un inmediato colapso y falta de respiración, inmediata flexión de las patas delanteras de aproximadamente 5 segundos, pérdida del reflejo corneal y con los ojos en blanco, fijos sin rotación. Cuando existe evidencia de la presencia de el reflejo corneal es indicativo que el animal va a recobrar la conciencia (Grandin, 2002).

En complemento con estos criterios si el animal presenta una lengua extendida y flácida, el animal puede considerarse como insensibilizado, en la experiencia un animal con la lengua flácida, nunca presentó reflejo palpebral, también una mandíbula completamente relajada es un buen indicador de una profunda disfunción cerebral, por lo tanto una lengua curveada puede indicar el regreso de la conciencia en el animal. Otro signo de advertencia del regreso de la conciencia es la presencia de resoplidos rítmicos de la mejilla, contracciones de la nariz y una retracción parcial de la lengua (Grandin 2002).

De acuerdo a los resultados observados en este estudio, Gallo (2003) menciona que la baja eficiencia de la insensibilización puede ser mejorada implementando algunos cambios estructurales y de equipamiento, como lo son el agregar en el cajón de noqueo un sistema de fijación para la cabeza (que permite acertar mejor al punto correcto de disparo o “blanco”), el destinar un compresor exclusivo para el funcionamiento de la pistola de proyectil retenido (para mejorar la fuerza del disparo), y el capacitar al personal que ejecuta la insensibilización del ganado.

Durante el sacrificio se observó en general un tiempo promedio entre el aturdido y el desangrado de 68.12 ± 13.62 segundos. Este tiempo promedio durante la época de invierno fue de 68.25 ± 14.47 segundos, mientras que para la época de verano fue de 67.58 ± 13.90 segundos; según lo establecido en la NOM-033-ZOO-1995, el intervalo deseable entre el aturdido y el sangrado no debe de exceder de 30 segundos, para evitar que las hormonas liberadas por el estrés del aturdido se liberen y distribuyan llegando a mayor cantidad de órganos a través del sistema circulatorio y provoquen cambios indeseables en la calidad de la carne; los resultados de este estudio nos muestran que solo 1 animal de 282 animales se desangró dentro de los primeros 30 segundos después del insensibilizado mientras que otros 4 animales en un rango cercano de entre 33 y 44 segundos. Además es importante señalar a la persona que realiza el noqueo, que debe coordinarse con el personal que desangra para reducir al mínimo posible el tiempo entre estas dos acciones (Gallo, 2003).

El tiempo medio general de desangrado fue de 52.36 ± 15.03 segundos; por la época de invierno este valor fue de 42.55 ± 7.17 segundos y en la época de verano su promedio fue de 62.81 ± 14.84 segundos. Según Roça (2002) la eficiencia del desangrado es definida como el volumen de sangre residual o sangre retenida en los músculos después del sacrificio, y tiene una importancia considerable en la capacidad de conservación de las canales en el cuarto de refrigeración, o bien para garantizar la vida de anaquel de la carne, exhibida al público; por esta razón, cualquiera que sea el método de degüello utilizado, se precisa un tiempo, no superior a seis minutos.

Aunque no hay una metodología propiamente definida para determinar la eficiencia del desangrado en una planta de sacrificio, este procedimiento se debe monitorear y con base en los valores mostrados por Gallo (2003), donde calcula que a los 30 segundos se obtiene un 58% de sangre, a los 60 segundos un 76% y a los 120 segundos de tiempo transcurrido un 90% de sangre, se podría establecer si la operación se ajusta a valores establecidos como estándar; para el efecto, es recomendable que la mayor cantidad de sangre obtenida, se logre en los primeros 120 segundos posteriores al degüello, teniendo en cuenta que la muerte cerebral del animal tiene lugar entre 15 y 20 segundos después de que el animal es desangrado de manera correcta.

Aunque de acuerdo a lo establecido por H.S.A. (1998), el tiempo de desangrado debe ser lo más rápido posible, esto es, antes de un minuto para así evitar un posible retorno a la sensibilidad, lograr la muerte rápida del animal por pérdida de sangre y minimizar la presencia de defectos en las canales, que son consecuencia del aumento de la presión sanguínea como respuesta a los procesos de insensibilización. Para lograr buenos indicadores, es determinante la capacitación del personal, tal como lo indica un estudio conducido por Gallo et al. (2003), en el cual, antes de la capacitación del personal, solo el 28.2 % de los bovinos era desangrado después de dos minutos, mientras que después de la capacitación, el 99.8 % de los animales fueron desangrados antes de dos minutos.

En el Cuadro 4 se observan valores medios registrados de las variables pH y color de la carne, para la interacción de estimulación eléctrica (EE) y época del año, solo el pH y L* (luminosidad) tuvieron un efecto significativo ($P < 0.05$) en las interacciones, el pH presentó los valores más altos en las canales no estimuladas durante el invierno, mientras que en el verano presentaron los valores más altos en las canales con estimulación eléctrica. Los valores de L* se observan más altos durante la época de verano en las canales con o sin la aplicación estimulación eléctrica.

De acuerdo a diversos autores la estimulación eléctrica mejora el color de la carne (Aberle et al., 2001; Ludden et al., 1983; Pardi et al., 2001) contrario a lo esperado, el estudio realizado por Dutson et al. (1992) la estimulación

eléctrica no mejoró el color de la carne en ganado sometido a un transporte de 200km y ayuno de 36 horas. Aunque la estimulación eléctrica de las canales influye en el color de ésta, las canales estimuladas presentan valores de color (L^* , a^* y b^*) más altos y por lo tanto la carne es más roja y brillante que las canales no estimuladas, aunque este efecto se mantiene durante un período de hasta 48 horas postmortem, y al cabo de un cierto tiempo el color de las carnes estimuladas y no estimuladas llega a ser igual (De la Vega, 2002).

Cuadro 4 Valores medios registrados de las variables pH y color de la carne, para la interacción de estimulación eléctrica (EE), para cada época del año.

Variable	No Estimuladas		Estimuladas	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano
pH	5.88 ^a ±0.13	5.65 ^c ± 0.14	5.69 ^c ±0.14	5.81 ^b ±0.19
L*	37.84 ^b ±2.83	40.93 ^a ±3.31	38.72 ^b ±2.91	39.79 ^a ±3.55
a*	10.60 ±1.78	10.69 ±2.49	12.42 ± 2.53	11.98 ±2.24
b*	5.88 ±2.47	4.64 ±2.14	7.61 ±2.49	6.26 ±2.48
C*	12.11 ±2.51	11.73 ±2.99	14.43 ±3.24	13.59 ±2.88
H*	25.97 ±9.08	21.30 ±6.81	29.08 ±6.29	26.10 ±7.74

^{a,b,c} Letras minúsculas distintas son diferentes (P>0.05)

CONCLUSIONES

El porcentaje de presencia de carne DFD en general observado fue de 16.3%. Después del aturdimiento se observaron puntos críticos como signos de retorno a la sensibilidad, debido a la reincorporación de cabeza, respiración rítmica y movimientos oculares, así como sensibilidad al desangrado; con lo que hay un compromiso del bienestar de los animales al momento del sacrificio.

Un tiempo mayor a un minuto en el intervalo aturdimiento y desangrado, mostró un punto crítico durante el sacrificio de los animales.

En la evaluación de la aplicación de estimulación eléctrica, esta tuvo un efecto sobre los valores de pH y L* durante las dos épocas del año.

Por lo anterior es recomendable un programa de capacitación a los operarios involucrados así como un programa de auditoría a fin de controlar los puntos críticos que inciden en la presencia de carne DFD en la carne.

Se sugiere mantener un estricto registro del control de temperaturas de los cuartos fríos a fin de identificar puntos críticos que se pudieron enmascarar durante el almacenamiento de las canales.

LITERATURA CITADA

- Aberle, D. E., J. C. Forrest, D. E. Gerrat and E. W. Mills, 2001. Conversion of muscle to meat and development of meat quality. In principles of meat science 4th ed.. Iowa: Kendall/Hunt Publishing. p. 83-107.
- Adams J. R., and D. L. Huffman, 1972. Effect of controlled gas atmospheres and temperatures on quality of packaged pork. J. Food Sci. 37: 869-872.
- Alarcón A. D., G. A. Gamboa, F. A. Almeida, J. A. Grado y H. V. Janacua. 2006. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. Tec. Pec. Mex. 44(1):53-66.
- Anil, M., A. Raj, S. Wotton and L. Wilkins, 1997. Physiological criteria used for assessing welfare at stunning and slaughter in food animals. International Congress of Physiological Science. St. Petersburg, 30 Junio – 5 Julio.
- Arcos, S. 1994. Estudio de factores condicionantes de carnes de corte oscuro (DFD) en novillos: efecto de algunos factores extrínsecos e intrínsecos. Tesis Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.
- Barrera R. N., J. F. Sconamiglio, G. B. Olascoag, O. Feed, O.B. Murgiond, P. B. Arocena y V. S. Fuidio. 2008. Efecto de la temperatura de refrigeración sobre la calidad de la carne de novillos Holstein a lo largo de la maduración. Téc. Pecu. Méx. 46(2):137-145.
- Beltrán, J.A., I. Jaime, P. Santolaria, C. Sañudo, P. Albertí and P. Roncalés. 1997. Effect of stress-induced high postmortem pH on protease activity and tenderness of beef. Meat Sci. 45: 201-207.
- Blackmore, D. and M. Delany. 1988. Slaughter of stock. Capítulo 4: Assessment of insensibility and General aspects of stunning and less usual procedures, Veterinary Continuing Education, Massey University, Palmerston North, New Zealand. p. 43-47.
- Bouton, P. E., A. L. Ford, P. V. Harris and F. D. Shaw. 1980. Electrical stimulation of beef sides. Meat Sci. 4:145
- Brown, S. N., E. A. Bevis, P. D. Warris. 1990. An estimate of the incidence of Dark, Cutting Beef in the United Kingdom. Meat Sci. 27: 249 – 258.
- Cassens, R.G., D. Deemeyer, D. Eikeleboom, G. Honikel, K.O. Johanson, G. Nielsen, T. Renner, M. Richardson and R. Sakata. 1995. Recommendation of reference method for assessment of meat color. In 4th annual international congress of

meat science, san Antonio, Texas, USA. Proceedings, Vol II, Texas, AMSA, 1995 p. 410-411.

Cartes, M. 2000. Evaluación de la eficiencia en el uso de la pistola de proyectil retenido para insensibilizar ganado bovino en tres plantas de la X región. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile.

Crouse J. D., S. C. Seideman and H. R. Cross, 1983. The effects of carcass electrical stimulation and cooler temperature on the quality and palability of bull and steer beef. *J. Anim. Sci.* 56(1): 81-90.

Daly, C.C., N.G. Gregory and S.B. Wotton, 1987. Captive bolt stunning of cattle, effects on brain function and role of bolt velocity. *British Vet. J.* 143: 574-580.

De la Vega, J. 2002. Técnicas de manejo postmortem de canales y de carne. *Informativo sobre carne y productos cárneos* 29: 218 – 226.

den Hertog-Meischke, F. J. M. Smulders, J. G. Van Logtestijn and F. Van Knapen, 1997. The effect of electrical stimulation on the wather holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles. *J. Anim. Sci.* 75: 118-124.

Dezeure-Wallays, B., J. Van Hoof and R. Pensaert, 1984. Incidence and quality characteristics of dark cutting in Belgian beef. *Proc. 30th Europ. Meeting Meat Res. Workers, Bristol*, p. 152 – 153.

Dutson, T. R., G. C. Smith, J. W. Savell 1982. Electrical stimulation of ante mortem stressed beef. *Meat Sci.* 6:159-161.

Eilers J. D., J. D. Tatum, J. B. Morgan and G. C. Smith, 1996. Modification of early-postmortem muscle pH and use of postmortem aging to improve beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 74: 790-798.

Eikelenboom G. and F. J. M. Smulders, 1986. Effect of Electrical Stimulation on Veal Quality. *Meat. Sci.* 16:103.

FAO, 2008. Food and Agricultura Organization of the United Nations, Agriculture and consemur protection deparartment, Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo: Almacenamiento no refrigerado o refrigerado de la carne fresca y los subproductos comestibles. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/004/T0566s/T056_6S12.htm

FIA. 2006. El “Bienestar Animal” como factor de competitividad. *Boletín Mensual* ISSN0718-0322 N° 103, Nov., 2006.

Finnie, J. 1997. Traumatic head injury in ruminant livestock. *Aust. Vet J.* 75: 204-208.

- Forrest, J.C., E.D. Aberle, H.D. Hedrick, M.D. Judge y R.A. Merckel, 1979. Fundamentos de la Ciencia de la Carne. Acribia, Zaragoza. España.
- Gallo, C., y M. Cartes, 2000. Insensibilización en bovinos: evaluación de la eficacia en el uso de la pistola de proyectil retenido en 3 plantas de la X Región. XII Congreso de Medicina Veterinaria. U. de Chile, Santiago, 24-27 de octubre.
- Gallo C., C. Teuber, M. Cartes, H. Uribe and T. Grandin, 2003. Improvements in stunning of cattle with a pneumatic stunner after changes in equipment and employee training, Arch. Med. Vet. 35 (2): 30-46.
- García, M.E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, DF.
- Gariepy, C., Delaquis, P. J., Aalhus, J. L., Robertson, M., Leblanc, C., and N. Rodrigue. 1995. Functionality of high and low voltage electrically stimulated beef chilled under moderate and rapid chilling regimes. Meat Science. 39: 301–310.
- Gimpel J. 2005. Conceptos generales de la evaluación del bienestar de los animales durante el transporte y en el momento del sacrificio. Silvi Marina, Italy. p 139-147.
- Grandin, T. 1991. Double rail restrainer for handling beef cattle American. Society of Agricultural Engineers Paper Number 91-5004 St. Joseph, Michigan.U.S.A.
- Grandin, T. 1998. Objective scoring of animal holding and stunning practices at slaughter plants. JAVMA. 212: 36-39.
- Grandin T., 2000a. Bienestar Animal y su Impacto en el Mercado de la Carne. Bienestar Animal en las Plantas de Faena. Presentado en la XIX Conferencia de la Asociación Norteamericana de Profesionales de Bovino. Montevideo. p. 46-57.
- Grandin T. 2000b. Livestock handling and transport. CAB Int., U.K. Pag. 409-433.
- Grandin T. 2002. Return to sensibility problems after penetrating captive bolt stunning of cattle in commercial beef slaughter plants. JAVMA, 221(9):1258-1261.
- Grandin T. 2006. Progress and challenges in animal handling and slaughter in the U.S. Appl. Anim. B. Sci. 100: 129-139.
- Gregory, N. 1994. Preslaughter handling, stunning and slaughter. J. Meat Sci. 36: 45-56.

- Griffin, C. L., Shackelford, S. D., Stiffler, D. M., Smith, G. C., and J.W. Savell. 1992. Storage and display characteristics of electrically stimulated, hot-boned and nonstimulated, cold-boned beef. *J. Meat Sci.* 31: 279–286.
- Hargreaves A., L. Barrales, I. Peña, R. Larraín y L. Zamorano, 2004. Factores que Influyen en el pH Ultimo e Incidencia de Corte Oscuro en Canales Bovinas. *Cien. Inv. Agr.* 31(3): 155-166.
- Hedrick, H.B., E. D. Aberle, J. C. Forrest, M. D. Judge and R. A. Merkel. 1994. *Principles of Meat Science*. 3rd. ed., Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 1, 3, 274, 289, 317.
- Hofmann, K. 1988. El pH. Una característica de calidad de la carne. *Fleischwirtsch español* (1): 13 – 18.
- Hood D.E. and P. V. Tarrant. 1980. *The problem of Dark-Cutting Beef*. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague.
- HSA, Humane Slaughter Association. 2006. *Insensibilización del Ganado con Pistola Neumatica de Perno Cautivo*. 4a ed, Wheathampstead, U K, Pag. 1-13.
- Johnson R. D., M. C. Hunt, D. M. Allen, C. L. Kastner, R. J. Danler and C. C. Schrock. 1988. Moisture uptake during washing and spray chilling of holstein and beef-type steer carcasses. *J. Anim. Sci.* 66: 2180-2184.
- Jones, S. D. M. and A. K. W. Tong. 1989. Factors influencing the commercial incidence of Dark Cutting Beef. *Can. J. Anim. Sci.* 69: 649 – 654.
- Juárez C. O. P. 2009. *Análisis de algunos factores pre sacrificio, durante el sacrificio y post sacrificio que afectan el pH de las canales de novillos para abasto*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver, México. Tesis.
- Klastrup S., H. R. Cross, B. D. Schanbacher and W. Mandigo, 1984. Effects of castration on electrical stimulation on beef carcass quality and palability characteristics. *J. Anim. Sci.* 58: 75-84.
- Lawrie R. A. 1966. *Ciencia de la carne*. Acribia, Zaragoza, España.
- Ledward, D. A., D.E. Johnston and M. K. Knight. 1992. *The Chemistry of Muscle-Based Foods*. Pp 128-139. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge, UK.
- Lesiow, T. 1993. Zastosowanie elektrostymulacji w przetwo´rstwie mie´sca bydle´cego. *Gospodarka Mie´sna*, 2, 22–25 (in Polish).

- Li C.B., Y.J. Chen, X.L. Xu, M. Huang, T.J. Huand G.H. Zhou 2006. Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bulls
- López V. R. y A. V. Casp, 2004. Tecnología de Mataderos. Ed. Mundi Prensa, Madrid.
- Lüdden L.B., M. A. Marcelia and M. Gambaruto, 1983. Efecto de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne, *Fleischwirtsch*, 2, 32-36.
- Mancini R. A. and M.C. Hunt, 2005. Current Research in meat color. *J. Meat Sci.* 71: 100-121.
- Martin A. H., A. C. Murray, L. E. Jeremiah and P. J. Dutson, 1983. Electrical stimulation and carcass aging effects on beef carcasses in relation to postmortem glycolytic rates. *J. Anim. Sci.* 57(6); 1456-1462.
- Moreno G. A., V. R. Núñez, A. L. Villace. 1999. Análisis cuantitativo del pH de canales de vacuno en matadero. *Arch. Zootec.* 48: 33 – 42.
- Morton, J. D., Bickerstaffe, R., Kent, M. P., Dransfield, E., and Keeley, G. M. 1999. Calpain-calpastatin and toughness in *M. Longissimus* from electrically stimulated lamb and beef carcasses. *J. Meat Sci.* 52: 71–79.
- Munns, W. O. and D. E. Burrell. 1966. The incidence of dark cutting beef. *Food Tech.*, 20: 1601 - 1603.
- Murray A. C. 1989. Factors affecting beef color at time of grading. *Can. J. Anim. Sci.* 69: 347-355.
- McKeith F. K., G.C. Smith, J.W. Savell, T. R. Dutson, Z. L. Carpenter and Hammons. 1981. Electrical stimulation of mature cow carcasses. *J. Anim. Sci.* 50(4): 694-698.
- Narbona, C. 1995. Estudio sobre la conducta del consumidor y sus cambios como consecuencia de la aplicación de la tipificación de carne bovina: discriminación por calidad. Tesis, Ingeniería en alimentos. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile.
- NMX-FF-078-1991 Norma Mexicana, Productos pecuarios, Carne de bovino en canal Clasificación, Secretaria De Comercio Y Fomento Industrial.
- NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. Sagarpa, Mexico.
- Novelo Franco et al., 2008. Effects of refrigeration temperature during ageing on Holstein Steers' meat quality. *Téc Pecu Méx*, Vol. 46 (2):137-145.

- OIE, Organización Mundial de Sanidad Animal. 2009. Código Sanitario para los animales terrestres. Directrices para el sacrificio de animales destinados al consumo humano.
- Oñeç, A, & Kaya, A. (2004). The effects of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processed by Turkish slaughter procedures. *Meat Science*, 66, 809–815.
- Page, J. K.; Wulf, D. M. And Schwotzer, T. R. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *J. Anim. Sci.* 79:678-687
- Pardi M. C., I. F. Santos, E. R. Souza and H. S. Pardi, 2001. Ciencia de la higiene y tecnología de la carne, Vol I, 2nd ed., Goiãnia: Editora UFG.
- Pellegrino, J. M. 1985. Fundamentos sobre clasificación y tipificación de carnes. Comisión Nacional de la Carne. Seminario Nacional. Ministerio de Agricultura FAO. Santiago, Chile.
- Paleari, M. A., G. Beretta, F. Panunzi, M. Parini, M. Rasi, and Crivelli, G. 1991. Effect of extra low voltage on the carcass quality of cows. *Fleischwirtsch*, 5, 553–554
- Paleari, M. A.; G. Beretta; E. Gigni; M. Parini; M. Rasi; G. Crivelli and G. Bertolo. 1993. Dark cutting beef. Electroestimulación con muy bajo voltaje y carne vacuna con características DFD; *Fleischwirtsch español* 2: 8 – 11.
- Pérez L. C., A. P. Sotelo-Flores, F. Figueroa-Saavedra, A. Barrera-Serrano y E. Sánchez-López. 2008. Modificaciones en el manejo del ganado bovino ante mortem y su asociación con la carne DFD en verano. XXI Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Guadalajara, Jal. México. p. 1552-1553.
- Polidori, P., Kauffman, R. G., and Valfre, F., 1996. The effects of electrical stimulation on meat quality. *Italian J. Food Sci.* 3:183–199.
- Prince J. F. and G. Schweigert. 1976. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Acribia. Zaragoza, España.
- Rhee, M. S., & Kim, B. C., 2001. Effect of low voltage electrical stimulation and temperature conditioning on post changes in glycolysis and calpains activities of Korean native cattle (Hanwoo). *J. Meat Sci.* 58: 231–237.
- Riley R. R., J. W. Savell, C. E. Murphey, G. C. Smith, D. M. Stiffler and H. R. Cross. Palability of beef from steer and young bull carcasses as influenced by electrical stimulation, subcutaneous fat thickness and marbling. *J. Anim. Sci.* 56:592-597.

- Roeber D. L., R. C. Canell, K. E. Belk, J. D. Tatum and G. C. Smith. 2000. Effects of a unique application of electrical stimulation on tenderness, color, and quality attributes of beef longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 78: 1504-1509.
- Roça, R.O., 2002. Humane slaughter of bovine. First Virtual Globe Conference on Organic Beef Cattle Production. Septiembre 2 a Octubre 15. Embrapa Pantanal. Columba, University of Contestado, Concordia, Brazil. 14 p.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2009. Situación Actual de la Ganadería en Baja California. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/bajacalifornia/ganaderia/i>.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2001. Reporte Diario de Arribos de Ganado Bovino en Pie en Rastros. http://www.infoaserca.gob.mx/bovinos/gb_rastro.asp Fecha de última actualización: Jueves, 01 de Septiembre de 2011.
- SAS (Statistical Analysis System). 2001. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.2. Ed. 2001. SAS Inst Inc. Cary, NC.
- Savell J. W., S. L. Mueller and B. E. Baird, 2004. The Chilling of Carcasses. 50 ICoMST, Helsinki, Finland.
- Scanga J. A., K. E. Belk, J. D. Tatum, T. Grandin and G. C. Smith. 1998. Factors Contributing to Incidence of Dark Cutting Beef. *J. Anim. Sci.* 76: 2040-2047.
- Schaefer A. L., S. D. M. Jones, and R. W. Stanley, 1997. The Use of Electrolyte Solutions for Reducing Transport Stress. *J. Anim. Sci.* 75: 1258-1265.
- Schroeder J. W., D. A. Creamer and R. A. Bowling, 1982. Postmortem muscle alterations in beef carcass temperature pH and palability from electrical stimulation. *J. Anim. Sci.* 54 (3): 549-552.
- Seiderman S. C., H. R. Cross, G.C. Smith and P.R. Durland, 1984. Factor associated with fresh meat color a review. *J. Food Quality.* 6(3) 536-544.
- SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, 2009. Estadísticas de Producción de carne en canal anual y mensual Nacional, Estado y municipio. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Silva, J. A., L. Patarata, y C. Martins, (1999). Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *J. Meat Sci.* 52: 453-459.
- Soares, G. J. D., and Areñas, J. A. G. 1995. Effect of electrical stimulation on post mortem biochemical characteristics and quality of Longissimus dorsi thoracis muscle from buffalo (*Bubalus bubalis*). *J. Meat Sci.* 41: 369-379.

- Solomon M. R., R. L. West and Heatges jr. 1986. Effects of slaughter weight and carcass electrical stimulation on the quality and palability of beef from young purebred bulls. *J. Anim. Sci.* 63: 1838-1844
- Soria L. A. y P. M. Corva, 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 12(2): 73-88.
- Tarrant, P. V. 1980. The occurrence, causes and economic consequences of dark cutting in beef – A survey of current information. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague.
- Tarrant, P. V. and J. Sherengton. 1980. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *J. Meat Science.* (4): 287 – 297.
- Teira A. G. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal en la calidad de la carne: La terneza. Ciencia docencia y tecnología. Volumen 028, Universidad Nacional de Entre Rios Concepción del Uruguay, Argentina. p. 215-244.
- Thorton, H. 1971. Relación entre el *Stress* Fisiológico y la calidad de la carne. *Vet. Mex.* 2 (2): 22 – 23.
- Universities Federation for animal welfare (U.F.A.W.). 1978. Humane Killing of animals. Pp: 4-7. Ed. The Universities Federation for Animal Welfare. Hamilton Close South Mimms, Potters Bar, Herts, England.
- Varnam, A .H. and P. Sutherland, 1998. Carne y productos cárnicos: tecnología, química y microbiología. Editorial Acribia. Zaragoza.
- Vidal R. 2007. Impacto económico del Bienestar Animal. 1er Curso – Taller de Capacitación en Bienestar Animal para Plantas Faenadoras de Carne, 06 Agosto de 2007. Valdivia, Chile. (Disponible en: <http://intranet.uach.cl/dw/canales/repositorio/archivos/1363.pdf>)
- Vimini R. J., R. A. Field, M. L. Riley, J. C. Williams, G. J. Miller and W. G. Kruggel, 1983. Influence of Delayed Bleeding after Stunning on Beef Muscle Characteristics. *J. Anim. Sci.* 56:608-615.
- Warriss P. D, 1984. Exsanguination of animals at slaughter and the residual blood content of meat. *Vet. Rec.* 115: 292-295.
- Warris, P. D. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 28: 171 – 186.

- Warris, P. D. 1996. Instrumental measurement of colour. En: Taylor, S; Raimundo, A.; Severini, M. and Smulders, J.M.. Meat quality and meat packaging: pp 221 – 230.
- Warris, P. D. 2000. Meat Science: An Introductory Text. CABI Publishing. New York. USA.
- Warris P. D. 2003. Ciencia de la Carne, Primera edición, Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España. p. 75-89.
- Wiklund, E., Stevenson-Barry, J. M., Duncan, S. J., and Littlejohn, R. P., 2001. Electrical stimulation of red deer (*Cervus elaphus*) carcasses – effects on rate of pH-decline, meat tenderness, colour stability and water-holding capacity. *Meat Sci.* 59, 211–220.
- Wirth, F. 1987. Tecnología para la transformación de carne de calidad anormal. *Fleischwirtsch español*, 1, 22 – 28.
- Wotton, S. 1993. Stunning. Animal Welfare Officer Training Course. University of Bristol, England, pp. 14-15.
- Wulf, D. M.; J. D. Tatum; R. D. Green; J. B. Morgan; B. L. Golden; G. C. Smith. 1996. Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais- and Limousin-sired steers and heifers. *J. Anim. Sci.*74: 2394.
- Yu L. P. and B. Lee. 1986. Effects of postmortem pH and temperature on bovine muscle structure and meat tenderness. *J. Food Sci.* 51:774-780.