

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**“EFECTO DE DIFERENTES FACTORES Y DECISIONES EN DISTINTOS
SEGMENTOS DE LA CADENA CÁRNICA SOBRE EL pH DE LA CARNE
VACUNA, EN INVIERNO”**

por

*María Agustina ECHENIQUE ITZAINA
Gustavo Martín GONZALEZ RODRIGUEZ*



TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Veterinarias.
(Orientación Producción Animal).

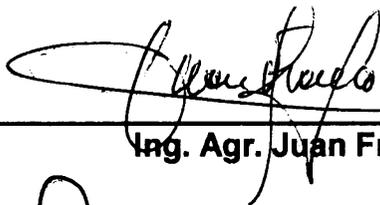


MODALIDAD: ESTUDIO DE CASO

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

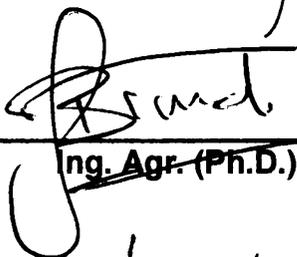
TESIS DE GRADO aprobada por:

Presidente de Mesa:



Ing. Agr. Juan Franco

Segundo Miembro (Tutor):



Ing. Agr. (Ph.D.) Gianni Bianchi

Tercer Miembro:



Dra. Stella Huertas

Cuarto miembro:

Dr. Oscar Feed

Fecha:

5 de octubre de 2010

Autores:



María Agustina Echenique

Martín Gonzalez

FACULTAD DE VETERINARIA

Aprobado con 9 (nueve) votos

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por brindarnos la posibilidad de realizar esta carrera y a nuestros hermanos por acompañarnos de manera incondicional.

A nuestro tutor Ing. Agr. (Ph.D.) Gianni Bianchi por su apoyo en la realización de este trabajo, al igual que el Dr. Oscar Feed.

A los Frigoríficos: PUL, Nirea S.A., Marfrig Tacuarembó, Marfrig Salto, Marfrig Colonia, Marfrig San José y Frigorífico Casa Blanca, por abrirnos sus puertas para la realización de las encuestas.

Al Frigorífico Casa Blanca en particular por su aporte económico para realización de los traslados a los diferentes frigoríficos.

Al Ing. Agr. Oscar Bentancur por la ayuda brindada en el análisis estadístico.

A los amigos y compañeros que desde siempre han estado apoyándonos en el estudio de esta carrera tan linda.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY	2
3. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1. TEJIDO MUSCULAR.....	6
4.1.1. Estructura general del músculo	6
4.1.2. Composición química.....	7
4.1.2.1. Proteínas	7
4.1.2.2. Grasas	7
4.1.2.3. Carbohidratos	7
4.1.2.4. Compuestos inorgánicos	8
4.1.2.5. Agua	8
4.1.3. Fisiología de la contracción muscular.....	9
4.1.4. Transformación del músculo en carne	10
4.1.4.1. Cambios químicos	10
4.1.4.2. Rigor mortis	11
4.1.4.3. Maduración.....	12
4.2. pH Y SU IMPORTANCIA.....	13
4.2.1. Calidad de la carne	13
4.2.2. Evolución del pH <i>post mortem</i>	14
4.2.3. Valoración del pH	16
4.3. CARNES DFD Y PSE.....	17
4.4. FACTORES QUE AFECTAN EL pH DE LA CARNE	18
4.4.1. Factores ante mórtem.....	19
4.4.1.1. Factores intrínsecos.....	19
4.4.1.1.1. Raza, tipo genético	19
4.4.1.1.2. Sexo y categoría	20
4.4.1.1.3. Edad y peso de faena	22
4.4.1.1.4. Individuo	23
4.4.1.1.5. Estrés.....	23
4.4.1.2. Factores extrínsecos.....	25
4.4.1.2.1. Sistema de producción	25
4.4.1.2.2. Tipo de alimentación.....	25
4.4.1.2.3. Manejo previo al embarque.....	27
4.4.1.2.4. Manejo durante el embarque	28
4.4.1.2.5. Clima y época del año	29
4.4.1.2.6. Transporte.....	30
4.4.1.2.7. Descarga de los animales.....	34
4.4.1.2.8. Tiempo de espera pre faena	35
4.4.1.2.9. Sacrificio	38
4.4.2. Factores <i>post mortem</i>	39
4.4.2.1. Refrigeración	39
4.4.2.2. Maduración	41
5. HIPÓTESIS.....	42
6. OBJETIVO GENERAL.....	42

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	42
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
8.1. RECOLECCIÓN DE DATOS	43
8.2. CLIMA.....	43
8.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	44
8.3.1. Estadísticas descriptivas.....	44
8.3.2. Estudio de correlaciones.....	44
8.3.3. Estudio de la variabilidad del pH.....	44
8.3.4. Partición recursiva	45
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
9.1. CLIMA.....	46
9.2. DESCRIPCIÓN DEL pH	46
9.3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	51
9.4. CORRELACIONES.....	54
9.5. VARIANZA.....	55
9.6. PARTICIÓN RECURSIVA	59
10. CONCLUSIONES	63
11. BIBLIOGRAFÍA.....	64
12. ANEXO I	77
13. ANEXO II	77
14. ANEXO III	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Incidencia de corte oscuro obtenido en las auditorias y las pérdidas por animal.....	5
Cuadro 2: Factores que afectan el pH de la carne	18
Cuadro 3: Registros climáticos durante el período experimental	43
Cuadro 4: Porcentaje de rechazos registrados en cada frigorífico	49
Cuadro 5: Porcentaje de reprobación (debido a pH _u > 5,9) y total de canales estudiadas en dos plantas de faena de Chile.	50
Cuadro 6: Correlaciones en ambas medias canales (izquierda y derecha) para pH 24 h y pH 36 h, entre pH 24 h y 36 h y su límite de confianza	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolución del pH <i>post mortem</i> en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> bovino	15
Figura 2: Velocidad de descenso del pH en canales estimuladas eléctricamente	40
Figura 3: Distribución de los valores de pH tomados a las 36 h en el músculo <i>Longissimus dorsi</i>	46
Figura 4: Porcentaje de canales con valores de pH \geq o $<$ 5,8.	47
Figura 5: Distribución del pH muscular de canales en Irlanda y USA	48
Figura 6: Descriptiva pH 24 h (máximos, mínimos, media).....	51
Figura 7: Descripción estadística del pH 36 h (máximo, mínimo y media).....	53
Figura 8: Varianza pH 24 h dentro de cada frigorífico entre tropas	55
Figura 9: Varianza del pH 36 h dentro de frigoríficos, entre tropas	56
Figura 10: Varianza pH 24 h, entre frigoríficos	57
Figura 11: Varianza del pH 36 h entre frigoríficos. a, b, c, d, e: (p < 0,05)....	57
Figura 12: Partición recursiva del % de tropas con media de pH \geq 5,8	60

1. RESUMEN

El pH de la carne es de las principales características que determinan la calidad del producto y está influida por un sinnúmero de factores que pueden interactuar entre sí determinando la velocidad de descenso y pH final. El objetivo del presente trabajo fue, identificar y jerarquizar los factores que afectan el pH, así como las distintas fuentes de su variación. Se relevó información en 7 establecimientos habilitados para faena de vacunos en el Uruguay, durante los meses de invierno del 2008. El relevamiento se efectuó mediante la elaboración, ejecución y procesamiento de encuestas realizadas a nivel de plantas frigoríficas, camioneros y productores. Las encuestas aportaron información de las condiciones de producción, características de los animales, condiciones climáticas y transporte de las tropas remitidas. Se realizó la lectura de pH en las medias canales, a las 24 h (en cámaras de frío) y/o 36 h (en el cuarteo), sobre el músculo *Longissimus dorsi* en un total de 2.844 animales. Se calcularon estadísticas descriptivas, correlaciones y varianzas y se utilizó el método de partición recursiva. El porcentaje de canales con $\text{pH} \geq 5,8$ fue del 15 %. La media registrada en cada frigorífico fue inferior al valor considerado rechazo. La correlación en el pH de ambas medias canales tomadas a la misma hora resultó alta: 0,97 y 0,92 para 24 y 36 h, respectivamente, mientras que la correlación entre las lecturas de pH realizadas a las 24 y 36 h, fue significativa, pero media (0,657 $p < 0,01$). Cada frigorífico presentó similares varianzas entre sus tropas y - en general - mostraron una varianza significativamente diferentes entre ellos. El método de partición recursiva explicó el 63 % de la variación en el pH: el frigorífico resultó ser un factor importante en la variación de los valores de pH final. La raza, los km de carretera recorridos (> a 110 km), período entre el arribo del camión a planta y la descarga de los animales (< 32 minutos), tiempo de espera en corrales previo a la faena (>12 h), permanencia en corrales con techo parcial y la estimulación eléctrica de la canal, fueron las variables que más afectaron negativamente las lecturas de pH a las 36 h.

2. SUMMARY

The pH of the meat is of key characteristics that determine product quality and is influenced by a number of factors can interact to determine the rate of descent and final pH. The aim of this study was to identify and rank the factors that affect the pH and the different sources of variation. It gathered information on seven establishments authorized to slaughter cattle in Uruguay, during the winter months of 2008. The survey was conducted through the development, execution and processing of surveys conducted at meat packing plants, truck drivers and farmers. The surveys provided information on the conditions of production, animal characteristics, climatic conditions and sent troop transport. We performed pH reading in the media channels at 24 h (cold storage) and / or 36 h (in the quartering) on *Longissimus dorsi* muscle in a total of 2844 animals. We calculated descriptive statistics, correlations and variances and used the recursive partitioning method. The percentage of carcasses with $\text{pH} \geq 5.8$ was 15 %. The average for each slaughterhouse was less than the value considered rejection. The correlation in the pH of the two half carcasses taken at the same time was high: 0.97 and 0.92 for 24 and 36 h, respectively, while the correlation between pH readings made at 24 and 36 h, was significant, but mean ($0.657 \text{ p} < 0.01$). Each slaughterhouse showed similar variances between their troops and - in general - variance showed significantly different between them. The recursive partitioning method explained 63% of the variation in pH: the fridge turned out to be an important factor in the variation of final pH values. The race, the miles of road trips (> 110 km) and period between the arrival of the truck plant and the unloading of animals (<32 minutes), time-out in pens prior to slaughter (> 12 h), remaining in partially roofed pens and electrical stimulation of the carcass, were the variables that could negatively affect pH readings at 36 h.

3. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

En Uruguay la superficie dedicada a ganadería - en forma exclusiva bovina y ovina - representa el 76 % (13.412.000 hectáreas) de la superficie terrestre total del país (17.621.500 hectáreas). Este valor aumenta a 90 % cuando se considera la superficie agrícola-ganadera (15.860.000 hectáreas) (INIA, 2007).

Desde el año 2000 hasta el 2004, se ha observado un incremento sostenido del stock bovino, que alcanzó 11.958.000 de cabezas. Sin embargo, a partir del 2005 al 2007, las existencias de vacunos han disminuido a 11.625.000. De todas formas, Uruguay es el país con mayor cantidad de vacunos por habitante del mundo: 3.8 cabezas/habitante (INIA, 2007).

El sistema de producción predominante es a campo, a "cielo abierto", siendo la base de la dieta el pastizal nativo. Aunque es baja la proporción de mejoramientos de pasturas en relación a la superficie total explotada, en el período 2002-2007, se ha registrado un incremento del área mejorada tanto en los predios ganaderos (10,3 vs 12 %) como en los agrícola-ganaderos (23,3 vs. 25 %), siendo para ambas orientaciones productivas, las praderas y los campos mejorados los de mayor crecimiento relativo (DIEA, 2008).

La producción de carne vacuna ha mostrado un crecimiento en las últimas décadas, situando a la ganadería uruguaya como de las más competitivas del mundo. Este incremento de la producción se explica fundamentalmente por el aumento de la faena hasta el año 2006, donde creció a valores que alcanzaron los 2,6 millones de cabezas, siendo el mayor registro histórico respecto al ya importante registro de 2004. Por el contrario, en el año 2007 se registró un descenso en la faena nacional a 2,2 millones de cabezas. La composición de la faena es - en promedio - 51 % de novillos, 38 % vacas y el restante 12 % está compuesto por terneros, toros y vaquillonas (DIEA, 2008).

Actualmente Uruguay cuenta con 56 frigoríficos, aunque sólo 25 tienen habilitación para exportar a los mercados más exigentes. Las habilitaciones no son todas iguales y difieren en tipos de productos y mercados a los cuales es posible acceder (Borraz y Rossi, 2008).

El sector cárnico representa el 6 % del PBI y aproximadamente un 40 % de las exportaciones totales (Borraz y Rossi, 2008). Las estimaciones de crecimiento realizadas por el Gobierno en el año 2008, se corroboraron con un incremento de 1 % en el PBI agropecuario de 2009, a precios constantes respecto al año anterior (OPYPA, 2008).

Los destinos de exportación de carne vacuna en el año 2008 registraron modificaciones respecto al 2007. En el 2007 se había presenciado un retorno de las exportaciones nacionales a los países del NAFTA, aumentando su participación a un 60 %. En cambio en el 2008 se

revierte esta situación pasando a representar tan sólo un 10 % del total de las exportaciones. En ese año cobra principal relevancia la Federación Rusa y la Unión Europea, representando - entre ambas - el 60 % de las exportaciones, tanto en volumen físico, como en dólares. También aumentan su participación el MERCOSUR, Venezuela y otros destinos (OPYPA, 2008).

La información proporcionada por la Unión de Exportadores del Uruguay sobre el total de exportaciones cárnicas del país durante 2008 arrojó cifras cercanas a los 306.271.581 kg de carne. Las exportaciones de carne vacuna representaron el 14 % de las exportaciones totales del país (Montossi *et al.*, 2008).

Actualmente Uruguay goza del estatus de "Libre de Aftosa con Vacunación", situación que le permite acceder a ciertos mercados de mayor valor que sus vecinos, también exportadores netos de carne, como Argentina, Brasil y Paraguay (Borraz y Rossi, 2008). A su vez, es uno de los pocos países que a nivel mundial fue declarado por la OIE como "Provisionalmente Libre de EEB", (que constituye - actualmente - la categoría de menor riesgo (INIA, 2007).

El mercado mundial de carnes estará cada vez más orientado en satisfacer los requerimientos de los consumidores en términos de calidad del producto. Por lo tanto la cadena cárnica vacuna del Uruguay deberá diseñar estrategias para diferenciar y agregar valor al producto, lo que constituye oportunidades y desafíos para la inserción del sistema agroalimentario nacional en el mercado internacional (Silva, 2006).

La oferta de productos diferenciados que satisfagan conceptos de conveniencia, inocuidad, valor nutricional e imagen saludable, pasa a ser el objetivo principal del sistema agroalimentario uruguayo (Silva, 2006).

En el año 2003, se efectuó en Uruguay, la primera Auditoria de Calidad de Carne Vacuna (INIA, INAC, CSU, 2003). En ésta se mencionaban problemas que conducían a la pérdida de valor de los productos cárnicos (pH inadecuado, decomisos, heterogeneidad en la terneza del producto, etc.) que generaba ineficiencias y pérdida de competitividad en toda la cadena cárnica vacuna a nivel nacional repercutiendo negativamente en los productos locales de mayor valor a nivel mundial. En dicho estudio, se obtuvo una cuantificación de pérdidas en U\$S/animal, representando los cortes oscuros y el pH la mayor pérdida (U\$S 14,5/animal).

De igual manera, 5 años más tarde, se realizó la 2ª Auditoría de Calidad de la Carne de Bovinos y Ovinos del Uruguay (INIA; INAC, 2008). En este nuevo trabajo, se presentaron - en forma comparativa - porcentajes de incidencia de corte oscuro y pH >5,8 obtenidos en ambas auditorías y una valoración de las pérdidas expresadas en U\$S/animal; información ésta que se presente en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Incidencia de corte oscuro obtenido en las auditorías y las pérdidas por animal.

	Auditoría 2002-2003	Auditoría 2007-2008
Corte Oscuro (% de canales)	18,8	11,1
pH > 5,8 (% de canales)	22,7	14,7
Pérdidas (U\$S/animal)	10,14 *	7,69

*Valores de 2008.

INIA; INAC (2008).

Una de las conclusiones de las auditorías de calidad, referida al producto carne y al problema de cortes oscuros, no hace más que constatar una reducción significativa de las pérdidas entre auditorías del orden del 28-50%. De todas formas, la incidencia de carne con pH alto-cortes oscuros, continúa ubicado dentro de uno de los principales problemas a resolver en el corto plazo. En este sentido se estableció que las causas de tal alteración estaban en las prácticas de manejo pre y *post mortem*, edad de faena y alimentación; como estrategia a seguir para su reducción, se postulaba promover buenas prácticas de manejo, difundir información y disminuir la edad de faena, a través de un manejo bajo protocolo (BMP), capacitación y mejora de los sistemas de alimentación (INIA; INAC, 2008).

A su vez, a la hora de registrar los antecedentes nacionales al respecto, es importante señalar un proyecto entre Facultad de Veterinaria e INIA: *“Estudio de los puntos críticos que afectan el bienestar animal en las etapas previas a la faena”*. En este proyecto se constató la magnitud del problema en Uruguay y se aseguró que las buenas prácticas de manejo de los animales en las etapas previas a la faena, contribuirían a disminuir las pérdidas ocasionadas por los decomisos y cambios de destino de las canales (Huertas, 2004).

Complementariamente, en Uruguay existen pocos experimentos que intenten cuantificar algunos de los factores que influyen en la calidad de la carne vacuna (Carduz, 1996; Soares de Lima y Xavier, 1997; Oyharzábal y Pioli, 2006) u ovina (Bianchi *et al.*, 2004) y - en todos los casos - sin resultados concluyentes.

De acuerdo a lo expuesto resulta inmediatamente obvia, la importancia de contemplar en estudios vinculados a la calidad de carne, el pH y los factores que lo afectan.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para comprender el tema de pH en la carne y la formación de carnes DFD, es necesaria una breve reseña sobre estructura y composición del músculo y su transformación en carne tras la muerte del animal.

4.1. TEJIDO MUSCULAR

4.1.1. Estructura general del músculo

El conocimiento de la estructura del músculo es esencial para entender las relaciones entre las propiedades del músculo y su empleo como carne (Price y Schweigert, 1994).

En este sentido, se observa que rodeando globalmente al músculo se encuentra una lámina envolvente o funda de tejido conectivo que se denomina **epimisio**; de la superficie interna de éste penetran en el músculo septos de tejido conectivo, que separan las fibras musculares en haces de fibras musculares, estos septos separadores constituyen el **perimisio**, en el que se encuentran incluidos los vasos sanguíneos de mayor tamaño y los nervios. Partiendo de la superficie interna del perimisio penetra hacia el interior un entramado de tejido conectivo fino que rodea y enfunda a cada fibra muscular individual (Lawrie, 1998).

La fibra es la unidad estructural esencial de todos los músculos. Son células multinucleadas, estrechas y largas capaces de recorrer todo el músculo de un extremo al otro (Lawrie, 1998). Se disponen paralelamente unas sobre otras, dando lugar al músculo. Contienen ciertas estructuras fibrilares dispuestas longitudinalmente (miofibrillas), compuestas a su vez por finas fibras de proteína (filamentos) (Prändl *et al.*, 1994).

Las miofibrillas tienen la propiedad de acortarse debido a transformaciones químicas reversibles y con ello hacen posible la contracción muscular. Estas estructuras están formadas por unidades estructurales idénticas enlazadas longitudinalmente y se denominan sarcómeros (Prändl *et al.*, 1994).

El sarcómero posee un disco en cada extremo denominado disco Z, y está compuesto por cuatro tipos de grandes moléculas proteicas responsables de la contracción muscular. Existen numerosos filamentos delgados de proteínas, la actina, que se unen a los discos Z y se extienden hacia el centro del sarcómero. Cada filamento de actina está formado por dos cadenas de actina y otras dos de tropomiosina unidas entre sí formando una hélice. De forma intermitente a lo largo de las moléculas de una proteína globular denominada troponina, con afinidad por los iones Ca^{++} . Entre los ligamentos de actina existen otros más gruesos de la proteína miosina. Ésta también está formada por hélices proteicas y contiene puentes de unión intermitentes que interactúan con la actina para acortar el sarcómero (Cunningham, 2003).

La fibra muscular se encuentra revestida por el sarcolema, que es una delicada membrana inmediatamente debajo del **endomisio** (Price y Schweigert, 1994). Las miofibrillas están inmersas en un fluido, el sarcoplasma (Prändl *et al.*, 1994). En el sarcoplasma, se encuentran algunas estructuras formales, los orgánulos, que incluye mitocondrias, lisosomas, peroxisomas y los cuerpos lipídicos sarcoplásmicos (Lawrie, 1998).

4.1.2. Composición química

4.1.2.1. Proteínas:

Para entender el papel que juegan las proteínas en los tratamientos pre *mórtem*, *post mortem* y de procesado, es necesario conocer la química básica de estas proteínas y cómo las características del músculo y de la carne dependen de ella (Price y Schweigert, 1994).

Las proteínas del músculo se pueden clasificar en grupos discretos dependiendo de su localización. Aquellas que forman parte del aparato contráctil son tipificadas como proteínas miofibrilares (miosina, actina, troponina, tropomiosina, actinina, proteínas C, M, F e I, miomesina y las proteínas de los filamentos de desmina, proteína Z y titina. Las proteínas sarcoplásmicas incluyen todas las enzimas metabólicas de la célula muscular (ya sean las de las mitocondrias como las localizadas libres en el seno citoplásmico), el pigmento mioglobina y los componentes proteicos del núcleo y de los lisosomas. Todas las proteínas de tejido conectivo se encuentran fuera de la fibra muscular y constituyen la matriz extracelular, que ofrece soporte y rigidez al músculo vivo, y que se relaciona posteriormente con la dureza de la carne. También hay proteínas de membrana ya sea en el sarcolema, en las membranas del núcleo, de los lisosomas y otros (Price y Schweigert, 1994).

4.1.2.2. Grasas:

Es el componente mayoritario de la canal de los animales de abasto, superado sólo por el contenido de agua. Comprende entre el 18 – 30 % del peso de un bovino. La grasa es la forma energética más concentrada accesible a la vida animal. El término grasa animal comprende usualmente todas las especies de lípidos, incluyendo triglicéridos (tipo dominante), fosfolípidos, esteroides y ésteres de esteroles y otros lípidos si están presentes. Los lípidos se encuentran en el espacio intermuscular e intramuscular, en el tejido adiposo, en el tejido nervioso y en la sangre (Price y Schweigert, 1994).

4.1.2.3. Carbohidratos:

Los carbohidratos constituyen uno de los principales grupos de compuestos orgánicos de la naturaleza, siendo más abundantes en los tejidos vegetales que en los animales. El contenido en glúcidos en el tejido animal no supera el 1 % del peso vivo (Price y Schweigert, 1994).

Excluyendo al colágeno, quizás sean los carbohidratos del músculo quienes influyan en mayor medida en las propiedades de la carne. La cantidad de glucógeno presente al sacrificio y la velocidad y extensión de la glicolisis *post mortem*, afectan el color del músculo, la terneza, la firmeza, la capacidad de retención de agua, la capacidad emulsificante y su vida útil. Además, los glicosaminoglicanos y proteoglicanos, que son glúcidos unidos a otras moléculas y que están asociados a la matriz extracelular de los tejidos conectivos, contribuyen indudablemente a la dureza de la carne (Price y Schweigert, 1994).

El carbohidrato más abundante del músculo es el glucógeno, el cual constituye el "depósito de energía" (Prändl *et al.*, 1994). Son macromoléculas compuestas por residuos de glucosa. Aunque existe en todas las células, es más abundante en el hígado (2-10 % del peso del órgano). El contenido normal en el tejido muscular esquelético es del 0,5-2 % (Price y Schweigert, 1994).

4.1.2.4. Compuestos inorgánicos:

Los constituyentes inorgánicos juegan un papel significativo, directa o indirectamente, en la conversión de músculo en carne. La velocidad y magnitud de la gluconeogénesis afecta profundamente a los atributos de la calidad final. La concentración de compuestos fosfato inorgánicos y de alta energía regula las reacciones glucogenolíticas. El calcio, el magnesio, el sodio y el potasio están relacionados directamente con el proceso de contracción en el músculo; el magnesio, y particularmente el calcio, contribuyen en el estado de contracción post-mórtem, afectando la dureza de la carne. Además, los iones antes mencionados, afectan la capacidad de retención de agua por su contribución en los efectos estéricos (Price y Schweigert, 1994).

Muchas proteinasas que contribuyen en la hidrólisis proteica de algunas proteínas miofibrilares, tras el sacrificio son activadas por el calcio. Se ha encontrado que estas proteinasas degradan muchas proteínas musculares y han de jugar un papel en el recambio proteico durante la vida del animal y en la disminución de la dureza asociado con la proteólisis *post mortem* (Price y Schweigert, 1994).

El fósforo, en forma de fosfato es un componente de los ácidos nucleicos, de co-enzimas y nucleótidos. Estos compuestos intervienen en la biosíntesis, en la contracción y el movimiento, en el sistema de transferencia de energía vía ATP - ADP o vía creatina (Price y Schweigert, 1994).

4.1.2.5. Agua:

La carne contiene alrededor de un 70 % de agua que, en su mayor parte, está en forma de agua libre. (Prändl *et al.*, 1994). Su contenido de agua varía con el grado de engrasamiento de la canal. La proporción entre proteína y agua es casi constante en un amplio rango de contenido graso (Price y Schweigert, 1994).

4.1.3. Fisiología de la contracción muscular:

Los elementos contráctiles fundamentales son los filamentos intercalados de actina y miosina. Estos filamentos pueden resbalar libremente los unos entre los otros en estado de relajación (Price y Schweigert, 1994).

En estado relajado, los puentes cruzados de los filamentos de miosina no se unen a los filamentos de actina gracias al complejo Mg-ATP. Durante la contracción, el complejo Mg-ATP es degradado, permitiendo la unión entre los filamentos de actina y los puentes cruzados de la miosina. El resultado final es el acortamiento conforme los puentes cruzados de la miosina arrastran a los filamentos de actina al interior de la banda, lo que supone un acortamiento de la longitud del sarcómero (Bendall, 1969; citado por Price y Schweigert, 1994).

Durante la primera fase de la contracción, los iones Ca^{++} son liberados del retículo sarcoplásmico y forman quelatos entre el ATP del polipéptido extendido (puente cruzado) y el ADP unido a la F-actina. Esto produce la formación de puentes electrostáticos entre los filamentos de actina y miosina, que neutralizan la carga del puente cruzado. La neutralización de cargas permite contraerse al polipéptido previamente extendido, formando una α -hélice más estable que induce el arrastre de los filamentos de actina hacia el interior de la banda A, produciéndose así una contracción cuántica. La contracción de polipéptido del puente cruzado entrega el ATP a la ATPasa, que lo hidroliza y rompe el puente entre la actina y la miosina. Después el ATP re-sintetizado, y el ciclo de extensión de la cadena polipeptídica y posterior formación de una α -hélice continúa hasta que los iones Ca^{++} son bombeados fuera del sistema o se agota el ATP (Price y Schweigert, 1994).

La contracción se inicia cuando un estímulo nervioso despolariza el sarcolema y se transmite hacia dentro a lo largo de los túbulos-T hasta las cisternas terminales y después a las tríadas del retículo. Los iones calcio entonces se liberan e inmediatamente estimulan la degradación del ATP por la ATPasa de los filamentos de miosina (Bendall, 1963; citado por Price y Schweigert, 1994). En este punto el músculo se relaja - si hay suficiente ATP - para actuar como lubricante (Price y Schweigert, 1994).

La energía liberada por la degradación del ATP se emplea en tres cosas: (1) para hacer funcionar la bomba de Na/K de las membranas, que origina el potencial de acción para la despolarización; (2) para poner en marcha la bomba de Ca^{++} en el retículo sarcoplásmico; y (3) para proporcionar la energía para la propia contracción muscular (Price y Schweigert, 1994).

Cuando la demanda de energía excede la capacidad de aportar oxígeno a la velocidad suficiente para mantener la re-síntesis oxidativa de ATP, éste habrá de ser re-sintetizado anaerómicamente. El producto final de la glicolisis anaerobia es el ácido láctico, que conforme se acumula inhibe la posterior contracción (Price y Schweigert, 1994).

En el músculo vivo el combustible para producir el ATP son los ácidos grasos libres (AGL), la glucosa que se encuentra en la sangre y el glucógeno que se almacena directamente en las fibras musculares. En un animal en ayuno, los niveles de AGL circulantes que provienen de los triglicéridos depositados en el cuerpo son bajos y la más usada es la glucosa. El glucógeno se moviliza sólo cuando los niveles de AGL y glucosa no proveen energía suficiente para la contracción muscular (Usaqui, 2008)

4.1.4. Transformación del músculo en carne

4.1.4.1. Cambios químicos

La química de los cambios *post mortem* en el músculo es esencialmente la de los compuestos fosforilados ricos en energía y la de los mecanismos involucrados en su síntesis y degradación. El ATP, ADP y creatin fosfato (CP), proporcionan las fuentes de energía inmediata para la contracción muscular (Price y Schweigert, 1994).

La función de CP es suministrar puentes ricos en energía para refosforilar al ADP para formar ATP, siendo comprensible que se agote rápidamente tras la muerte (Bodwell *et al.*, 1965; citado por Price y Schweigert, 1994). Por otra parte, probablemente el ATP se mantenga a niveles relativamente altos durante muchas horas *post mortem*, dependiendo de las condiciones existentes en el músculo en el momento del sacrificio. De este modo los compuestos ricos en energía, así como su destino tras la muerte, desempeñan un importante papel en las propiedades del músculo para su conversión en carne (Price y Schweigert, 1994).

La glicolisis es la hidrólisis de la glucosa para dar lugar a ácido láctico en ausencia de oxígeno. La glucosa generalmente proviene de la hidrólisis del glucógeno muscular. Estos cambios *post mortem* son fases esenciales en la conversión del músculo en carne. Por medio de una serie de reacciones, la energía química potencial de la glucosa se emplea en la síntesis de ATP (White *et al.*, 1964; citado por Price y Schweigert, 1994).

La glicólisis facilita la rápida obtención de ATP en condiciones anaerobias como las que ocurren en el músculo vivo en momentos de estrés, o tras la muerte hasta que el glucógeno muscular se haya disipado.

En condiciones anaerobias el piruvato es reducido a lactato, produciéndose dos moles por mol de glucosa oxidada. *In vivo*, el lactato puede difundir a otros tejidos y ser eliminado por el sistema circulatorio. El lactato formado durante la glicólisis en el organismo vivo durante la contracción puede ser convertido en glucosa por el hígado vía gluconeogénesis, o puede ser nuevamente degradado para producir ATP o ser utilizado para sintetizar glucógeno (Price y Schweigert, 1994). Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que el mismo debe utilizar un metabolismo anaeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. El ácido láctico formado a

partir de la degradación de glucógeno ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo tanto va a provocar el descenso del pH muscular (Warriss, 2003).

Así, la acumulación de ácido láctico y el descenso del pH que resulta en el músculo *post mortem* dependen fundamentalmente de la cantidad de glucógeno presente en los tejidos en el momento del sacrificio (Price y Schweigert, 1994).

En este estado el músculo pierde la capacidad de contraerse, y hay una libre difusión de iones a través de las membranas hasta ahora impermeables. El resultado es una rápida ecualización del pH a lo largo de los tejidos. A partir de este momento, la glicólisis continúa a una velocidad menor hasta que se gasta todo el glucógeno o el pH baja lo suficiente para inhibir completamente las enzimas glucolíticas. Esto ocurre a un pH cercano a 5,4 (Bate-Smith, 1948; citado por Price y Schweigert, 1994). La degradación del glucógeno cesa a este pH, pese a que todavía exista glucógeno susceptible de ser degradado (Price y Schweigert, 1994).

El pH es uno de los parámetros que tiene importancia en todo el proceso biológico de la transformación del músculo en carne, condiciona sus características organolépticas e influye también en las características tecnológicas (capacidad de retención de agua, aptitud para la conservación y transformación (Franco, 1997).

4.1.4.2. *Rigor mortis*

El desarrollo del *rigor mortis* ocurre poco después de la muerte y se caracteriza por la rigidez e inextensibilidad de los músculos (Price y Schweigert, 1994). Se caracteriza por el aumento de la consistencia mecánica, disminución de la elasticidad y acortamiento del músculo. Es una contracción fisiológica irreversible (Bartels, 1971).

Después del agotamiento de las reservas de glucógeno y de la CP se produce una rápida disminución de la concentración de ATP, con lo cual el efecto suavizante de éste desaparece. El músculo pierde su flexibilidad y elasticidad, su extensibilidad se reduce hasta alcanzar solamente en un 5-10 % por encima de su longitud normal. De esta forma el músculo llega al estado de *rigor mortis* (Prändl *et al.*, 1994).

El grado de rigor está determinado solamente por la cantidad de ATP, no por el valor de pH del músculo. Es posible tener rigor en músculos en los cuales el pH es aún alto si el animal ha sido estresado pre faena, en estos casos es referido como rigor alcalino (Warriss, 2001)

El tiempo que demora en desarrollarse el rigor, estará relacionado a factores que afectan el nivel de glucógeno y de CP al momento de la muerte y al rango de metabolismo muscular *post mortem*. En los animales que el glucógeno ha disminuido por sufrir estrés previo a la faena, ocurre más rápido y el grado de desarrollo sería reducido si la canal se enfriara rápidamente (Warriss, 2001). Existe una demora en la instauración del *rigor*

mortis que es única en cada especie, en los bovinos su duración va de 10–12 h y depende del tipo de músculo (Lawrie, 1998).

Luego de un período variable hay una progresiva resolución del rigor y el músculo se torna flácido y extensible, proceso que se completa en tres a cuatro días a temperaturas de refrigeración (Franco, 1997).

4.1.4.3. Maduración:

Una vez alcanzado el punto crítico de la rigidez cadavérica, se inicia un proceso de degradación biológica de la carne, conocido bajo el nombre de “la maduración de la carne” (Falla, 2006). Se define como el momento post -mórtem a partir del cual se verifica un aumento de terneza (Kopp, 1976, citado por Franco, 1997). Entre los hechos que caracterizan la maduración de la carne cabe destacar el desarrollo del aroma y también la modificación del color. Durante este período se deseca la superficie de la carne, aumentando la concentración de sales y favoreciéndose la formación de metamioglobina (Lawrie, 1966).

La carne se mantiene a temperaturas por encima del punto de congelación (0 - -5 °C) durante unos pocos días o varias semanas para mejorar la palatabilidad (Price y Scheweigert, 1994). El tiempo de maduración es un componente fundamental en el desarrollo de los precursores del flavor, a partir de los compuestos de base (lípidos y proteínas). En algunos casos se han registrado aumentos notables en el índice de oxidación de lípidos de la carne más madurada (Bianchi *et al.*, 2008).

La maduración sucede en dos fases, primera fase rápida causada por cambios en los componentes miofibrilares y una segunda fase más lenta causada por el debilitamiento estructural del tejido conectivo intramuscular (Nishimura, 1998; citado por Warris, 2001).

Existen una serie de factores que pueden influir sobre la tasa de ablandamiento que ocurre en la carne, conforme avanza la maduración (Bianchi *et al.*, 2008). El estrés previo a la faena puede aumentar los niveles de calpastatina y produce una carne más dura a través de una reducción en la maduración (Sensky *et al.*, 2001).

4.2. pH Y SU IMPOTANCIA

El pH de la carne es una de las principales características que determinan la calidad del producto y está influido por numerosos factores que pueden interactuar entre sí (Bianchi *et al.*, 2008). Las características organolépticas de la carne están particularmente influenciadas por la tasa de descenso del pH y el pH final que alcance la carne (Depetriz y Santini, 2005).

4.2.1. Calidad de la carne

Es un tema muy amplio y por tanto complejo, pero al mismo tiempo muy generalizado entre productores, industriales, comerciantes y consumidores de carnes. Se define como el conjunto de atributos o cualidades, que debe tener la carne vacuna, apreciadas y demandadas por los consumidores, en la compra de este alimento. La calidad se aprecia y resalta, al final de una cadena productiva, en la cual intervienen varias etapas debidamente concatenadas, influenciadas en cada una de ellas por un numeroso grupo de factores, obteniéndose carnes de distinta calidad, como consecuencia convergente de la interacción de factores en la cadena productiva de este valioso alimento (Téllez Villena, 2005).

Cada uno de los integrantes de la cadena agroalimentaria, desde el productor hasta el consumidor, debe cumplir su función para mantener la buena calidad (Garriz, 2001). Tanto para el productor como para el frigorífico, las características vinculadas con la calidad de la canal parecen tener mayor relevancia que las de la calidad de la carne. En contraste, para los consumidores, los aspectos vinculados con las características organolépticas de la carne parecen ser los determinantes (Koochmaraie *et al.*, 2003).

A nivel mundial, el concepto de calidad de carne comprende cuatro aspectos: 1) características visuales que son usadas para clasificar canales y afectan la decisión de los consumidores al elegir la carne; 2) características comestibles como terneza, jugosidad y sabor; 3) características nutricionales, relacionadas con la proporción de nutrientes, digestibilidad y facilidad de absorción y 4) características de seguridad relacionadas al riesgo de enfermedad o envenenamiento, residuos químicos, antibióticos, hormonas, etc. (Dikeman, 1984).

El atributo sensorial más importante al momento de decidir la compra por parte del consumidor es el color. Depende del contenido y estado de la mioglobina (principal pigmento de la carne). El contacto del oxígeno con la mioglobina forma oximioglobina otorgándole a la carne el color rojo brillante, en ausencia de oxígeno exhibe un color rojo oscuro o púrpura (deoximioglobina). El almacenamiento prolongado en presencia de aire induce la oxidación de la mioglobina dando origen a un compuesto (metamioglobina) que le otorga a la carne un color marrón característico (Geay *et al.*, 2001).

Para los consumidores de carne, la característica determinante de mayor satisfacción es la ternera (Shackelford *et al.*, 2001). Ésta se refiere a la facilidad de corte durante la masticación. Es un atributo muy complejo en el cual participan factores inherentes al animal y al manejo pre y post - faena, así como también la forma de preparación del producto. Entre los factores relacionados al animal, se encuentran el estado de las miofibrillas musculares, la cantidad y el tipo de tejido conectivo y la cantidad de grasa intramuscular o marmoreado. Estos tejidos pueden estar influenciados por el tipo de alimentación otorgada. La ternera se relaciona con el pH en forma cuadrática, siendo mayor cuando el pH de la carne es menor a 5,8 y disminuyendo en el rango entre 5,8 y 6,3. Valores de pH superiores a este último incrementan la ternera de la carne, pero también facilitan su putrefacción (Depetris y Santini, 2005).

La jugosidad representa durante el consumo, la percepción de más o menos sequedad de la carne. Dos son los principales factores: agua y lípidos contenidos en el músculo. La retención de agua en la carne cocida depende del pH y de las condiciones de cocción (Garriz, 2001). Los jugos de la carne juegan un rol importante en la impresión general de la palatabilidad ya que contienen muchos de los componentes del sabor y ayudan al ablandamiento y a la fragmentación de la carne durante la masticación (Huerta-Leidenz, 2002).

El *flavor* es la suma de impresiones olfatorias y gustativas durante el consumo de la carne. Las variaciones en "flavor" son menores que las observadas en ternera, al menos en vacunos. Factores ante - mórtem y *post mortem* determinan esta característica.

Estas características organolépticas son cada vez de más importancia, no sólo porque el consumidor es más exigente, sino también porque la competencia, cada vez más fuerte, se basa principalmente en estos caracteres que, por otra parte, son los más fácilmente apreciables por el consumidor, el cual por lo general demanda una carne con buen contenido en músculo y poca grasa (IPCVA, 2001).

4.2.2. Evolución del pH *post mortem*

La musculatura del animal vivo y sano posee un pH cercano a 7; luego de la muerte se produce una disminución natural del pH, debido a la glicólisis *post mortem* (Gallo, 2003) alcanzando valores de 5,5 – 5,7 a las 48 horas *post mortem* (Pearson y Young, 1989; citados por Garrido y Bañón, 2000).

En la Figura 1 se muestra la velocidad de descenso del pH en el músculo *Longissimus dorsi* bovino para carnes normales y DFD.

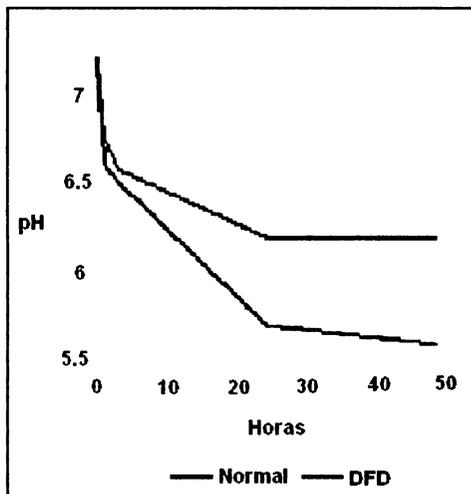


Figura 1: Evolución del pH *post mortem* en el músculo *Longissimus dorsi* bovino. Garrido y Bañón, (2000).

Normalmente se toma una primera medida de referencia tras el sacrificio, denominada pH inicial, pH_{45} si es a los 45 minutos *post mortem* o pH_0 . Será necesario que transcurra más tiempo para se establezcan diferencias significativas en el valor del pH entre carnes normales y DFD, por ello para detectar estas últimas se utiliza una segunda medida de pH a las 24 h post – mórtem, denominada pH_{24} , pH_u o pH_{final} (Garrido y Bañón, 2000).

El pH final debe alcanzarse a través de una glicólisis lenta y completa. Esta disminución lenta del pH aumenta la actividad de las proteasas dependientes del calcio (Hultin, 1993; citado por Franco, 1997). La velocidad e intensidad con que el pH desciende luego de la faena está principalmente determinada por la cantidad de ácido láctico que pueda acumularse a partir de la fermentación del glucógeno muscular (Depetris y Santini, 2005).

El pH se mide en el músculo *Longissimus dorsi* (LD) debido a que este valor muestra una alta correlación entre canales con valores de pH final de 6,0 o mayores en el LD y cortes oscuros en la carne (Munns y Burell, 1965; citados por Tarrant y Sherington, 1980). El músculo LD es frecuentemente más afectado por altos valores de pH y también muestra los más grandes incrementos sobre los valores normales (Tarrant y Sherington, 1980). Los músculos del animal que más trabajo realizan en el periodo previo al sacrificio son los que presentan un pH más elevado *post mortem* (Zimerman, 2008).

El pH_{final} es inversamente proporcional a la concentración de lactato y la concentración de glucógeno inicial es limitante cuando se está por debajo de los 10 mg/g de músculo; si el glucógeno no es limitante, la producción de ácido láctico cesa cuando el sistema enzimático no puede funcionar por el bajo pH (Warriss, 2001). Por lo tanto, el pH muscular resulta ser una medida interesante para cuantificar el nivel de reserva energética en el músculo, además de permitir valorar como ha sido tratado el animal previo al sacrificio (Zimerman 2008).

En el ganado descansando, la concentración de glucógeno en los grandes músculos es cercana a 80 mmoles/g con una alimentación alta en energía. Para alcanzar un pH de 5,5, el contenido de glucógeno muscular debe ser - por lo menos - de 57 mmoles/g (Tarrant, 1988).

La calidad de la carne se deteriora cuando el pH_{final} es igual o mayor a 5,8, y éste es el valor que - en la práctica - la mayoría de las plantas de faena consideran como problema (Gallo, 2003).

Los valores de pH considerados como normales en corderos son de hasta 5,8 (Watanabe *et al.*, 1996 y Devine *et al.*, 2006).

A valores de pH de 5,8 y más, la calidad de la carne fresca enfriada se ve afectada por el crecimiento microbiano (Gill y Newton, 1981; citados por Tarrant, 1988). Por eso, la carne debe tener un pH menor y poder - por ejemplo - ser envasada al vacío para su exportación. Esta menor vida útil de la carne es atribuida a un menor contenido de ácido láctico y glucosa (Price y Scheweigert, 1994).

El pH de la carne se utiliza a menudo como un medio de control de calidad de la carne. Un pH por debajo de un umbral de 5,8 es generalmente exigido para los mercados de carne vacuna refrigerada (Wright *et al.*, 1994; citados por Navajas, 2002). La capacidad de almacenamiento de la carne fresca varía de acuerdo a su pH. La carne de bovino con un pH entre 5,3 y 5,6 es la que permite el almacenamiento más prolongado y hasta un pH de 5,8 la capacidad de almacenamiento se considera relativamente buena (Wirth, 1987; citado por Pantanalli, 2008).

Valores altos de pH (> 6,0) llevan a cortes de carne oscura, firme y seca, que es rechazada por los consumidores debido a su color inaceptable (Abril *et al.*, 2001; citados por Navajas, 2002).

4.2.3. Valoración del pH

El pH en soluciones puede medirse empleando colorantes indicadores o electrodos para medida del pH. La desventaja que tienen estos indicadores es que no son muy precisos a la hora de valorar los pequeños cambios de pH que se producen en la carne (Zimerman 2008).

Las medidas de pH en la canal deben realizarse por duplicado a las 24 h *post mortem* en el músculo *Longissimus dorsi* de la media canal izquierda entre la 4^{ta} y 5^{ta} vértebra lumbar. Para ello, se introduce el electrodo en forma perpendicular al músculo, evitando, en lo posible, el contacto de la sonda con grasa, esperando que la lectura se estabilice, previendo la adecuada limpieza del electrodo (Zimerman, 2008).

4.3. CARNES DFD Y PSE

El metabolismo muscular *post mortem* puede seguir un curso anormal debido a trastornos fisiológicos o a diversos factores exógenos. Una intensa glucólisis muscular antes o después del sacrificio va asociada normalmente a carnes de calidad deficiente (Briskey, 1964; citado por Garrido y Bañón, 2000).

Las carnes PSE (*pale, soft, exudatives*) y DFD (*dark, firm, dry*) son los dos principales problemas de calidad con los que se encuentra la industria cárnica. El defecto PSE ocurre en cerdos sensibles al estrés con adecuado nivel de glucógeno al momento del sacrificio. La carne PSE se caracteriza por presentar un color muy claro, ser blanda y acuosa y tener una estructura abierta (Briskey, 1964; citado por Price y Scheweigert, 1994).

La causa fundamental del desarrollo de la alteración PSE parece ser una mayor velocidad de la glicólisis en los primeros momentos *post mortem*, mientras la temperatura de la canal todavía se mantiene alta (38 °C). La carne se vuelve muy pálida y adquiere una acidez muy pronunciada (valores de pH de 5,4-5,6; Price y Scheweigert, 1994).

Mientras que la carne de corte oscuro se define por el valor de pH de más de 6, medido después de las 12 a 48 h *post mortem* (dependiendo de la especie; Warriss, 2001). Sin embargo, Tornberg (2000), establece que este tipo de carne aparece cuando el pH es sólo superior a 6,2. Beltrán *et al.* (1997), establecieron que si el valor final de pH estaba entre 5,8 y 6,3 la carne era considerada DFD moderada, mientras que si era mayor a 6,3 ya era considerada DFD. Como consecuencia de este fenómeno, ocurre una disminución de la calidad de la carne, aumentando su CRA, deteriorándose el color (carnes más oscuras o DFD) y disminuyendo en forma significativa su potencial de conservación, debido a una incapacidad para restringir el crecimiento bacteriano (Feed, 2004).

El color más oscuro se debe a que existe menos agua libre para reflejar la luz y las enzimas que utiliza el oxígeno son más activas, dando como resultado menos oxigenación de mioglobina superficial y color más oscuro (Page *et al.*, 2001).

Es uno de los problemas de calidad de carne que es provocado por estrés crónico previo a la faena; el estrés reduce las reservas de glucógeno muscular y disminuye la formación de ácido láctico, consecuentemente el pH después de la muerte permanece alto ($\geq 5,8$) en lugar de descender ($< 5,8$; Brown *et al.*, 1990; Gallo, 2003). Se puede presentar en animales sensibles a situaciones de estrés asociado a elevada temperatura ambiental, esfuerzos corporales extremos o fuerte excitación. Las operaciones de captura, carga y transporte, representan situaciones de sobre - excitación y de mayor actividad muscular, suficiente como para una aceleración *ante mortem*, en el consumo de ATP y glucógeno (Prändl *et al.*, 1994).

En el ganado susceptible al estrés cuyas canales presentan la condición DFD se sacrifican antes de que tengan tiempo suficiente para reponer sus

reservas de glucógeno muscular. La reposición de las reservas de glucógeno muscular puede ser lenta y su duración varía. La sustitución de las reservas de glucógeno muscular podría tardar hasta 2 semanas post estrés (Miller, 2007).

Esta situación conlleva a importantes pérdidas para la industria de la carne, tanto por disminuciones de los rendimientos, descensos de categoría de tipificación de las canales y limitaciones en el uso de la carne por su calidad inadecuada (Wirth, 1987; citado por Gallo *et al.*, 2000).

4.4. FACTORES QUE AFECTAN EL pH DE LA CARNE

Son muchos los factores que influyen en la calidad de la canal y de la carne, el contenido de cuáles son realmente relevantes y cuáles no, requiere de trabajos amplios que analicen el problema bajo múltiples puntos de vista (Sañudo, 2006).

En el Cuadro 2 se presentan de acuerdo a un trabajo revisado por Bianchi (2005), cuáles serían los factores más importantes (y también cuáles no) en afectar el pH de la carne.

Cuadro 2: Factores que afectan el pH de la carne.

pH	pH
FACTORES INTRINSECOS O PRODUCTIVOS	
Raza	*
Sexo	0
Edad	*
Músculo	**
Alimentación	*
Tratamientos Hormonales	0
FACTORES PRE FAENA	
Ayuno	***
Transporte pre sacrificio	****
FACTORES POST FAENA	
Estimulación eléctrica	*
Frío	**
Maduración	*
Conservación	*
FACTORES DE COMERCIALIZACION Y CONSUMO	
Preparación de la canal	0
Cocinado	0
Influencia: 0 = Nula, * = Poca, ** = Moderada, *** = Bastante, **** = Mucha, ***** = Fundamental.	

Sañudo *et al.* (1998); citado por Bianchi (2005).

A los efectos de poder detallar los factores que afectan el pH de las carnes es necesario discriminar 2 momentos por los que pasa el animal y/o la carne: *ante mortem* y *post mortem*.

4.4.1. Factores ante - mórtem

4.4.1.1. Factores intrínsecos

4.4.1.1.1. Raza, tipo genético:

En general, la raza es un factor muy considerado en estudios de calidad del producto, sin embargo, sus efectos son menos importantes que los de otros factores. Se considera que cada raza tiene su temperamento, sin embargo éste también está influido por otros factores como la competencia, encierros y la experiencia previa de los animales al manejo; además siempre habrá excepciones para cualquier generalización que se realice sobre este tema (Neidre *et al.*, 1995; citados por Carragher y Matthews, 1996).

La importancia del temperamento con respecto a la calidad de la carne es más obvia durante el manejo pre - faena donde los animales se encuentran frente a ambientes desconocidos y nuevas personas que los manejan. En estas situaciones estresantes los animales más dóciles son menos propensos a lastimarse o disminuir sus reservas de glucógeno muscular (Vanderwert *et al.*, 1985; citados por Carragher y Matthews, 1996).

Voisinet *et al.* (1997), indican que en el ganado con temperamento más excitable se produce mayor incidencia de cortes oscuros, o canales con pH elevados, que en aquellos con temperamento más calmo.

Para Sañudo *et al.* (1999; citados por Garrido y Bañón, 2000), la raza no sería un factor importante de variación del pH final de la carne del ganado bovino, cuyo valor estaría más ligado al manejo de los animales antes del sacrificio. Esto concuerda con lo estudiado por Shorthose (1988), autor que sostiene que la raza no afecta significativamente el pH final en el músculo LD.

Mientras que Franc *et al.* (1988), que mezclaron toros de 21 meses de edad, de tres razas diferentes con el objetivo de observar las respuestas conductuales y relacionarlas con el valor de pH, concluyeron que la raza sí influyó sobre el valor de pH. Las diferencias fueron atribuidas a los diferentes comportamientos de las distintas razas. Los toros Hereford presentaron la mayor frecuencia de topadas, pero las menores frecuencias de monta, mientras que los toros Black-pied lowland fueron los que menos toparon. Con respecto a la actividad de monta, las frecuencias más altas fueron registradas en toros Bohemian-pied y los toros Hereford fueron los más montados. Los valores de pH menores se encontraron en los músculos de toros Hereford y los más altos en los Bohemian-pied.

Otros autores han reportado una mayor incidencia de DFD en *Bos indicus* frente a *Bos taurus*; concluyendo que existiría variación genética en

la incidencia de carne DFD, pero ésta sería pequeña en relación a la variación ambiental (Lorenzen *et al.*, 1992; citados por Shackelford *et al.*, 1994).

Soares de Lima y Xavier (1997), estudiaron el efecto del genotipo sobre pH₂₄ y encontraron que los novillos de la raza Holando presentaron significativamente mayor valor de pH ($p < 0,0005$) que los de las razas Hereford y cruza cebuinas, pero consideraron que los novillos Holando muestreados fueron muy pocos ($n = 38$) como para estimar dichas diferencias con exactitud.

La actividad enzimática también es afectada por la raza. Las razas Indicas se caracterizan por presentar una actividad enzimática inferior a las razas Británicas, por lo que estas últimas presentan mayor actividad proteolítica y mayor terneza (Santini, *et al.*, 2003).

Warriss *et al.* (1995), evaluaron el efecto del transporte y encontraron que novillos de tipo continental tuvieron actividades más altas de creatinín fosfato quinasa (CK) que los cruza Hereford-Friesian, lo que asociaron la mayor muscularidad en los primeros; además el continuo aumento de la CK durante el viaje indicaría mayor sensibilidad al estrés.

4.4.1.1.2. Sexo y categoría:

En el ganado vacuno, Murray (1989), encontró que la frecuencia de la aparición de cortes oscuros disminuía a medida que aumentaba la grasa en las canales. Estos resultados se atribuyen a que las hembras son naturalmente más engrasadas y menos susceptibles al estrés que los machos. El autor explica que el engrasamiento podría estar relacionado con la acción protectora del tejido adiposo con relación al frío, ya que temperaturas más elevadas en el proceso de instauración del *rigor mortis* podrían acelerar el metabolismo muscular y descenso del pH.

Littler y House (2001), señalaron - en su experimento - que los toros presentaban niveles más altos de pH final, seguido por la categoría de vacas, vaquillonas, vacas castradas y finalmente novillos. Los autores establecen que es posible explicar cómo el sexo del animal y la etapa de desarrollo en el que se encuentra al momento del sacrificio afectan la incidencia de cortes oscuros. Atribuyen este efecto a dos factores: el primero explicado por el comportamiento general del tipo de ganado, por ejemplo, el de los toros (montas y peleas por establecer sus jerarquías), y el de montas de vacas y vaquillonas en estro. El segundo está descrito por la demanda nutricional a la que se ve afectado el individuo de acuerdo a su estado fisiológico, como por ejemplo, preñez y lactación en vacas y ganado en periodo de alto crecimiento.

Sin embargo, Navajas *et al.* (1996), encontraron mayores rechazos en novillos frente a vacas. Sus resultados sugerirían que existen interacciones complejas que no fueron incluidas en el modelo utilizado por los autores y proponen la realización de estudios posteriores para ello. Asimismo, Hargreaves *et al.* (2004), obtuvieron información de una muestra aleatoria de 5.067 canales faenadas en dos frigoríficos de Chile, de los

factores estudiados, se observó que los porcentajes de canales con pH > 5,9 eran afectados por el género del animal (11,98 % en hembras y 35,92 % en machos).

El comportamiento de monta de vacas y vaquillonas en estro, las hace particularmente propensas a los cortes oscuros, ya que cuando fueron faenadas presentaron un 40 % de incidencia de canales con pH > 6,0 (Kenny y Tarrant, 1984; citados por Warriss, 1990). Los animales jóvenes, sexualmente inmaduros, tienen pocas características de comportamiento que afecten la calidad de la carne, no son agresivos, ni territoriales ni tampoco activos sexualmente (Carragher y Matthews, 1996). Sin embargo, el comportamiento de los toros (montas, peleas por establecer su jerarquía), debidas en parte a que los toros son más excitables y a una mayor interacción social (aunque se conozcan), sumado a la mayor edad promedio de los toros al sacrificio, hace que éstos presenten mayor incidencia de cortes oscuros (Wythes, 1984).

Kenny y Tarrant, (1988); citados por Tarrant, (1988), realizaron observaciones en el comportamiento de vaquillonas de carne en la planta de faena y encontraron una asociación significativa entre la presencia de celo previo a la faena y los cortes oscuros en las canales (esta categoría presentó una disminución en el glucógeno muscular y cortes oscuros). La variación en el pH final se asoció significativamente con la actividad de monta y concluyeron que por cada monta perdían 0,56 mmoles de glucógeno muscular, destacando la importancia de controlar la actividad física en el ganado.

Un estudio realizado en EE.UU. sobre vaquillonas alimentadas con grano, reportó que esta categoría presentaba niveles de cortes oscuros similares a los novillos. A su vez, en algunos *feed-lot* donde suministraban un progestágeno (MGAÒ, acetato de melengestrol) en el alimento de las vaquillonas con el propósito de incrementar la ganancia de peso y evitar que manifestaran celo. Los cortes oscuros ocurrían cuando el MGAÒ era retirado del alimento al sacrificio, ya que las vaquillonas manifestaban celo (Grandin, 1988).

Shorthose (1988), coincide con que los toros y las vacas son las categorías más propensas a producir carne con pH final alto, frente a los novillos y vaquillonas. Esta diferencia podría ser debida a la mayor edad a la faena que, en general, presentan toros y vacas, pero también existe evidencia de que toros jóvenes faenados a la misma edad que novillos, presentaron valores de pH final más altos que los novillos.

También ha sido reportado que los toros que son mantenidos en corrales individuales pre-faena, producen cuatro a cinco veces menos cortes oscuros que cuando son mantenidos de a dos (Matzke *et al.*, 1985; citado por Warriss, 1990).

La actividad de monta es el comportamiento más asociado con la caída del glucógeno muscular y los cortes oscuros en el ganado, como resultado del ejercicio físico realizado - fundamentalmente - por los músculos del cuarto trasero. Este comportamiento, se ha visto que es estimulado por

el reagrupamiento social, por ejemplo: toros jóvenes mezclados en un corral y también por grupos de hembras en celo (Tarrant, 1988; Tarrant, 1990).

Mc Veigh *et al.* (1982), encontraron que el estrés causado por la mezcla de toros aumentó la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y los constituyentes sanguíneos que responden al estrés.

Mezclando toros de un año con animales desconocidos 16 h antes de la faena, Warriss (1984) observó que las canales DFD ($\text{pH} \geq 6,0$ en el músculo *Longissimus dorsi*) provenían de animales que exhibieron más del doble de comportamientos antagónicos y mostraron más comportamientos dominantes, frente animales que produjeron canales normales. La causa de cortes DFD en grupos de toros mezclados es primariamente conductual. Los depósitos de glucógeno muscular son deprimidos cuando los metabolitos de la sangre son insuficientes para cubrir la actividad muscular intensa o prolongada asociada con conductas antagónicas.

Kenny y Tarrant (1987), lo ilustraron en un trabajo en el cual una reja electrificada sobre la cabeza fue usada para reducir los comportamientos de monta en toros reagrupados en encierros. El enrejado previno la disminución de glucógeno muscular y la disminución del pH final reduciendo la incidencia de DFD a cero, mientras que los animales que no tenían la reja presentaron niveles de cortisol, AGNE y actividad de la CK más altos, sugiriendo una respuesta fisiológica más vigorosa al reagrupamiento.

Los toros que muestran DFD tienen comportamientos más dominantes y agonísticos pre faena y tienen un nivel más alto de CK circulante que indica mayor actividad física (Warriss, 1984). Sin embargo, en condiciones normales no existen diferencias significativas entre sexos en las concentraciones sanguíneas de: cortisol, VGA, glucosa, β -HBA y CK, (Mitchell *et al.*, 1988; Warriss *et al.*, 1995).

4.4.1.1.3. Edad y peso de faena:

Hargreaves *et al.* (2004), indican, que la cronometría dentaria no incide en la aparición de canales con $\text{pHu} > 5,9$. Para evaluar la influencia que podría tener el peso de la canal sobre el porcentaje de canales reprobadas por pH alto, esto autores agruparon los pesos en tres categorías: animales de bajo peso (menores de 218 kg), peso intermedio (entre 218 y 325 kg) y animales pesados (mayores de 325 kg), observando un porcentaje de reprobación significativamente mayor en animales de mayor peso de canal.

No obstante, existe una correlación negativa entre el grado de cobertura grasa y espesor de la misma con el pH final de la canal; Murray (1989), encontró que, las canales que pesaban menos de 272 kg presentaron el doble de incidencia (5,1 %) de pH altos, frente aquellas que pesaban más de 318 kg (2,6 %), observando -además- un aumento en la aparición de carne oscura en las canales con pobre grado de musculación. La cobertura grasa, el peso y la conformación de la canal afectan el color muscular. En canales más pequeñas y más magras, se registró - en este

último experimento – una mayor frecuencia de carnes oscuras. Estos resultados fueron explicados por el autor, en gran medida, por el hecho de que con mayor cobertura grasa se retarda la velocidad de enfriamiento de la canal.

Del mismo modo, Jones y Tong (1989), reportaron en un estudio que incluía 170.534 canales, que fueron agrupadas en tres categorías de pesos (150-275; 276-375 y mayores a 375 kilos), las canales incluidas en el primer rango fueron las que presentaron mayor incidencia de corte oscuro. Poulanne y Aalto, 1981; citados por Jones y Tong, 1989, consideran – también - que existe una asociación entre el aumento de peso de la canal y la grasa con menores frecuencias de cortes oscuros.

Soares de Lima y Xavier (1997), hallaron que la mayor cobertura grasa de sus canales produjo valores significativamente más bajos de pH a las 24 h y – a su vez– aquella mostró efecto sobre la proporción de canales de rechazo por alto valor de pH. De igual forma, Shorthose (1988), encontró una correlación negativa entre el grado de cobertura grasa y espesor de la misma con el pH final de la canal. Esto indica que los animales más flacos son menos capaces de enfrentar el estrés pre - faena.

4.4.1.1.4. Individuo:

Este es un factor que inevitablemente está ligado a otros, como ser diferencias en el metabolismo, morfología, nivel o jerarquía social, grado de susceptibilidad al estrés, o razones genéticas. Estos otros factores pueden afectar los valores del pHu de la carne, y al no ser considerados como una variable independiente no son tenidos en cuenta al momento de analizar el pHu (Zimmerman, 2008).

4.4.1.1.5. Estrés:

El estrés es una respuesta inespecífica del organismo ante cualquier demanda externa cuando los animales se encuentran sujetos a condiciones ambientales adversas que interfieren con su bienestar. La respuesta se puede demostrar por cambios conductuales de los animales que se producen por alguna alteración metabólica, endocrina, nerviosa, circulatoria, respiratoria y/o digestiva (Caballero y Sumano, 1993).

Cualquier condición o fenómeno que suponga un desequilibrio en la vida se considera como estresante y al resultado se lo denomina estrés. Condiciones estresantes son, por ejemplo: miedo, fatiga, anoxia, anestesia, alimentación inadecuada, hacinamiento, inmovilidad forzosa, niveles anormales de intensidad de luz, sonido, humedad, presión o cambios de temperatura. La respuesta al estrés está mediada por hormonas que integran el eje adrenal-hipofisario-hipotalámico, dependiendo de la naturaleza del agente causal (Price y Scheweigert, 1994).

El bienestar de un individuo es un estado fisiológico que le permite adaptarse con éxito en un ambiente dado, La respuesta de estrés es el

mecanismo fundamental que permite a los animales adaptarse a un cambio en su ambiente (Broom, 1983).

Entre los diversos factores que inducen estrés en los animales se han señalado: la privación de alimento, las variaciones de temperatura, el transporte por períodos prolongados, el ejercicio muscular y los estímulos sociales, como es la mezcla de grupos de animales de distinto origen (Mitchell *et al.*, 1988; Shaw y Tume, 1992; Tume y Shaw, 1992).

De la misma manera Crouse *et al.* 1984; citado por Knowles (1999); Warriss (2001), señalan algunos ejemplos que causan estrés crónico: largos períodos de ayuno, fatiga causada por muy largos tiempos de transporte bajo pobres condiciones o por las peleas que ocurren cuando se mezclan animales desconocidos.

Aquellos animales con menor relacionamiento con humanos, posteriormente los hace más temerosos y, por ende, más susceptibles al estrés (Grandin, 1997). Por esta razón, la capacidad de los animales de contrarrestar situaciones de estrés depende, al menos en parte, de su experiencia previa. Las respuestas de miedo a la manipulación de los animales varían de acuerdo a su anterior experiencia de contacto humano, que a su vez está influenciado por los productores y sus actitudes con los animales (Hemsworth y Coleman, 1998).

El estrés en los animales se puede cuantificar mediante dos métodos. El análisis de la conducta animal y a través de mediciones en los tejidos y fluidos del animal (Shaw y Tume, 1992). Cambios fisiológicos asociados a estrés se relacionan con cambios en las concentraciones sanguíneas de cortisol, glucosa, ácidos grasos volátiles (β -hidroxibutirato), volumen globular aglomerado (VGA) e indicadores enzimáticos como la creatinfosfoquinasa (CK). Por ello estas variables se utilizan como indicadores de estrés, especialmente cuando se están comparando valores previos y posteriores a un determinado manejo que se cree induce estrés, siempre que las comparaciones se hagan entre animales de características generales semejantes (edad, raza, sistema de crianza).

Las altas concentraciones sanguíneas de cortisol en las muestras de sangre obtenidas al momento de la sangría, son un reflejo del efecto del manejo previo a la sangría, más que un efecto del noqueo propiamente dicho (Michell *et al.*, 1988).

En un experimento con toros, la concentración de cortisol en sangre fue de 21 ng/ml - al momento de la faena - valor este superior a los valores basales medidos en esta misma categoría en condiciones normales (alrededor de 5 ± 1 ng/ml; Ladewig y Smidt, 1989; citado por Mounier *et al.*, 2006).

En un ensayo realizado por Oyarce *et al.* (2002), los valores iniciales de cortisol fueron mayores que los valores promedio de novillos en reposo ($1,4 \pm 1,2$ μ dL), lo que respaldaría la hipótesis que el manejo previo realizado con los novillos de este experimento, ya sea la segregación de

grupos, arreo y toma de muestras sanguíneas, provocó algún grado de estrés.

Es importante minimizar el estrés de los animales antes de la faena, debido a que en esta condición los animales hacen un uso rápido de las reservas hepáticas de glucógeno para luego comenzar a movilizar el glucógeno muscular como fuente rápida de energía. Muchas veces los esfuerzos por producir carnes de buena calidad pueden no generar el resultado esperado si las condiciones de manejo de los animales antes de la faena no resultan óptimas. Si bien en todos los casos los animales sufren algún grado de estrés previo a la faena debido a la ruptura de su orden social, condiciones de transporte, descanso en el frigorífico etc., las condiciones en que estos procesos se llevan a cabo pueden desencadenar niveles de estrés marcadamente diferentes (Santini *et al.*, 2003).

El estrés ambiental también afecta la calidad de la carne, reflejándose en cambios de pH y color (Gallo *et al.*, 2000; 2001). Del mismo modo Warriss (1992) y Grandin (1996), señalan que el estrés provocado por el manejo a que son sometidos los animales ante - mórtem, tiene un efecto directo sobre el bienestar animal e indirecto sobre la calidad y cantidad de carne producida resultando en carne DFD.

El estrés a largo plazo provoca agotamiento del contenido de glucógeno en el músculo y por lo tanto disminuye la cantidad de ácido láctico formado durante la glicólisis, resultando en pH final superior. Este tipo de carne aparece más oscura cuando el pH supera valores de 6,2 (Tornberg, 2000).

4.4.1.2. Factores extrínsecos

4.4.1.2.1. Sistema de producción:

De acuerdo a Hargreaves *et al.* (2004), los animales criados en praderas pueden llegar al momento de la faena con bajo potencial glucolítico en sus músculos comparados con aquellos criados en *feed-lot*. Esto lo atribuyen al menor contenido energético que tienen los pastos (en general), comparados con la dieta que recibe un animal de *feed-lot*. En estos últimos, el mayor nivel energético de la ración se puede traducir en mayores reservas de glucógeno muscular que pueden evitar la incidencia de cortes oscuros.

4.4.1.2.2. Tipo de alimentación:

La alimentación de novillos con pasto produce en la canal valores de pH más elevados que la alimentación con grano; además, los novillos alimentados sólo con pasto son más susceptibles a estrés que los que reciben grano. La susceptibilidad no sería sólo debida a una menor reserva energética, sino que además los novillos a pastoreo tienen en general menor manejo y contacto con el hombre (Muir *et al.*, 1998).

El ganado engordado en base a pastura es frecuentemente menos manejado que el de *feed-lot*, esperándose que estos últimos animales estén

más acostumbrados al manejo y se estresen menos al ser transportados al frigorífico (Shorthose, 1988).

Una forma de prevenir la depleción de glucógeno muscular y la posterior presentación de canales con pH elevado, es aumentar el porcentaje de energía en la ración, lo que debería realizarse por lo menos 2 semanas previas al sacrificio. Por lo tanto, esta alternativa podría usarse como una medida de manejo tendiente a minimizar la presentación de canales con pH elevado, especialmente si los animales van a ser transportados por períodos largos (Immonen *et al.*, 2000).

Dietas con altas concentraciones de energía tales como las ofrecidas en el engorde a corral (debido al elevado consumo de almidón aportado por los granos), permiten incrementar las reservas musculares de glucógeno, debido a una mayor disponibilidad de propionato para la gluconeogénesis y posterior glucogenogénesis (revisar esto) a nivel muscular. Sin embargo, la suplementación con granos de cereales a animales en pastoreo durante su etapa de terminación, también permitiría almacenar suficientes reservas de glucógeno como para lograr adecuados descensos de pH (Santini *et al.*, 2003).

Mc Veigh *et al.* (1982), trabajando con vaquillonas alimentadas con grano de cebada, registraron niveles significativamente más altos de glucógeno, frente a las alimentadas sólo con heno. A su vez y luego de inyectar adrenalina, el contenido de glucógeno muscular disminuyó en todos los grupos, aunque el glucógeno residual fue significativamente más alto en los músculos de vaquillonas alimentadas con grano, frente con a las que consumieron heno o las que ayunaron. La tasa de recuperación del glucógeno en los grupos alimentados fue significativamente mayor que en el grupo ayunado (7,6 mmol/g/día con cebada, 6,1 mmol/g/día con heno y 1,5 mmol/g/día en ayuno). A partir de los resultados, estos autores concluyeron que tanto el contenido de glucógeno muscular como las tasas de recuperación están influenciados por el tipo de alimentación (alto vs bajo consumo de energía) y por el ayuno.

Immonen *et al.* (2000) y O'Sullivan (2003), llegaron a la misma conclusión con sus animales alimentados con dietas de altos niveles de energía - como las ofrecidas en condiciones de engorde a corral – logrando incrementar las reservas de glucógeno en el músculo y, alcanzando adecuados descensos de pH. De igual forma, la suplementación con granos durante la etapa de terminación incrementa las reservas de glucógeno, permitiendo – así - una adecuada conservación de la carne.

Carduz (1996), reporta que animales alimentados los dos últimos meses previo al embarque con pradera, producen carne con valores más bajos de pH, frente a sus contemporáneos alimentados en campo natural; además con este tipo de alimentación, se atenuarían los efectos de otros factores sobre el pH, como el tiempo de espera y duración del transporte. La misma autora señala que la alimentación con pradera arrojó una disminución significativa en el pH.

Warner, 1987; citado por Shorthose, (1988), señala que el ganado alimentado en base a pasto con asignaciones de forraje por debajo de los requerimientos para mantenimiento por muchas semanas, mostró una menor cantidad de glucógeno muscular, frente aquellos que estaban ganando peso, aunque los valores de pH final fueron similares entre ambas categorías.

Sin embargo, Bidner *et al.* (1981), no encontraron diferencias significativas en el pH *post mortem*, ni el color del músculo *Longissimus dorsi* de 56 novillos Angus y Hereford x Angus que habían sido alimentados con 4 tipos de dieta: pastura, pastura + grano, pastura + grano + 70 días de *feed-lot* y pastura + 74 días de *feed-lot*.

Berge *et al.* (1993), comparando el efecto de distintos aportes de proteína en la dieta sobre la composición y calidad de la canal, encontraron que los valores de pH a las 24 horas estuvieron dentro del rango normal (mínimo: 5,41 y máximo: 5,54) para los tres tratamientos. Las dietas ofrecidas tenían el mismo nivel de energía y 3 niveles de proteína: bajo, medio y alto.

4.4.1.2.3. Manejo previo al embarque:

Tiempo de Ayuno previo al embarque: Los tiempos de ayuno previo a la faena ejercen un efecto directo sobre el bienestar animal e indirecto sobre la calidad de la carne (Warriss, 1992).

Es importante la alimentación previa al envío a faena, ya que puede ofrecer alguna protección contra la depleción de glucógeno muscular. Los resultados encontrados en el experimento de McVeigh y Tarrant, (1982), sugieren que es posible que los animales hayan presentado desde el predio una baja reserva energética, lo que sumado al alto gasto energético durante el ayuno y transporte prolongado, representó un mayor riesgo de encontrar canales con bajo contenido de glucógeno muscular *post mortem*.

Es importante que los animales tengan condiciones adecuadas de alimentación en el predio y que no disminuyan sus reservas energéticas en las semanas previas a la faena, ya que al disminuir el alimento, las reservas de glucógeno en músculo serán menores y cualquier estrés será más grave. Así, se ha visto, por ejemplo, que novillos faenados en invierno, cuando son suplementados con granos, tienen niveles más altos de glucógeno antes de la faena, frente aquellos alimentados sólo con pradera en primavera (Gallo, 2000).

Sin embargo, Sánchez (2006), señala que nunca se debe embarcar ganado excesivamente lleno, por lo tanto, es recomendable suspender la alimentación 12 h antes del embarque y tampoco permitir que los animales tomen agua 2 o 3 h antes de embarque. La razón de la restricción alimentaria previo al embarque se basa en que los animales que están demasiado "llenos" (ya sea de alimentos concentrados, succulentos o incluso agua), en el momento que se embarquen evacuarán en exceso; como resultado, los pisos se ensuciarán, dando mal aspecto a los animales al descargarlos, además de que éstos serán más propensos a presentar

mermas considerables y aumentarían las posibilidades de resbalones y caídas.

Sí se puede – por ejemplo - proporcionar libremente heno seco hasta el momento de la carga, pero los tipos de heno laxantes como el de alfalfa o trébol, no deben suministrarse dentro de las 12 h previas al embarque, aunque los animales estén acostumbrados a ingerirlos (Sánchez, 2006).

Jones *et al.* (1990), trabajando con diferentes tiempos de ayuno (0, 12, 24, 36 y 48 h) en el establecimiento previo a la faena, no encontraron que éstos influyeran sobre el pH en el músculo *Longissimus dorsi*, ni a los 45 minutos, ni a las 24 h post - mórtem, obteniendo sólo una ligera tendencia a aumentos de pH, a mayor período de ayuno. En este mismo trabajo, las pérdidas de peso vivo fueron mayores a medida que aumentaba el tiempo de ayuno, notándose significativamente, a partir de las 24 h en que se les suprimía el agua y la comida; con 12 y 36 h de espera, obtuvieron una disminución de 17,5 y 36,8 g/kg, respectivamente. De acuerdo a estos autores, se necesitaría más tiempo para que ocurrieran las mismas pérdidas, cuando sólo se les suministra agua.

Lister *et al.*, (1981), señalan que ayunos de hasta 3 días disminuyen los lípidos y las reservas de glucógeno hepático. Warriss *et al.* (1995), indican por su parte, que la respuesta al estrés exclusivamente por ayuno es menor que aquella que produce el ayuno junto al transporte, debido a que este último impone efectos adicionales en la química sanguínea.

4.4.1.2.4. Manejo durante el embarque:

El embarque es una de las actividades durante la cual con más frecuencia se presentan lesiones y estrés en el ganado.

Al tratar de embarcar los últimos animales en el camión, es cuando mayormente se presentan problemas, ocasionados por la negativa de estos a saltar a un espacio reducido, apelando el personal a arrearlos con picanas eléctricas portátiles y palos, llegándose a provocar maltrato de los animales por uso de las picanas eléctricas, aplicándose éstas, en áreas como los ojos y el ano (Battifora, 2000).

Los bovinos dependen en alto grado de su visión y son sensibles a los contrastes bruscos entre luz y oscuridad en los corrales y mangas de manejo, razón por la cual con frecuencia se rehusarán a cruzar un área sombreada o de luz muy brillante en una manga (Grandin, 1985).

Las paredes de las mangas de trabajo de una sola fila, las rampas de embarque y los corrales de encierro deben ser cerradas, con esto se evita que el ganado se distraiga con personas, camiones u otros objetos fuera de la manga que percibe con su visión periférica y los animales se moverán con mayor fluidez (Grandin, 1985).

Como a veces el embarque produce "tensión", hay que evitar el apresuramiento y las voces fuera de tono. Nunca debe castigarse a los animales con objetos punzantes, cortantes o que puedan lastimarlos; si es necesario estimular a los animales, es preferible utilizar un látigo de lona liso y ancho (Sánchez, 2006).

Conviene cargar a los animales lentamente, evitando que se aglomeren y dañen con objetos punzantes. A pesar de que a veces el embarque puede resultar exasperante, es necesario actuar con paciencia. Deben evitarse los apuros, los gritos y las peleas. Los animales deben permanecer alojados en corrales donde tengan tranquilidad (Sánchez, 2006).

Los investigadores británicos Trunkfield y Broom, (1990); Knowles, (1995); citados por Grandin (1997), han descubierto que la carga y descarga de corderos o terneros es la parte más estresante del proceso de transporte.

Nunca debe aplicarse estímulo eléctrico en áreas sensibles del animal, tales como los ojos, las orejas, la nariz o el ano (Grandin 1988), con ello no se observa crueldad adrede por parte de los operadores, sino desconocimiento de técnicas de manejo apropiadas.

4.4.1.2.5. Clima y época del año:

Cuando los animales viajan largas distancias pueden experimentar variaciones en las condiciones climáticas. Estas condiciones son extremas en los animales porque ellos no pueden utilizar sus comportamientos normales para evitarlas. El viento reduce la sensación térmica considerablemente y la lluvia aumenta la pérdida de calor de los animales expuestos. Además los que son transportados sufren ayuno; se ha estimado que la temperatura crítica para animales ayunados es de 18 °C, frente aquellos animales con un nivel de alimentación de mantenimiento, que es de 6 °C o con un nivel de alimentación de engorde que es de -1 °C. (Shorthose, 1988).

El clima adverso puede aumentar la incidencia de cortes oscuros. Cuanto más tiempo dure tanto la espera como el transporte o cualquier otro tipo de manejo de los animales, aumenta el riesgo de que ocurran inclemencias climáticas. Los cambios del clima que son propios de la estación afectan en mayor medida a los animales porque no están aclimatados, además la combinación de frío, viento y lluvia, tienen un efecto aditivo (Tarrant y Sherington, 1980).

Soares de Lima y Xavier (1997), encontraron un efecto significativo de la época del año sobre el pH a las 24 h. Estos autores, reportaron los mayores valores de pH en invierno comparado con el otoño (6,05 vs 5,83, respectivamente), así como mayores rechazos de canales por alto pH (78 vs 47 % en invierno y otoño, respectivamente). Dichas diferencias podrían estar explicadas por la temperatura mínima promedio en invierno y a que los animales podrían estar en balance energético negativo debido a retenciones de las haciendas realizadas por los productores con el objetivo de lograr

mejor precio en post zafra, situación que se agrava si los animales provienen de campo natural.

Tadich *et al.* (2003), determinaron el efecto de dos períodos de ayuno en bovinos, ya sea en confinamiento o con transporte terrestre, el estudio comprendió un experimento realizado en invierno y otro en verano. En invierno los novillos tuvieron mayor contacto con personas debido al confinamiento en un patio de alimentación y recibieron avena más ensilaje; mientras que los de verano sólo se alimentaron de pradera y tuvieron menos contacto humano; esto podría explicar por qué este último grupo presentó más susceptibilidad al estrés, concentraciones de glucógeno muscular más bajas y, consecuentemente, más canales con pH \geq 5,8. Estos autores no encontraron información en relación al efecto de la época del año sobre las variables sanguíneas estudiadas. Sin embargo, las diferencias encontradas para las variables VGA, glucosa, β -HBA y CK, presumiblemente están más asociadas a los manejos diferentes de los animales en ambas épocas del año que al manejo experimental.

Con respecto a la estación del año en que se realiza la faena, varios trabajos de investigación han detectado un efecto estacional en la incidencia de DFD, con un aumento en el otoño (Muñiz y Burrel, 1966, citados por Warris 1990; Tarrant y Sherington, 1980) o en verano (Brown *et al.*, 1990). Warriss (1990), atribuye estos aumentos a la severidad del clima o a la pobre calidad de la comida disponible para los animales en pastoreo, este autor considera que el efecto estacional no es demasiado importante y que la mayor influencia se debe a las diferencias en las técnicas de manejo.

Jones y Tong (1989), también encontraron una asociación entre la presencia de cortes DFD y temperaturas más calientes, aunque los registros de precipitación diaria no resultaron significativos.

4.4.1.2.6. Transporte:

El transporte puede influir en forma directa sobre la calidad de la canal y de su carne a través del destare y lesiones; aunque también produce efectos indirectos a través del estrés (ambiente extraño, inadecuadas condiciones de transporte, hambre y clima adverso) que finalmente determinarán la presencia de alteraciones en las características intrínsecas de los músculos (Warriss, 1990).

El ambiente extraño, movimientos dentro del camión, ayuno y otras condiciones adversas que se suscitan durante el transporte provocan estrés en los animales, afectando tanto su bienestar, como la calidad de la carne medida en términos de pH y color (Warriss, 1990; 1992; Gallo, 1994; Grandin, 1994).

Se puede concluir que el transporte asociado al ayuno produce mayores aumentos de las concentraciones sanguíneas de cortisol, VGA, leucocitos y glucosa, frente al ayuno en confinamiento (Tadich *et al.*, 2003).

El ganado puede ser transportado a través de varios medios, pero a nivel comercial la mayoría de las veces es realizado por ruta en camión (Tarrant, 1990; Knowles, 1999).

El transporte y el ayuno producen diversos grados de estrés, según la duración e intensidad del estímulo, desencadenando diversas respuestas fisiológicas y conductuales adaptativas en los animales (Forrest *et al.*, 1979; Lister *et al.*, 1981; Mitchell *et al.*, 1988; Shaw y Tume, 1992; Warriss *et al.*, 1995). De la misma forma, algunos de los factores implícitos en el transporte, tales como: carga, descarga, arreo, hacinamiento, movimiento, ruido, vibraciones, y todos los manejos menores inmediatamente previos al sacrificio, inciden en mayor o menor medida (Gallo 1994; Cockram *et al.* 1996; Gallo, 1996). Warriss (1990), agrega a estas situaciones: cambios de aceleración, temperaturas extremas, reagrupamiento social, confinamiento y sobrepoblación.

La opinión más generalizada es que transportes breves de hasta 4 h tienen un escaso efecto sobre la calidad de la carne valorada a través de su pH a las 24 h post -mórtem, siempre y cuando el proceso se haga bien y no existan traumas innecesarios (Grandin, 2000a).

Largos tiempos de transporte causan una elevación del pH de la carne, el transporte corto (4 h) por ruta no afecta el pH final de la carne, excepto cuando ocurren traumas, como por ejemplo: la caída de un animal al piso debido a una alta densidad de carga. Cuando esto sucede aumenta el machucamiento y los cortes oscuros y el tiempo de transporte largo resulta en pequeños aumentos en el pH final (Wythes *et al.*, 1981; Tarrant, 1988).

María (2005), comparó tres tiempos de transporte cortos (30 minutos, 3 y 6 h) en novillos, registrando valores de pH que variaron desde 5,52 a 5,78; todos los valores hallados por debajo del valor crítico de 5,8. En los viajes de corta duración, tanto en invierno como en verano, los niveles de cortisol no fueron significativamente distintos que los controles. No ocurrió lo mismo en los viajes medios o largos de invierno que mostraron niveles de cortisol significativamente más elevados que los controles y que los viajes cortos.

La respuesta de los bovinos al transporte varía desde una respuesta de tipo moderada y fácilmente identificable, que puede o no afectar el bienestar animal, hasta respuestas extremas que implican dolor y causan gran alteración, tanto del punto de vista del bienestar animal, como por las pérdidas económicas (Tarrant y Grandin, 1993).

Palma y Gallo (1991), encontraron una asociación positiva entre mayor tiempo de transporte y mayor tiempo de ayuno, con la presencia de corte oscuro.

En el experimento de Gallo *et al.*, (2000), la orientación adoptada por los animales dentro del camión fue paralela y perpendicular a la dirección del movimiento. En este sentido, Knowles *et al.* (1999) y Warriss (1990), señalan que estas posiciones son adoptadas para compensar de mejor

manera el movimiento del vehículo. En el experimento de Gallo *et al.* (2000), no se observaron animales caídos durante el transporte de novillos por 3 y 6 h, y sí en el transporte por 12 y 24 h. Esta situación se atribuye a que la energía necesaria para mantener el equilibrio de los animales dentro del camión en movimiento es significativa, por lo cual éstos tienden a echarse o caerse hacia el final de un viaje largo (Warriss, 1990; Knowles *et al.*, 1999; Gallo *et al.*, 2000).

Durante las primeras horas de transporte los animales están ansiosos e inquietos, orinan y defecan más frecuentemente, pero a medida que se acostumbran al nuevo ambiente y hay un nuevo reagrupamiento social, las interacciones iniciales disminuyen gradualmente, en cambio la frecuencia de orina y los niveles de cortisol aumentan a medida que transcurre el transporte (Kenny y Tarrant, 1987).

Además de la duración del transporte, hay que señalar que pueden producirse pérdidas de balance y caídas de animales asociadas a eventos específicos, relacionados ya sea con la estructura del camión y la densidad de carga (Tarrant *et al.*, 1988, 1992) o con la conducción, tales como frenadas y virajes bruscos (Tarrant *et al.*, 2000).

En este sentido se aconseja evitar los viajes largos (más de 12 h) y no usar la densidad máxima permitida en transportes prolongados, para evitar que los animales sufran daños musculares y - como consecuencia - se afecte negativamente la calidad de la carne (Gallo, 2003).

Densidad de carga: Las altas densidades de carga traen consigo inconvenientes como un mayor estrés, un mayor número de contusiones y más animales caídos que las densidades medias y bajas (Tarrant *et al.*, 1992)

La disponibilidad de espacio permitida a los animales en los vehículos de transporte de ganado puede tener un efecto importante sobre su bienestar. Existen presiones comerciales para reducir la disponibilidad de espacios y aumentar las densidades de carga de modo de minimizar los costos de transporte. Sin embargo, las altas densidades de carga dificultan la realización de movimientos de adaptación para mantener el balance en el vehículo en movimiento y también se reducen las posibilidades de termorregulación a altas temperaturas ambientales (Tarrant y Grandin, 1993).

Cuando los animales pierden el balance pueden resbalar o caer en el vehículo, lo que conlleva a la presentación de hematomas en las canales; éstas son motivo de preocupación tanto desde el punto de vista de bienestar animal como de calidad de carne (Warriss, 1990)

Los animales necesitan cierto "espacio individual", y cuando este se ve trasgredido por la cercanía a que se les obliga a tener en el camión, aumentan las probabilidades de producir un estado de estrés en ellos (Grandin, 1994).

Tarrant *et al.* (1988), utilizando distintas densidades de transporte (200, 300, 600 kg/m²), encontraron que a mayor densidad la concentración de cortisol era más alta.

Hacia el final de un viaje largo por carretera (24 h), los bovinos tienden a echarse durante las últimas 4-8 h de viaje, bajo cualquier densidad de carga (Tarrant y Grandin, 1993).

Mezcla de animales: La mezcla de animales es otro de los factores que aparece en la bibliografía como causante de la disminución del glucógeno antes de la faena. Según Warriss (1990), el factor estresante más potente que produce cortes oscuros es la mezcla de animales no conocidos, que resulta en un comportamiento agonista como topetazos, monta en los machos, etc., lo que ocasiona machucamientos. El autor considera que el ganado con cuernos es un problema particular. La mezcla resulta en peleas hasta que una nueva jerarquización social es establecida. Este hecho puede ocurrir en cualquier punto de la cadena de transporte, ya sea en la carga, durante el transporte en sí mismo, en la descarga, en el frigorífico e incluso en el propio establecimiento.

En el experimento de Jones y Tong (1989), se encontraron mayores incidencias de cortes DFD cuando transportaron lotes de ganado mezclados, que cuando transportaron animales que provenían del mismo establecimiento.

En resumen, un factor que aumenta mucho la incidencia de DFD es la mezcla de animales no familiares, ya sea en el establecimiento, en el transporte o en la espera en la planta de faena, promoviendo comportamientos como: topetazos y montas, que disminuyen el contenido de glucógeno en los músculos, principalmente en toros (Wythes y Shorthose, 1984; Tarrant, 1990; Warriss, 1990).

Estrés en el transporte: El transporte es un evento poco familiar para los animales que produce estrés. Durante el transporte los animales son expuestos a factores como: calor, frío, humedad, privación de alimento y agua, sonidos y movimientos extraños (Tarrant y Grandin, 1993).

Cole *et al.* (1988), señalan que el estrés causado por el transporte, más el estrés causado por el ayuno, alteran la función ruminal, los constituyentes bioquímicos de la sangre, así como las concentraciones de cortisol en éste. Estos cambios dependen de la duración del período de transporte.

En el experimento de Tadich *et al.* (2003), el aumento significativo del cortisol en animales sometidos a períodos de ayuno por 16 h fue inesperado, especialmente si se lo compara con los novillos transportados por el mismo período de tiempo que no mostraron aumentos significativos en dicha variable. Esto podría deberse a que las condiciones del encierro o el manejo de estos animales fueron más estresantes que el transporte por el mismo período de tiempo y no necesariamente al efecto del ayuno *per se*; una situación similar habría sucedido en el confinamiento por 3 h en que no hubo diferencias significativas con los animales transportados.

El ligero aumento de cortisol observado -por los autores- en el grupo transportado por 16 h, con respecto al valor inicial se debería a la adaptación de los animales al proceso de transporte, en el cual las concentraciones de cortisol en animales transportados por períodos largos de tiempo disminuyen hasta alcanzar sus valores iniciales (Kent y Ewbank, 1983).

En un estudio realizado por Tadich *et al.* (2000), con 20 novillos y 20 vaquillonas Aberdeen Angus x Hereford de similar procedencia, edad (DL y 2D) y peso (400 kg en promedio), se encontró que transportes de 36 h, con o sin descanso, produjeron un aumento significativo en las concentraciones de cortisol sérico al momento de la llegada a la planta frigorífica. Estos mayores valores de cortisol, también se manifestaron al momento de la sangría, frente a las concentraciones de cortisol en el predio; excepto en los animales que tuvieron acceso a un periodo de descanso, en los cuales se observó una disminución entre los valores obtenidos en el predio y los obtenidos al llegar a la estación de descanso.

En cambio, Knowles *et al.* (1997), no encontraron cambios significativos en las concentraciones de cortisol en terneros menores de un mes transportados por 8, 16 y 24 h. Dichos autores concluyeron que en el caso de estos animales la falta de respuesta podría deberse a: que los terneros no fueron afectados por el transporte o bien a que sus mecanismos de adaptación fisiológica no estaban plenamente desarrollados.

También Galyean *et al.* (1981), son coincidentes en señalar que las concentraciones de cortisol no son afectadas por los diferentes tiempos de ayuno y transporte a que son sometidos los animales.

4.4.1.2.7. Descarga de los animales:

Mounier *et al.* (2006), señalan respecto a la descarga, que ésta resulta más difícil cuando la temperatura es menor; dependiendo también de la carga del camión. Además, en este experimento, la descarga resultó más difícil cuando los toros se habían mezclado inmediatamente antes de la carga en el camión previo a su transporte.

Por el contrario, la descarga resultó más fácil cuando el viaje fue breve y cuando la temperatura era elevada. Los transportes largos dan la oportunidad al ganado de aclimatarse - probablemente - debido a que mientras el viaje progresa, el medio ambiente en el interior del camión se vuelve menos extraño, por tanto, menos estresante. A su vez, durante el viaje las molestias causadas por el calor son estresantes, el transporte de corta duración y el calor pueden dar lugar a animales más perturbados en el camión y, probablemente, más dispuestos a abandonarlo cuando arriban al frigorífico, lo que hace más fácil la descarga. Por lo tanto, la descarga parece depender en gran medida de las condiciones propias del transporte (Mounier *et al.*, 2006).

El uso de la picana en el frigorífico se puede observar desde la descarga del camión, en el arreo de los animales hasta su alojamiento en los

corrales de descanso, en los movimientos para trasladarlo a la manga de la playa de faena y hasta en ésta, para vencer (por problemas de diseño) la negativa de ingresar al cajón de noqueo. La experiencia indica que los animales pueden haber sido tratados con picanas en el momento del encierro y selección en el campo, así como, durante la carga, sobre todo, si el camionero lleva una picana eléctrica que forma parte de la dotación normal de trabajo. El uso de picanas no solamente provoca las lesiones descritas por diferentes autores, caracterizadas por petequias y derrames en el músculo, sino también muy a menudo, a consecuencia de las patadas defensivas de los animales picaneados, que van a dar contra las paredes, caños u otros animales, se producen desgarros, hematomas y contusiones en éstos o en sus compañeros de tropa (Rebagliati *et al.*, 2005).

En el aspecto operacional, en algunos frigoríficos, es común armar sub-tropas (por clasificación de categorías) una vez descendidos los animales. Este manejo les provoca excitación y resistencia extra, con una mayor tasa de caídas. Esto es debido a que se los obliga a romper el vínculo social que los caracteriza como animales de manada, agravado por el hecho de realizarse en un ambiente desconocido (Rebagliati *et al.*, 2005)

4.4.1.2.8. Tiempo de espera pre faena:

El ayuno previo a la faena en los frigoríficos del Uruguay es de alrededor de 12-15 horas en la actualidad, y se realiza habitualmente para disminuir el contenido gastrointestinal y reducir el riesgo de contaminación de las canales al momento del eviscerado, para dar tiempo a la inspección veterinaria en pie y además para facilitar la planificación de la faena (del Campo, 2009).

La espera en matadero es un factor fundamental ya que durante la misma se generan diversas situaciones estresantes para los animales (Marahrens *et al.*, 2003).

La media de la estancia en frigorífico es - dependiendo de la especie - de 9 - 10 h previos a la faena, normalmente durante la noche. No obstante, existen plantas que sacrifican los animales con tiempos de descanso significativamente menores. En este sentido resulta importante señalar estudios que sugieren que los problemas en el pH final de la carne y en la consecuente incidencia de cortes oscuros, aumenta significativamente conforme lo hace el tiempo de estancia de los animales en frigorífico (Bianchi y Garibotto, 2005).

Bianchi *et al.* (2004). no obtuvieron diferencias significativas con 0.9 y 21 horas de espera en corderos pesados, sin embargo reportaron una tendencia a obtener mayor pH a mayor tiempo de espera

Con respecto al tiempo de permanencia de los animales en corrales previo al sacrificio, Hargreaves *et al.* (2004), realizaron un relevamiento en distintos frigoríficos vacunos de Chile con el objetivo de identificar los factores que inciden en la aparición de cortes oscuros. Para ello, dividieron el tiempo de espera en los corrales en tres categorías: un día, entre uno y

dos días y más de dos días. Estos autores observaron que la incidencia de cortes oscuros difiere significativamente entre los animales que habían permanecido menos de un día, frente a aquellos que habían tenido una espera mayor de un día. Los autores explican sus resultados señalando que los animales que permanecieron más de un día perdieron gran parte de sus reservas de glucógeno debido a los factores de estrés a los que estuvieron sometidos.

El transporte produce "tensión" en los animales lo que se traduce en congestión de masas musculares y disminución de reservas de glucógeno. Si estos animales se sacrifican inmediatamente después de su llegada, darán carne de mala calidad; esto se debe a que las masas musculares no tendrán la acidez adecuada porque el sangrado será incompleto. Los cambios musculares que ocurren por el transporte no se normalizarán si no existe un período de descanso adecuado (Sánchez, 2006).

El tiempo de espera permite descansar al animal, recuperándose del viaje, adaptándose al nuevo ambiente, de este modo puede recuperar las concentraciones de glucógeno muscular (Wythes y Shorthose, 1984).

De todos modos, ha sido establecido que se necesitan entre 3 y 11 días para llegar a las concentraciones iniciales, dependiendo del sexo del animal, el mecanismo de depleción y la comida ofrecida en el período de recuperación (Mc Veigh *et al.*, 1979; Lacourt y Tarrant, 1980; Mc Veigh y Tarrant, 1980; citados por Warriss, 1990).

El descanso es efectivo cuando los animales no son perturbados por los ruidos y las actividades del frigorífico, si se dan estas condiciones las concentraciones de glucógeno muscular se recuperan y el pH final llega a 5.5 (Wythes y Shorthose, 1984).

En el experimento de Tadich *et al.* (2003), los valores de cortisol en novillos confinados en ayuno por 16 h resultaron mayores, frente a los que estuvieron confinados durante 3 h.

En otro experimento, estos autores encontraron -- también en novillos - que el encierro aumentó los valores de cortisol en plasma y hematocrito, independientemente de la duración del transporte (Tadich *et al.*, 2005).

Sin embargo, cuando durante la espera se mezclan animales de diferentes orígenes las interacciones sociales no permiten una adecuada recuperación (Wythes y Shorthose, 1984).

El tiempo total desde que se encierran los animales en el establecimiento hasta la faena parece afectar la calidad de la carne. En efecto, en un estudio con 6.400 animales, la incidencia de pH alto aumentó a medida que lo hacía el tiempo de encierro: cuando pasó menos de un día, la incidencia fue de un 6 %, pero ésta aumentó a: 10, 20 y 25 % con 1, 2 y 5 días, respectivamente (Shorthose, 1980; citado por Wythes y Shorthose, 1984).

Soares de Lima y Xavier (1997), señalan que existe efecto significativo del tiempo de espera sobre el pH a las 24 h. Los animales que fueron faenados con menor tiempo de espera (12 h), presentaron valores de pH₂₄ significativamente más bajos, respecto a los grupos que esperaron 36 o 60 h.

Hargreaves *et al.* (2004), realizaron monitoreos en plantas de faena sobre 5.067 animales muestreados y encontraron un mayor porcentaje de desaprobación por pH $\geq 5,9$ en las canales provenientes de animales que esperaron más de un día en los corrales de descanso para ser faenados. Estos autores señalan que el animal pierde gran parte de sus reservas de glucógeno debido a los factores de estrés que se van sumando en momentos que el animal debería estar descansando en el corral previo a ser sacrificado.

Shorthose *et al.* (1972), trabajaron con novillos a los que alimentaron por 2 o 4 días con acceso al agua *ad libitum* en el frigorífico, luego de un viaje largo (322 km en camión, seguido por 42 h en tren) en el cual los animales ayunaron 4 días, y como resultado el pH₂₄ en el músculo *Longissimus dorsi* fue significativamente mayor en el lote que esperó con comida y agua por dos 2 días, comparado con el lote que esperó por 4 días. Los porcentajes de animales con pH₂₄ en el músculo *Longissimus dorsi* por debajo de 5,8 fueron significativamente mayores para los grupos que descansaron por 4 días (90 y 95 %), comparado con los que descansaron 2 días (60 %, para aquellos que tenían sólo agua y 50% para los que tenían agua y comida). Los autores concluyen que el efecto de aumentar el tiempo de espera en frigorífico sobre las propiedades de la carne luego de un viaje largo, depende de las condiciones de los animales previo al transporte, las condiciones del transporte, el consumo de alimento y las condiciones de descanso durante el tiempo de espera en frigorífico previo al sacrificio.

Wythes *et al.* (1980), detectaron una significativa reducción en el pH del músculo *Longissimus dorsi* de los animales que descansaron 2 días con agua, comparados con los que descansaron 1 día previo a la faena luego de un viaje largo de 1.420 km.

Wythes *et al.* (1981), compararon el efecto de la alimentación en frigorífico sobre los atributos de la canal y el pH muscular. Dos grupos se mantuvieron en ayuno, de los cuales uno fue sacrificado a los 3 días de permanencia en los corrales de espera del frigorífico, mientras que al otro grupo se faenó a los 5 días junto a otros dos grupos alimentados con 3 ó 10 kg de heno por día. Los tratamientos no afectaron significativamente el pH del LD. Aunque las diferencias en el peso de la canal no difirieron significativamente, los autores sugieren que alimentar en el tiempo de espera es una ventaja, conforme registraron una fuerte tendencia a aumentar el peso de la canal a medida que aumentaba el nivel de alimentación, reflejando una reducción en el catabolismo tisular.

Flores y Rosmini (1993), evaluaron el efecto de 24 y 48 h de tiempo de espera pre faena - sin comida - en la evolución del pH muscular *post mortem* y la glicemia en el momento del desangrado de 64 novillos Holando

de 180 kg. Los bovinos con menor tiempo de espera mostraron un descenso del pH más cercano al normal, con una tasa de disminución más lenta, habiendo diferencias significativas entre el pH₁₂ y pH₂₄, sugiriendo que el pH aún sigue bajando. En cambio, los bovinos con más tiempo de espera presentaron un descenso más brusco a partir de pH₁, pero no difirieron estadísticamente entre sí en el pH₁₂ y pH₂₄, lo que indicaría que la disminución del pH de la carne finalizó en este grupo. Además, encontraron una alta correlación entre el valor de glucosa en sangre en el momento del sacrificio y los valores de pH.

4.4.1.2.9. Sacrificio:

En el momento del sacrificio los animales deben estar sanos y fisiológicamente normales. Los animales que se van a sacrificar deben haber descansado adecuadamente, en lo posible toda la noche, y especialmente si han viajado durante muchas horas o largas distancias. Los animales deben recibir agua durante este tiempo y pueden ser alimentados en caso necesario. El período de espera permite identificar a los animales lesionados o que han sufrido, y poner en cuarentena a los enfermos (FAO, 2001).

El objetivo de insensibilizar al animal antes de sangrarlo es lograr que éste pierda instantáneamente la conciencia y no la recupere antes del desangrado, de manera que no sienta dolor, se inmovilice y sea más fácil y seguro para el operario manejarlo. Entre los indicadores que se pueden usar para determinar los efectos de la insensibilización o noqueo sobre el bienestar animal están los fisiológicos, tales como: los niveles sanguíneos de cortisol, glucosa y lactato medidos en el momento del desangrado (Tadich *et al.*, 2002).

Otro aspecto importante desde el punto de vista de bienestar animal, es el tiempo que transcurre entre el noqueo y desangrado, período que debe resultar mínimo. En este sentido, Warriss (2004), señala que debería ser menor de 30 segundos; período coincidente con lo señalado por Gallo y Tadich, (2008).

Con el aturdimiento se busca evitar una muerte cruenta del animal y facilitar una buena sangría. En este hecho se impiden daños en la calidad de la carne. Existen varios tipos de aturdimiento entre los cuales se encuentran: pistola neumática, pistola de perno cautivo, electronarcosis y gases. Está prohibido el uso de puntillas, mazos u cualquier otro tipo de elemento que provoque una insensibilización cruenta del animal. En la actualidad, las técnicas modernas recomiendan el uso de pistola neumática o - en su defecto - el uso de pistola de perno cautivo, sobre todo para bovinos; en porcinos, se recomienda el uso de la corriente eléctrica, proporcionada mediante equipos especiales que regulan el voltaje y el amperaje para producir una insensibilización no cruenta del animal (Falla, 2006).

La mayoría de los países desarrollados, y muchos en vías de desarrollo, cuentan con leyes que exigen el aturdimiento anterior al sacrificio, con la excepción del sacrificio ritual - autorizado - como *kosher* y *halal*. En algunas circunstancias, el sacrificio tradicional puede estar exento de

aturdimiento previo, pero sea cual fuere el método de aturdimiento, el animal debe estar insensible por un tiempo suficiente y así el desangrado pueda ocasionar una muerte rápida por pérdida de oxígeno al cerebro (anoxia cerebral; FAO, 2001).

En el sacrificio de animales por el rito judío (*kosher*) y musulmán (*halal*), generalmente no es permitido el aturdimiento y el animal es desangrado directamente con un cuchillo afilado, usado para cortar la garganta y los principales vasos. Se produce una hemorragia masiva, con pérdida de conocimiento y por último la muerte. Sin embargo, muchas autoridades consideran que el sacrificio religioso no es satisfactorio, ya que el animal posiblemente sufra mucho dolor (FAO, 2001).

Los animales sacrificados de acuerdo a los requisitos *kosher* o *halal* deben estar inmovilizados, especialmente la cabeza y el cuello, antes de cortarles la garganta. El movimiento puede causar un mal corte, mal desangrado, pérdida lenta del conocimiento (si es que se presenta) y dolor. Esto tiene serias implicancias para el bienestar del animal. El cuchillo usado para cortar la arteria carótida y la vena yugular debe estar muy afilado, liso y sin imperfecciones. De esta manera se asegura un corte rápido y completo de la garganta, por debajo de la mandíbula, con una pérdida masiva y repentina de sangre. Un mal desangrado conduce a una pérdida muy lenta de conocimiento y reduce la calidad de la carne (FAO, 2001).

4.4.2. Factores *post mortem*

4.4.2.1. Refrigeración

Aunque la mayoría de los procesos de enfriado de canales tienen como principal objetivo garantizar la seguridad e inocuidad alimentaria al inhibir el crecimiento bacteriano, se sabe que el manejo de la temperatura también tiene gran influencia sobre las características finales de la carne (Lawrie, 1998).

La temperatura interna del musculo *Longissimus dorsi*, tomada a las 10 h *post mortem* debe ser igual o superior a los 10 – 12 °C. Sólo después de esa hora el enfriamiento debe continuar a la mayor velocidad posible con el fin de alcanzar los 7 °C en el interior del músculo a las 24 h (Teira, 2004).

La utilización del frío en la conservación de las canales es el método técnico de preservación de las características organolépticas de la carne. La refrigeración se debe utilizar inmediatamente después del proceso de sacrificio de los animales y mantenerse hasta el consumo final. La refrigeración tiene como objetivo principal detener el crecimiento bacteriano y – además - favorecer la maduración de la carne (Falla, 2006).

El ritmo de enfriamiento de las canales tiene efecto sobre el pH de la carne, debido a que la actividad de las enzimas es dependiente de la temperatura. El grado de enfriamiento incide sobre la caída del pH por la producción de ácido láctico, lo que afecta la velocidad de instauración del *rigor mortis* (Zimmerman, 2008).

El manejo de enfriado rápido representa ventajas económicas que incluyen la disminución de los tiempos de refrigeración y menor pérdida por goteo. A pesar de estos aspectos positivos, dicha técnica no se aplica habitualmente debido a que suele estar acompañada de una disminución de la ternura, situación que se piensa es causada por el acortamiento por frío. Para que esto no ocurra, es importante asegurar que la temperatura de la canal no esté por debajo de 10°C, antes de 10 hs *post mortem* o antes de que el pH descienda a valores de 6.0 (Aalhus *et al.*; 2001)

Existe un procedimiento eficaz para evitar el acortamiento por el frío y la dureza resultante de la carne: eliminar la energía química de los músculos, para que no puedan contraerse aunque se enfríen con rapidez inmediatamente después de la muerte del animal. Ello se consigue mediante la estimulación eléctrica (EE) que consiste en hacer pasar a través del cuerpo del animal (o de la canal) descargas o excitaciones eléctricas, que provocan contracciones musculares. Así, se consumen o agotan las reservas de energía, fundamentalmente almacenadas en el ATP, y los músculos pasan al estado de rigor mortis. También es acelerada la glucólisis anaerobia con acúmulo de ácido láctico, como se refleja por la caída del pH. (Moreno, 2006).

La figura 2 esquematiza la caída del pH y pone de manifiesto que en la mayoría de los estudios realizados fue lo suficientemente rápida para permitir que el enfriamiento se llevara a cabo a las 2 h después de la EE, sin temor al acortamiento por el frío.

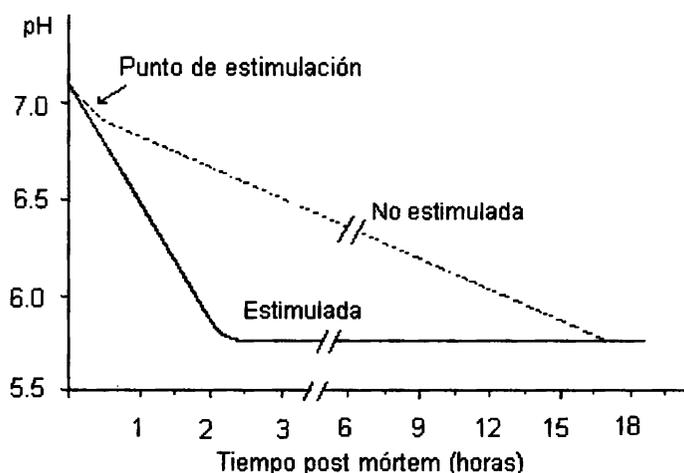


Figura 2: Velocidad de descenso del pH en canales estimuladas eléctricamente
De Pearson y Dutson, citado por Moreno (2006).

Lo EE acelera la presentación del rigor mortis, que es el estado en que los músculos carecen de suficiente energía para contraerse. Una vez que se ha gastado la energía por EE, puede llevarse a cabo el enfriamiento rápido sin temor al endurecimiento de la carne por el fenómeno de acortamiento por frío. La EE adelanta la aparición del rigor mortis de 8 a 10

horas y permite que el enfriamiento rápido pueda llevarse a cabo dentro de 1 a 2 h después del sacrificio (Moreno, 2006)

4.4.2.2. Maduración

La maduración se define como el momento *post mortem* a partir del cual se verifica un aumento de ternura (Kopp, 1976, citado por Franco, 1997). Se mantiene la carne a temperaturas justo por encima del punto de congelación (0° - 5°C) durante unos pocos días o varias semanas para mejorar la palatabilidad, este proceso disminuye la dureza y desarrolla el flavor. Con tiempos mayores de maduración luego de la muerte la fragmentación miofibrilar aumenta y la carne se vuelve más tierna cuando es cocinada (Price y Scheweigert, 1994). La maduración sucede en dos fases, primera fase rápida causada por cambios en los componentes miofibrilares y una segunda fase más lenta causada por el debilitamiento estructural del tejido conectivo intramuscular (Nishimura, 1998, citado por Warris, 2001)

En un trabajo realizado por Bianchi *et al.* (2006), 30 canales de corderos Dohne Merino x Corriedale fueron sometidas a 5 sistemas de refrigeración post sacrificio: 0, 2, 4, 6 y 8 h en cámara de oreo a $13 \pm 0,70$ °C y a continuación fueron colocadas en cámara de refrigeración a $2,7 \pm 2,8$ °C. El pH fue similar ($p > 0,05$) para los 5 sistemas de refrigeración (Bianchi *et al.*, 2006).

5. HIPÓTESIS

Existen diversos factores que actúan sobre la variación del pH final de la carne, y que participan en forma aislada o interactuando con otros, su identificación, permite predecir el comportamiento del pH de acuerdo a los factores involucrados (ante *mórtem* y *post mortem*).

A lo largo del proceso productivo los animales están expuestos a diferentes formas de estrés siendo probable que luego terminen afectando su pH.

Las características propias del animal (raza, sexo, categoría, edad, proporción de animales astados, etc.), son factores que pueden predisponer - en mayor o menor medida - a diferentes grados de estrés en el animal y afectar - en consecuencia - las reservas de glucógeno y el pH final de la carne.

Las condiciones de manejo pre-faena que provocan estrés en los animales (mezcla de animales de distinto origen, tiempo de ayuno previo, acceso al agua y sombra, modo de arreo, tipo de alimentación, etc.), afectan el pH de la carne.

Las características del transporte de los animales al frigorífico, tales como condiciones de carga y descarga, distancia a recorrer, duración del viaje, tipo y estado del camino, densidad de animales en la jaula, etc., afectan el pH de los animales.

El manejo previo al sacrificio y las condiciones de sacrificio propiamente dichas afectan el pH final de la carne.

6. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente trabajo fue identificar y jerarquizar los factores que afectan el pH, así como las distintas fuentes de su variación durante la estación de invierno.

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos fueron:

- determinar la variabilidad de la característica pH entre distintas plantas frigoríficas, entre tropas dentro de frigoríficos y hacia el interior de la tropa.
- determinar el grado de incidencia de las características del animal (edad, raza, sexo), sobre el pH de la carne.
- identificar condiciones de manejo pre - faena (incluyendo el transporte) y *post mortem* que pueden afectar el pH.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. RECOLECCIÓN DE DATOS:

Se relevó información en 7 establecimientos habilitados para faena de vacunos en los meses invernales del año 2008, que explicaban más del 50 % de las haciendas sacrificadas en el país (INAC, 2008).

El relevamiento se efectuó mediante la elaboración, ejecución y procesamiento de encuestas realizadas a nivel de plantas frigoríficas, camioneros y productores. Tales encuestas, aportaron información de las condiciones de producción, características de los animales, condiciones climáticas y del transporte de las tropas remitidas. En el anexo se presenta el modelo de encuestas utilizadas.

Se entrevistó una persona calificada perteneciente al Frigorífico en cuestión, y así se obtuvieron datos sobre el número de animales faenados por día y del diseño y características de las instalaciones.

En cada frigorífico se encuestó a un mínimo de 10 camioneros y luego - vía telefónica - se entrevistó al productor y/o consignatario de la hacienda remitida a la planta de faena.

Posteriormente, en el *post mortem*, a las 24 h (en cámaras de frío) y/o 36 h (en el cuarteo), se realizó la lectura de pH en las medias canales sobre el músculo *Longissimus dorsi* sobre un total de 2.844 animales.

8.2. CLIMA

En el Cuadro 3 se presentan los datos de las condiciones climáticas registradas durante el período experimental.

Cuadro 3: Registros climáticos durante el período experimental.

Frigorífico	Fecha de encuesta	Precipitaciones (mm)	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)
			Mínima	Máxima	
1	21/7/2008	0	12,7	15,6	94
2	22/7/2008	1	8,9	13,9	94
3	29/7/2008	10	12,5	15,6	99
4	11/8/2008	0	10,6	19,9	88
5	05/9/2008	0	7,2	8,8	74
6	27/8/2008	0	12,7	21,1	96
7	6/10/2008	0	7,5	25	69

INIA GRASS, (2008).

8.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

8.3.1. Estadísticas descriptivas

Se realizó una descripción estadística de la distribución de las mediciones de pH, a través del cálculo de medidas de posición y dispersión.

8.3.2. Estudio de correlaciones

Se calcularon correlaciones de Pearson entre mediciones de pH:

- Entre ambas media canales y
- Entre 24 y 36 h.

Adicionalmente se construyeron intervalos de confianza de 95 y 99 % para la verdadera correlación usando la transformación Z de Fisher.

8.3.3. Estudio de la variabilidad de pH

Se modeló el comportamiento del pH en función de los factores relevados. Conforme existía un límite crítico ($\text{pH} \geq 5,8$), y - normalmente - las plantas frigoríficas clasifican por dicho criterio y no por el valor *per se*, se planteó codificar la variable pH como una variable discreta, asignando un 1 si era rechazo o 0 si era aceptación.

Para estudiar los factores que afectan la variabilidad de pH se ajustaron modelos lineales aleatorios del tipo:

Modelo 1:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es el pH a las 24 o 36 h.

μ es la media general.

α_i es el efecto aleatorio del i-ésimo frigorífico.

ϵ_{ij} es el efecto aleatorio de cada animal y tropa dentro de cada frigorífico.

El propósito con este modelo era determinar diferencias entre las varianzas de pH entre tropas en cada frigorífico. En este modelo se estimaron varianzas diferentes para cada grupo de animales dentro de cada frigorífico. También se estimaron los intervalos de confianza del 95 % para cada componente de varianza.

Modelo 2:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(\alpha_i) + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es el pH a las 24 o 36 h.

μ es la media general.

α_i es el efecto aleatorio del i -ésimo frigorífico.

β_j (α_j) es el efecto aleatorio de la j -ésima tropa de cada frigorífico.

ϵ_{ijk} es el efecto aleatorio de cada animal (dentro de tropas).

El propósito con este modelo era determinar diferencias entre las varianzas de pH entre animales de tropa a tropa y frigorífico a frigorífico. En este modelo se estimaron varianzas diferentes para cada grupo de animales dentro de tropas. También se estimaron los intervalos de confianza del 95 % para cada componente de varianza.

8.3.4. Partición recursiva

Con este método se particionaron en forma recurrente los datos de acuerdo a la relación entre pH 36 h y un conjunto de factores cuantitativos y cualitativos que fueron seleccionados de acuerdo a si presentaban variación en los datos y si tenían suficientes datos no perdidos (más del 80 %). Los factores estudiados fueron: estimulación eléctrica, tiempo de espera pre faena, tiempo arribo – descarga, km totales y de carretera, modo de arreo, método de insensibilización, raza, tiempo de descarga, disponibilidad de agua, techo de corrales de espera.

En cada paso el método buscó exhaustivamente el factor de partición, y el punto de corte de dicho factor que maximiza la suma de cuadrado entre grupos y minimiza la suma de cuadrados dentro de grupos.

Con los grupos formados en todas las etapas (nodos), se construyeron intervalos de confianza de 90 % del valor medio de pH y de la proporción de valores de pH mayores o iguales a 5,8. Para este último caso, la partición y la construcción de los intervalos de confianza se efectuó sobre la variable transformada con la transformación angular y luego se des-transformó la variable a proporción nuevamente.

La comparación de los intervalos de confianza entre nodos permitió hacer inferencia sobre los niveles medios de pH o sobre la proporción de pH mayores o iguales a 5,8.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

9.1. CLIMA

Durante los días en que fueron realizadas las encuestas, no se registraron precipitaciones en casi ninguna de las plantas relevadas, a excepción del Frigorífico 3, donde las precipitaciones fueron de 10 mm. La temperatura media registrada fue de $13,7 \pm 4,8$ °C, valor que se ubica por encima del promedio nacional para los meses invernales ($12,1 \pm 6,8$ °C). Así mismo, se destacó la ocurrencia de alta humedad, siendo la media para el período de 80 % (Dirección Nacional de Meteorología, 2009).

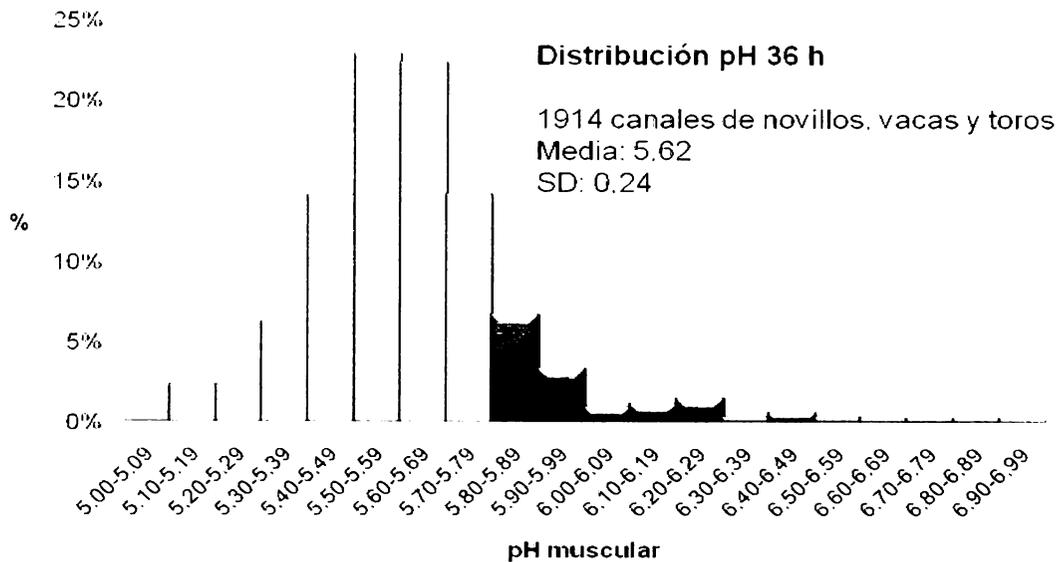
De acuerdo a lo que se presentó en el primer apartado de esta sección, el clima parece no haber tenido demasiada influencia en la presencia de cortes oscuros, coincidente con Warriss (1990), que considera que el efecto estacional no es demasiado importante y que la mayor influencia se debe a las diferencias en las técnicas de manejo.

Sin embargo, Soares de Lima y Xavier (1997), encontraron un efecto significativo de la época del año sobre el pH a las 24 h. Estos autores, reportaron los mayores valores de pH en invierno comparado con el otoño (6,05 vs 5,83, respectivamente), así como mayores rechazos de canales por alto pH (78 vs 47 % en invierno y otoño, respectivamente).

9.2. DESCRIPCIÓN DEL pH

La distribución de pH registrado a las 36 h *post mortem* se presenta en la Figura 3.

Figura 3: Distribución de los valores de pH tomados a las 36 h en el músculo *Longissimus dorsi*.



La distribución del pH final en la carne, concentró el 45 % de las canales con valores de pH comprendidos entre 5,50 y 5,69, presentando una media de 5,62.

En la Figura 4 se presenta el porcentaje observado de canales que tuvieron pH aceptable ($\leq 5,8$) e inaceptable ($\geq 5,8$).

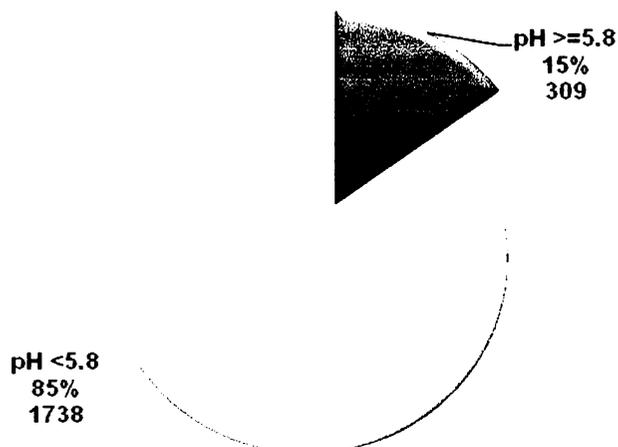


Figura 4: Porcentaje de canales con valores de pH \geq o $<$ 5,8.

El porcentaje de canales con pH $\geq 5,8$ resultó ser – en promedio - del 15 %; valor inferior al 22,7 % registrado en la primera auditoría de calidad de carne vacuna (INIA; INAC; CSU, 2003) y muy cercano al 14,7 % reportado en la segunda auditoría de calidad de carne vacuna realizada en el país (INIA; INAC, 2008).

Los estudios sobre la incidencia de cortes oscuros en canales vacunas han mostrado resultados ampliamente diferentes en distintos países y entre distintas clases de ganado (Warris, 1990). Un estudio realizado en Uruguay por Navajas *et al.*, (1996) señala porcentajes de canales de rechazo de 10,7 y 25,4 % en vacas y novillos, respectivamente.

Por otra parte, si se compara el porcentaje de canales con valores de pH considerados como rechazo en el presente trabajo, con los resultados obtenidos en otros países, aquel sería menor al encontrado en Chile por Amtmann *et al.* (2006), quienes registraron un 19 % de canales con pH por encima del valor crítico de pH. Gallo (1997), afirma que en el mismo país, el corte oscuro es un problema serio de calidad que afecta entre un 5 y 10 % de las canales, provocando pérdidas económicas por devaluación de canales y rechazos para la exportación. A su vez, también en Chile, Palma (1980), determinó la frecuencia de presentación de cortes oscuros en bovinos sacrificados en una planta regional (Osorno), encontrando un 10,2 % de canales con dicho defecto, del total analizado. Los factores ambientales de mayor importancia en la presentación del problema, según los resultados de este estudio, fueron el transporte por camión y el tiempo de ayuno de los animales.

En la Figura 5 se muestra la distribución de frecuencias de pH estudiada en dos países y presentada por Navajas (2002).

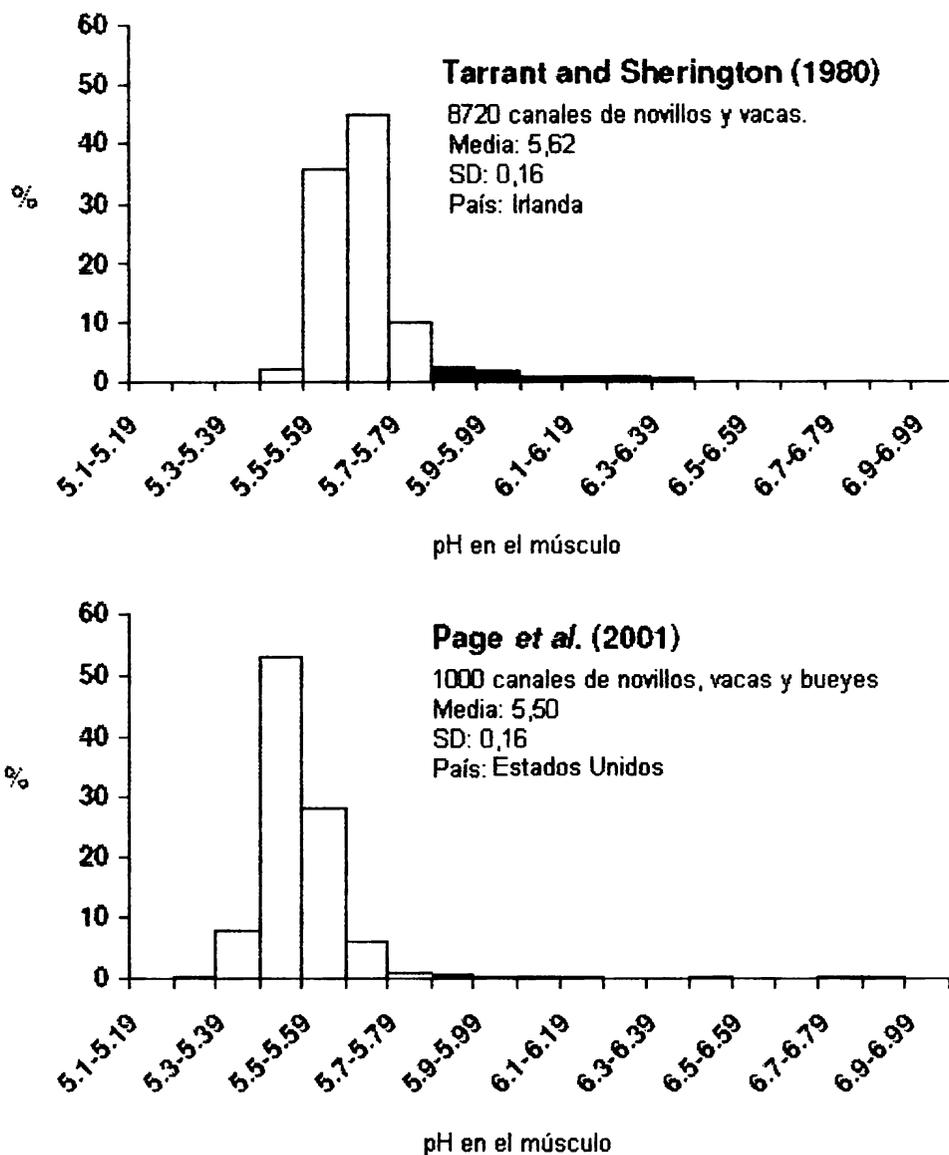


Figura 5: Distribución del pH muscular de canales en Irlanda y Estados Unidos.

Fuente: Navajas, (2002).

La Figura 5 muestra las frecuencias de las distribuciones del pH final de la carne en Irlanda y Estados Unidos. La media que se obtuvo en el presente trabajo coincide con la reportada con Tarrant y Sherington (1980) y resultó mayor a la encontrada por Pages *et al.*, (2001). Estos resultados indican que el 70 al 80 % de los animales sacrificados mostraron valores de pH entre 5,4 y 5,6, existiendo 2,4 y 3,2 % de las canales con pH por encima del punto crítico de 5,8.

Sin embargo, la proporción media de corte oscuro en ambos casos fue menor que el reportado por otros países. La incidencia de corte oscuro informada en diferentes países europeos durante la década de los 80 osciló, por categorías, desde 3,6 a 26 %, de 5,9 a 13 %, y del 2,4 al 3,7 % para los

toros, vacas y bueyes, respectivamente (Warris, 1990). Mientras que en un estudio efectuado en ocho plantas industriales en el Reino Unido, Brown *et al.* (1990), reportaron un 7,1 % de $pH \geq 5,8$.

La incidencia de DFD en el ganado sueco fue estudiado por Fabiansson *et al.* (1984), en cuatro frigoríficos donde se evaluó la influencia de algunos parámetros de especial interés para el desarrollo de este tipo de defectos. El pH se midió en un total de 2.686 canales de diferentes categorías, clasificándose como DFD las canales con un $pH_{24} \geq 6,2$; la incidencia registrada fue del 3,4 y el 13,2 % en canales estimuladas y no estimuladas eléctricamente, respectivamente.

En Canadá, la incidencia de corte oscuro en canales de novillos fue estimada en 8 % y en los Estados Unidos entre 0,33 y 4,7 % (Munns y Burell, 1966).

En el Cuadro 4 se presenta el porcentaje de canales que alcanzaron un $pH \geq 5,8$ en cada frigorífico relevado, así como el total de animales considerados.

Cuadro 4: Porcentaje de rechazos registrados en cada frigorífico.

Frigorífico	n	% rechazo ($pH > 5,8$)
1	279	11,5
2	123	6,5
3	601	4,7
4	307	37,5
5	235	0,9
6	297	37,7
7	369	6,2

Los porcentajes de rechazos registrados en los 7 frigoríficos abarcan un amplio rango desde 0,9 a 37,7 %. Por su parte, Jones y Tong (1989), encontraron que la frecuencia de cortes oscuros por planta faenadora era desde 0,26 hasta 1,79 %.

En general, cada planta posee condiciones habituales de transporte, manejo y sacrificio de animales, donde factores objetivos como el peso de la canal, el sexo y la edad estudiados aisladamente hacen difícil explicar por sí solos la gran proporción de canales que presentan un valor de pH_u elevado (Moreno Grande *et al.*, 1999).

La diferencia en los porcentajes de reprobación que se presenta en el Cuadro 3, sugiere establecer la existencia de factores de manejo e infraestructura particulares para cada frigorífico.

Por ejemplo en el trabajo de Hargreaves *et al.* (2003), los autores observaron también una marcada diferencia entre los porcentajes de reprobación de 2 plantas de sacrificio evaluadas, pero intentaron explicar sus

resultados que mostraban un mayor porcentaje de reprobación en la localidad Santiago que en la localidad de Temuco, tal como se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Porcentaje de reprobación (debido a pHu > 5,9) y total de canales estudiadas en dos plantas faenadoras de Chile.

Planta de sacrificio	Porcentaje de reprobación	Total canales
Santiago (RM)	35,2	4.762
Temuco (IX)	8,2	305

Hargreaves *et al.*, 2003

Del total de animales que constituyeron la muestra en este trabajo, aproximadamente el 94 % fue faenado en la planta de Santiago, por lo que el tamaño de la muestra disponible para animales faenados en Temuco, hace más imprecisa la estimación del porcentaje de reprobación para esta planta. Sin embargo, se observó una marcada diferencia entre los porcentajes de reprobación de ambos frigoríficos. Los autores atribuyen estas diferencias a la distancia de transporte que recorrieron los animales: aquellos del matadero de la localidad de Temuco recorrieron menor distancia que los de Santiago (239 vs 888 km, respectivamente). Por otro lado las condiciones climáticas de la zona de producción que abastecía al matadero en Temuco eran muy similares a las de la planta faenadora. No siendo así en el caso del matadero en Santiago que mostraba marcadas diferencias climáticas entre los predios que lo abastecían y la planta. También ocurría que en el matadero en Temuco el promedio de horas de permanencia en corrales era menor que en el de Santiago (18 v/s 25 h, respectivamente).

No obstante, el Frigorífico 4 del presente experimento (uno de los que presentó mayor porcentaje de canales con pH superior al crítico), mostró tener - en promedio - una menor distancia a los predios que lo abastecían, en comparación con los demás frigoríficos relevados en este trabajo (117 vs 195 km, respectivamente), a pesar que la frecuencia de aparición de cortes oscuros tiende a aumentar a medida que la distancia de transporte es mayor (Jones y Tong, 1989).

El hecho que – sin dudas – explica los resultados en el Frigorífico 4 de nuestro experimento, es que el día del relevamiento el 89 % de los animales fueron sacrificados por el método *Kosher*, lo que provocó el elevado porcentaje de canales consideradas rechazo. En la bibliografía no se encontraron trabajos que compararan el método de faena tradicional con la faena tipo *Kosher*. En el sacrificio de animales por el rito judío, generalmente no es permitido el aturdimiento (FAO, 2001); con lo que no se puede evitar que la muerte del animal resulte más cruenta y por otro lado, tampoco se facilita una buena sangría, pudiendo ocasionarse daños en la calidad de la carne (Falla, 2006).

No obstante, en el trabajo de Cardúz (1996), los animales sacrificados por el método tradicional produjeron carne con mayor pH que aquellos sacrificados por el método *Kosher*. Aunque la diferencia resultó pequeña (0,01 unidades de pH), es claro que hay factores (además del tipo de sacrificio), que el presente trabajo no pudo controlar y que en forma

aislada o interaccionando con otros sí relevados explican las diferencias entre frigoríficos en la característica analizada.

9.3. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

En la Figura 6, se presentan las estadísticas descriptivas para la variable pH 24 h en los frigoríficos en lo que fue posible relevar esta información. Vale la pena señalar que en los demás frigoríficos bajo estudio y en virtud de las exigencias que EEUU impone a las carnes de exportación del Uruguay, no fue posible abrir las cámaras hasta cumplir las 36 h *post mortem*.

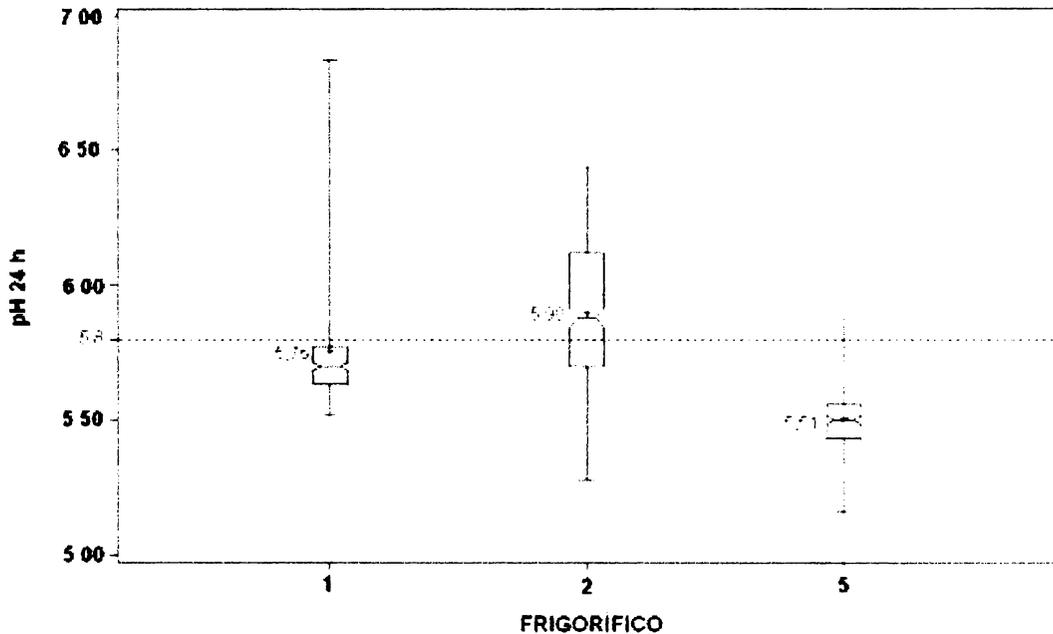


Figura 6: Descriptiva pH 24 h (máximos, mínimos, media).

La Figura 6 muestra que las lecturas de pH a las 24 h en el Frigorífico 1 presentaron mayor concentración de datos en valores más bajos que el valor crítico, con un pH promedio de 5,76; valor que se encuentra por encima de la mediana, próximo al percentil 75. Mientras que en los Frigoríficos 2 y 5, el valor máximo de pH está por encima de 5,8; a su vez el valor de pH mínimo del Frigorífico 1, también resultó más alto que los valores mínimos de los otros dos frigoríficos que se presenta información.

En los Frigoríficos 1 y 5 el promedio de los valores de pH obtenidos a las 24 h *post mortem* resultaron inferiores a 5,8, ubicándose la mayor parte de los animales por debajo del valor considerado crítico. En cambio, en el Frigorífico 2 la media superó el pH de 5,8, traduciéndose en que - aproximadamente la mitad de los animales - presentaran valores de pH superiores categorizados como rechazo.

Los animales que fueron sacrificados en el Frigorífico 2 y obtuvieron pH de rechazo, recorrieron más km sobre camino de tierra que los animales sacrificados en los demás frigoríficos, pero - además - la mayoría de los camioneros consultados señalaron que el camino estaba en mal estado. El

ambiente extraño, los movimientos dentro del camión, el ayuno y otras condiciones adversas que se suscitan durante el transporte provocan estrés en los animales, afectando tanto su bienestar, como la calidad de la carne medida en términos de pH y color (Warriss, 1990; 1992; Gallo, 1994; Grandin, 1994), factores todos que aumentan su incidencia si el camino recorrido es malo.

Así mismo los resultados obtenidos en el Frigorífico 2 pueden estar explicados por el hecho que en este frigorífico las hembras representaron el 57 % de los animales muestreados, la mayoría de ellos categorizados como vacas, que fue la principal categoría dentro de las canales que obtuvieron pH $\geq 5,8$. Es ampliamente conocido el comportamiento general de esta categoría, por ejemplo, y de acuerdo al estado fisiológico en el cual se encuentren, las montas de vacas y vaquillonas en estro. Littler y House (2001), señalan – en su experimento – que los toros presentaron niveles más altos de pH final, seguido por la categoría de vacas, vaquillonas, vacas castradas y finalmente novillos.

Igualmente, Kenny y Tarrant (1984); citados por Jones y Tong (1998), reportaron que las vaquillonas sacrificadas al final del estro producían una mayor proporción de canales con pHu mayor o igual a 6. Estos resultados, refuerzan la hipótesis planteada para explicar el comportamiento de los animales muestreados en el presente trabajo en el Frigorífico 2.

Mientras que, Murray (1989), relacionó la frecuencia de corte oscuro con el grado de engrasamiento de las canales, debido a que la grasa tiene efecto sobre la tasa de enfriamiento, hecho que podría servir para explicar el bajo porcentaje de reprobación encontrado en las hembras.

El Frigorífico 5 presentó una distribución similar al Frigorífico 1, pero con valores de pH máximo, mínimo, media y mediana inferiores aquel.

En la Figura 7 se presenta la misma información que en la Figura 2, pero tomando como variable de respuesta la lectura de pH tras una maduración de las canales de 36 h.

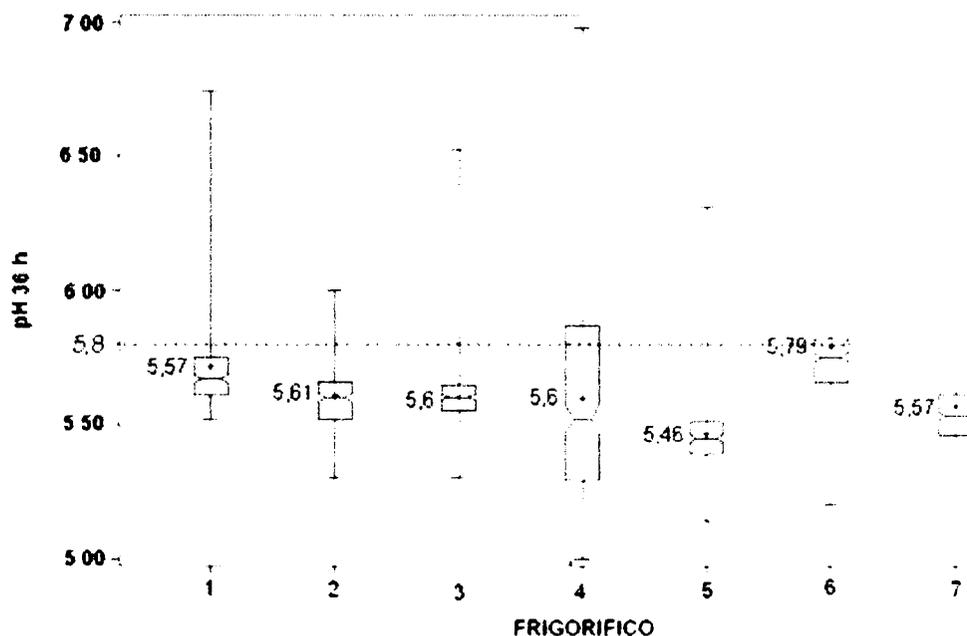


Figura 7: Descripción estadística del pH 36 h (máximo, mínimo y media).

Los valores medios de pH registrados a las 36 h fueron similares en casi todos los frigoríficos; presentando la mayor parte de los animales pH por debajo de 5,8. No obstante, el Frigorífico 6 presentó una media muy cercana al valor de pH considerado crítico, en este frigorífico se destaca que el 76 % de los animales recorrieron una distancia superior a los 110 km. De acuerdo a Warriss (1990), el transporte puede influir en forma directa sobre la calidad de la canal y de su carne a través del destare y lesiones, aunque también produce efectos indirectos a través del estrés, que finalmente determinarán la presencia de alteraciones en la características intrínsecas de los músculos. Asimismo, tiempos de transporte prolongados causan elevación del pH de la carne, el transporte corto (4 h) por ruta no afecta el pH final de la carne, excepto cuando ocurren traumas, como por ejemplo: la caída de un animal al piso debido a una alta densidad de carga. Cuando esto sucede aumenta el machucamiento y los cortes oscuros y el tiempo de transporte largo resulta en pequeños aumentos en el pH final (Wythes *et al.*, 1981; Tarrant, 1988). A su vez, el estado de los caminos de tierra transitados por los animales de este frigorífico en particular, fue catalogado por los camioneros encuestados como regular. En este sentido, hay estudios que demuestran que las vibraciones ocurridas durante el transporte comprometen el bienestar de los animales jóvenes (Van de Water *et al.*, 2003). Otros autores sostienen que el factor más estresante (determinado por el mayor incremento de cortisol en plasma), es el movimiento del vehículo, comparado con los procesos de carga y descarga, y la espera en frigorífico (Kenny y Tarrant, 1987).

Por otra parte, las condiciones climáticas a la cual se expusieron los animales sacrificados en dicho frigorífico fueron de llovizna y frío particularmente en el momento de la descarga. El clima adverso pudo haber provocado una mayor incidencia de cortes oscuros. Tarrant y Sherington

(1980), sostiene que cuanto más tiempo se prolonga tanto la espera como el transporte o cualquier otro tipo de manejo de los animales, aumenta el riesgo de que ocurran inclemencias climáticas. Estos autores agregan que los cambios del clima que son propios de la estación afectan en mayor medida a los animales porque no están aclimatados, además la combinación de frío, viento y lluvia, tienen un efecto aditivo.

Por su parte el Frigorífico 4 fue el que mostró la mayor distribución en sus datos, hecho que podría estar explicado por el tipo de faena *Kosher* practicado el día del relevamiento en 274 animales de los 307 relevados. Asimismo, muchas autoridades consideran que el sacrificio religioso no es satisfactorio, ya que el animal posiblemente no quede inconsciente y sufra mucho dolor (FAO, 2001), entrando en estado de estrés lo que influye en un aumento del pH final de la carne.

9.4. CORRELACIONES

En el Cuadro 6 se presenta el número de observaciones y el grado de asociación entre los valores de pH registrado a las 24 y 36 h en ambas medias canales y para los frigoríficos donde fue posible registrar las lecturas de pH a las 24 y de nuevo a las 36 h, la correlación entre ambas mediciones.

Cuadro 6: Correlaciones en ambas medias canales (izquierda y derecha) para pH 24 h y pH 36 h, entre pH 24 h y 36 h y su límite de confianza.

Variable 1	Variable 2	Correlación	n	li 95 %	ls 95 %	li 99 %	ls 99 %
pH ₂₄ izquierdo	pH ₂₄ derecho	0,973	279	0,966	0,979	0,964	0,980
pH ₃₆ izquierdo	pH ₃₆ derecho	0,922	684	0,909	0,932	0,905	0,935
pH ₂₄ promedio	pH ₃₆ promedio	0,657	646	0,611	0,698	0,595	0,711

La información presentada en el Cuadro 6 permite afirmar con un 95 y 99 % de confianza que la correlación entre las lecturas de pH en ambas medias canales es muy alta: 0,97 y 0,92 para 24 y 36 h, respectivamente. Esta información sugiere que el lado elegido de la canal para realizar la medición de pH puede ser indistinto, sin que ello altere la decisión adoptada comercialmente.

En cambio, la correlación entre las variables pH 24 h y pH 36 h promedio fue de 0,657 y resultaron significativamente diferentes ($p < 0,01$). Estos resultados estarían indicando que existen factores íntimamente relacionados a la velocidad de descenso de pH, cuya acción continua luego de las primera 24 h.

La velocidad e intensidad con que el pH desciende luego de la faena está principalmente determinada por la cantidad de ácido láctico que pueda acumularse a partir de la fermentación del glucógeno muscular (Depetris y Santini, 2005), por ello es importante la reserva de glucógeno que tenga el animal al momento de su sacrificio. De la misma forma, las características

de la canal tales como su tamaño y grado de engrasamiento estarían afectando su enfriamiento correcto.

El ritmo de enfriamiento de las canales tiene efecto sobre la bajada del pH de la carne, debido a que la actividad de las enzimas es dependiente de la temperatura (Zimmerman, 2008), por ello cobra importancia la temperatura, humedad y velocidad del aire presentes en la cámara, así como su capacidad, ya que si se excede, la velocidad de enfriamiento disminuye. Es probable que uno o más de estos factores incidan para determinar que el pH final se alcance a las 36 y no a las 24 h post-mórtem, validando, en cierta forma, las exigencias de los países a los que Uruguay les vende carne vacuna y exigen una maduración de 36 h previas a la lectura de pH.

9.5. VARIANZA

La Figura 8 presenta los resultados de varianzas registradas en las lecturas de pH 24 h dentro de cada frigorífico entre las diferentes tropas relevadas.

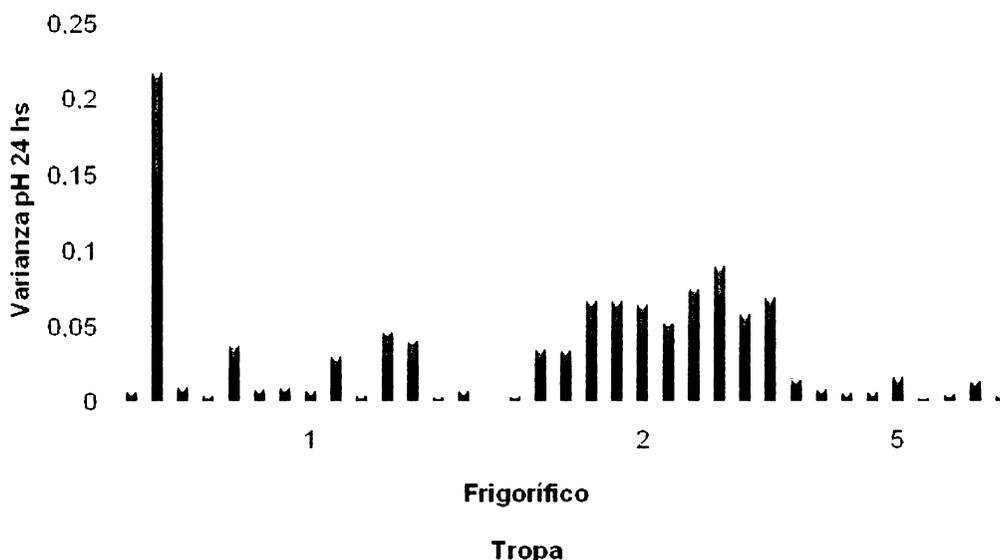


Figura 8: Varianza pH 24 h dentro de cada frigorífico entre tropas.

En el Frigorífico 1 se destaca una tropa que presentó una varianza superior, en comparación con las demás que pertenecen a este frigorífico; resultado que se explicaría porque existe una gran varianza entre animales dentro de esa tropa en particular.

La variación de pH de la canal de individuos dentro de una tropa confirmaría lo expresado por Zimmerman (2008), en el sentido que el individuo es considerado como uno de los factores más importantes en la variación de la calidad de la carne y por ende de su pHu e inevitablemente se asocia a diferencias en el metabolismo, morfología, nivel o jerarquía social, grado de susceptibilidad al estrés, o razones genéticas. Sin embargo, esto no sucedió en las demás tropas de este frigorífico, por lo tanto, se estaría ante un hecho

aislado, donde no se puede definir a ciencia cierta que factor fue el que estuvo actuando.

En general, salvo el caso enunciado, las tropas correspondientes a un mismo frigorífico no presentaron marcada variabilidad, esto estaría dado por las condiciones a las que fueron sometidas, conforme fueron embarcadas el mismo día, por lo tanto expuestas a iguales condiciones climáticas, fueron transportadas en camiones de características similares (tamaño, estado de conservación); a su vez, las distancias recorridas y por ende la duración del transporte también fueron parecidas y recibidas por el mismo personal.

La Figura 9 presenta la varianza que existe entre pH 36 h dentro de cada frigorífico entre sus tropas.

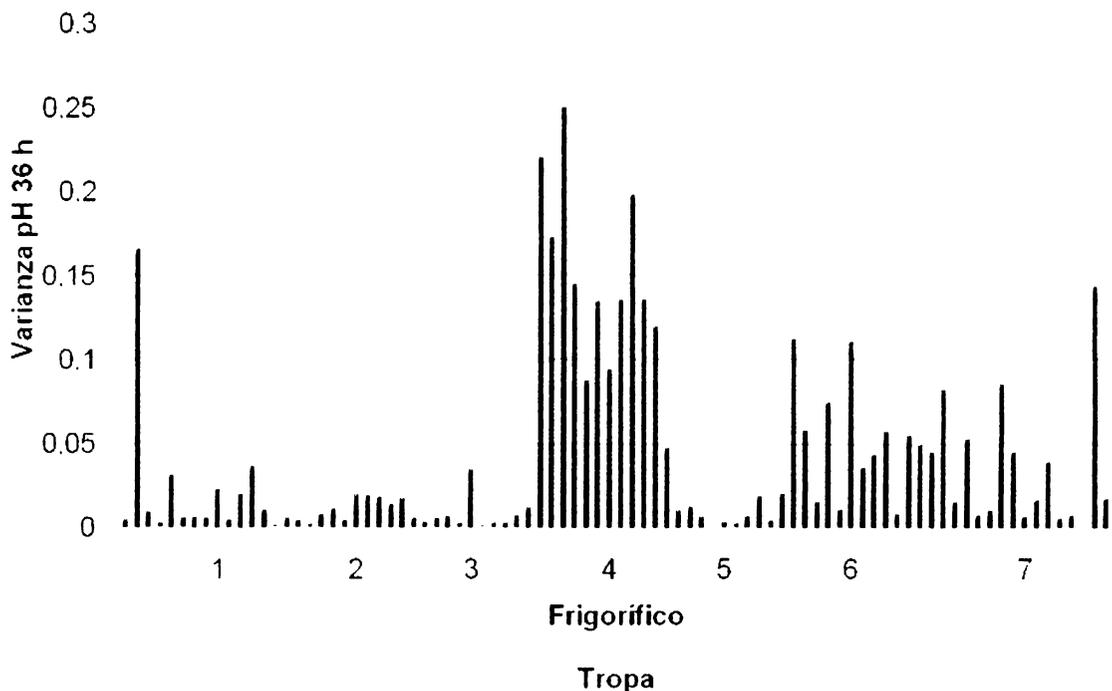


Figura 9: Varianza del pH 36 h dentro de frigoríficos, entre tropas.

A diferencia de lo ocurrido con las lecturas realizadas a las 24 h post-mórtem, a las 36 h, cada frigorífico presentó similares varianzas en sus tropas, situación que difiere con Navajas *et al.* (1996), que reportan un efecto tropa sobre el pH altamente significativo, Los autores lo atribuyen a diferencias de manejo que inciden en el pH, aunque también sostienen que existen interacciones complejas que no fueron incluidas en su modelo de análisis.

La Figura 10 compara la varianza que existió en los pH tomados a las 24 horas *post mortem* entre tres frigoríficos.

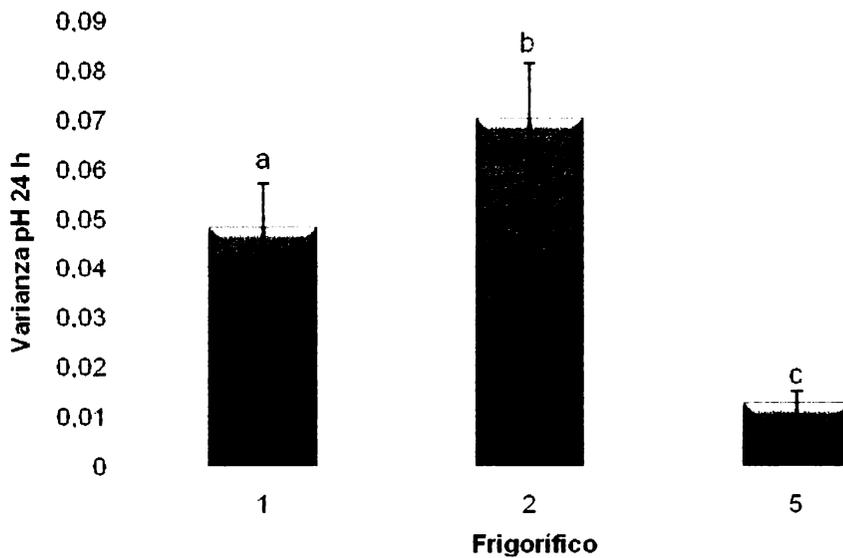


Figura 10: Varianza de pH 24 h entre frigoríficos.

Los tres frigoríficos presentaron varianzas para pH 24 h significativamente diferentes ($p < 0,05$). El frigorífico 2 mostró una varianza superior, seguida por el frigorífico 1 y luego el 5, que mostró la mínima varianza. Estos resultados sugerirían que el tipo de planta, ya sea por su infraestructura o modo de operación, influyó significativamente sobre el pH de la carne.

El manejo correcto del ganado es de suma importancia para las empresas frigoríficas. Una vez que los animales llegan a las plantas de faena, es fundamental que los procedimientos de manejo sean adecuados, no solamente para asegurar el bienestar animal, sino también porque en ello puede radicar la diferencia entre pérdidas y ganancias, tanto por la calidad de la carne, como por la seguridad de los operarios.

En la Figura 11 se presentan los resultados de las varianzas entre los frigoríficos para el pH registrado a las 36 h.

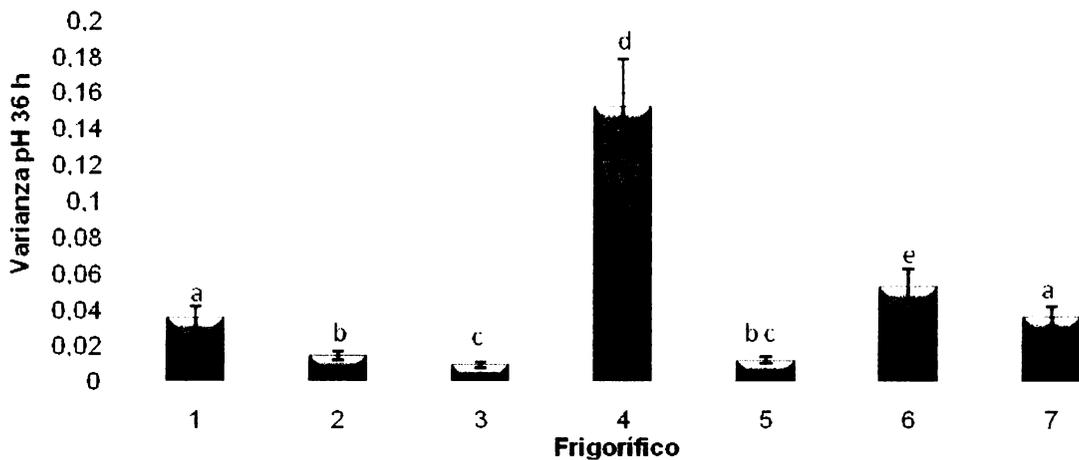


Figura 11: Varianza del pH 36 h entre frigoríficos. a, b, c, d, e: ($p < 0,05$).

El Frigorífico 4 fue el que presentó mayor varianza, seguido por el Frigorífico 6, con diferencias estadísticamente significativas entre ellos y también con los demás frigoríficos.

La varianza del Frigorífico 4, se explica – como ya se señalara - por el sistema de sacrificio de rito judío (*Kosher*), en el que se corta la garganta de un animal completamente consciente con un cuchillo filoso. Si algún animal se torna agitado o frenético durante la sujeción, los animales siguientes con frecuencia se agitarán. Un día entero de sacrificio puede volverse en una reacción en cadena continua de animales excitados. Probablemente los individuos excitados estén olfateando alguna feromona de alarma de la sangre de otro animal que sufrió un estrés severo. Por el contrario, la sangre del ganado sometido a un estrés relativamente bajo, tiene muy poco efecto. No obstante, la sangre de animales que sufrieron un estrés severo y mostraron signos de agitación conductual por varios minutos, puede provocar reacciones de terror en otros animales.

La varianza de pH encontrada en el Frigorífico 6, posiblemente sea explicada por factores propios de la planta. Este establecimiento en particular cuenta con una línea de faena para vacunos con capacidad de procesamiento de 900 vacunos por día, valor que se ubica por encima del promedio registrado para los 7 frigoríficos durante el experimento (550 animales/día). Este hecho pudo originar cambios operacionales dentro del frigorífico en cuestión, tal como señalan Rebagliati *et al.*, (2005), ya que – en estos casos - es común el armado de sub-tropas en los corrales de espera. Este manejo provocaría excitación y resistencia extra, con una mayor tasa de caídas de los animales, debido a que se los obliga a romper el vínculo social que los caracteriza como animales de manada, agravado por el hecho de realizarse en un ambiente desconocido.

Asimismo, la distancia registrada entre los corrales de espera y el cajón de noqueo (100 m) supera considerablemente el promedio determinado en las otras plantas (45 m). Estos factores contribuirían a un aumento en las dificultades de manejo de los animales.

El manejo correcto del ganado es de importancia extrema para las empresas frigoríficas. Una vez que los animales llegan a las plantas de faena, es primordial que los procedimientos de manejo sean adecuados, no solamente para asegurar el bienestar animal, sino también porque allí puede estar la diferencia entre pérdidas y ganancias, tanto por la calidad de la carne como por la seguridad de los operarios.

El personal de las plantas - además de dominar el carácter del animal - debe respetar el ritmo de éstos, en lo que respecta a los movimientos: sin apuros, ni atropelladas (especialmente en las pesadas, mangas, entrada y salida en corrales de espera, cajón de noqueo, etc.). En cuanto a las instalaciones se deben existir reglamentos y disposiciones sanitarias que aseguren un buen manejo de los animales, prevención de pérdidas y la seguridad laboral de los operarios.

9.6. PARTICIÓN RECURSIVA

En la Figura 12 se presentan los porcentajes de tropas con media de $\text{pH} \geq 5,8$ a través de un árbol de partición recursiva para diferentes manejos en el establecimiento, durante el transporte y en la planta frigorífica.



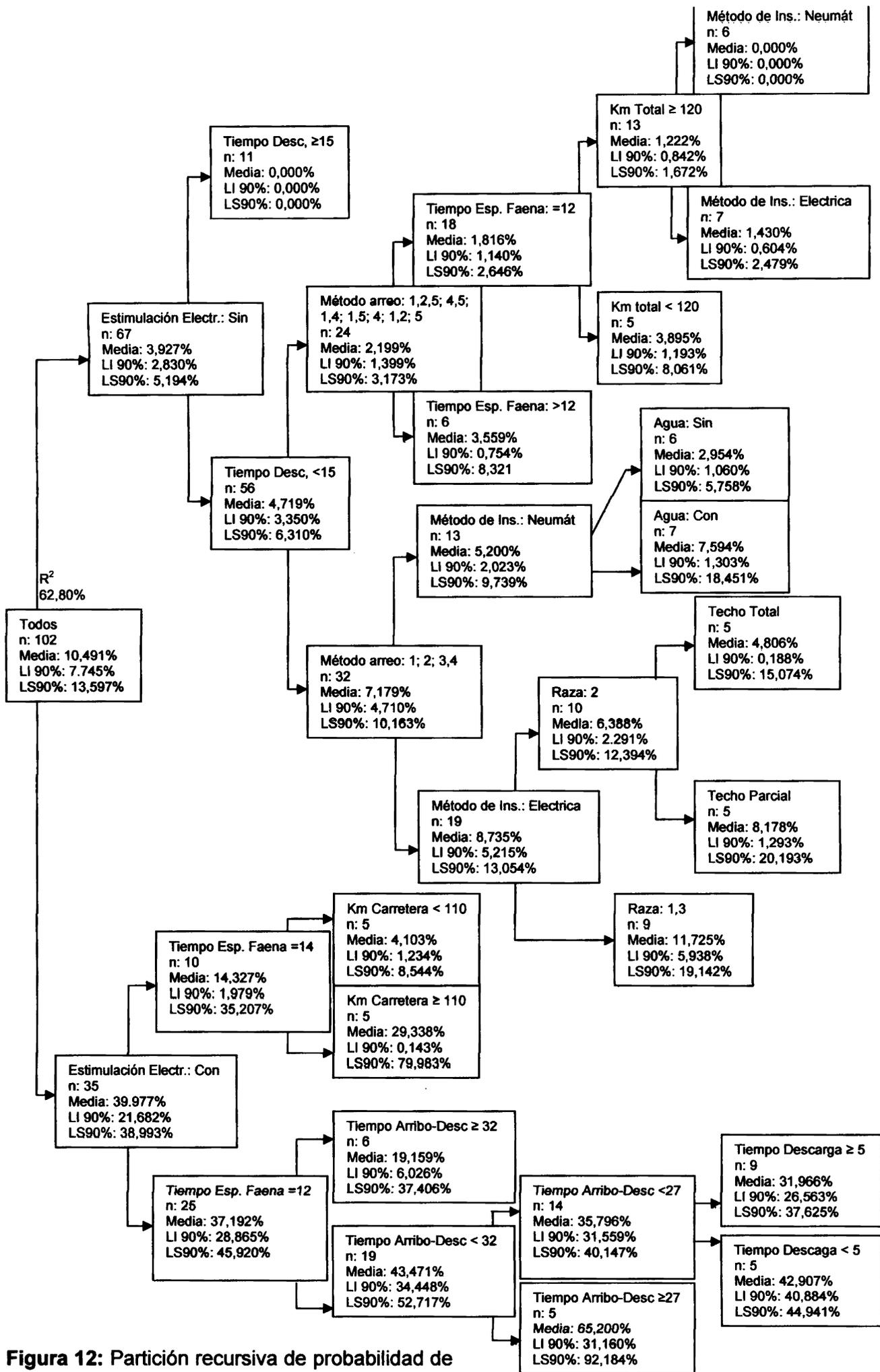


Figura 12: Partición recursiva de probabilidad de obtención pH ≥5,8

n: número de tropas; **LI90%**: límite inferior del intervalo de confianza al 90%; **LS90%**: límite superior del intervalo de confianza al 90%. Estimulación eléctrica: Arriba= sin y debajo= con. Tiempo de descanso: ≥ 15 min y < 15 min. Método de arreo: 1= Bandera, 2= Picanas, 3= Perros, 4= Caballos, 5= Gritos. Tiempo de Espera-Faena: =12hs y > 12 hs. Km recorridos total: ≥ 120 km y < 120 km. Método de insensibilización= Neumático y Eléctrico. Agua: arriba= sin y debajo= con. Razas: 1 A. Angus, 2=Cruza, y 3= Hereford. Techo= total y parcial. Tiempo Espera-Faena: arriba= 14 y debajo= 12. Km carretera: < 110 km y ≥ 110 km. Tiempo arribo-descanso= ≥ 32 min y < 32 min, < 27 min y ≥ 27 min. Tiempo de Descarga= ≥ 5 min y < 5 min.

El 63 % de la varianza de los valores de pH resultó explicado por las variables relevadas ($R^2 = 62,8$ %), mientras que el 37 % restante se atribuyó a la variación entre tropas, que estaría explicada por otras variables no consideradas en este modelo. El 10,5 % de las tropas presentaron un pH medio $\geq 5,8$ ($n= 102$).

El mayor porcentaje de registros con pH $\geq 5,8$, estuvo dado – contrariamente a lo esperado - por aquellas canales que recibieron estimulación eléctrica, resultando casi un 40 % ($n=35$). Mientras que aquellas canales que no recibieron estimulación eléctrica, la proporción con pH $\geq 5,8$, fue solo de un 4 %. No obstante, se debe considerar que la estimulación eléctrica de bajo voltaje a canales vacunas durante la faena, no se realiza en todas las plantas y en las que sí se realiza, se lo hace por menor tiempo al requerido y sólo con el propósito de aumentar la velocidad de desangrado. Esta situación podría explicar porqué no ocurren los efectos benéficos reportados en la bibliografía consultada al respecto

La información revisada en este aspecto es coincidente en reportar que las canales estimuladas tienden a presentar menor ocurrencia de carnes DFD (Ferreira *et al.*, 2006) y/o pH más bajos. En el trabajo realizado por Franco *et al.* (2009), los tratamientos con y sin estimulación eléctrica de las canales mostraron valores que corresponden al rango de pH considerado aceptable. No obstante, la carne de las canales estimuladas presentó una apariencia de carne más clara; atribuida por los autores a una mayor desnaturalización de proteínas determinando una estructura muscular más “abierta”, conforme al mayor descenso de pH de las canales estimuladas.

Contrariamente a lo esperado, en las asociaciones de variables: tiempo de arribo-descarga entre 27 y 32 minutos y tiempo de espera-faena igual a 12 h, la proporción de canales con valores de pH $\geq 5,8$ fue de 65,2 %; mientras que las tropas que tuvieron un tiempo arribo-descarga \geq a 32 minutos para el mismo tiempo de espera-faena de 12 h, resultaron con un menor porcentaje de canales con lecturas de pH elevadas. A priori, se tendería a pensar que conforme se demora la descarga una vez que arriba el camión al frigorífico, el estrés debería ser mayor, en este caso posiblemente los animales que permanecieron más tiempo dentro del camión lograron adaptarse y tranquilizarse con respecto a los otros.

Las tropas que en su recorrido por carretera superaron los 110 km de distancia y presentaron tiempo de espera-faena igual a 14 h, mostraron una mayor proporción de canales con pH elevado, frente a aquellas tropas que recorrieron distancias menores a 110 km, para el mismo tiempo de espera-faena. Este resultado podría asociarse a que la mayor distancia

recorrida representa mayor tiempo de transporte, y por ende con mayores probabilidades de estrés y menores niveles de glucógeno al sacrificio. De hecho, se revisó literatura que aprobaría la hipótesis planteada. (Wythes *et al.*, 1981; Tarrant, 1988; Palma y Gallo, 1991; María, 2005).

En las tropas con animales de razas británicas y Holstein la proporción de canales con $\text{pH} \geq 5,8$ fue superior, frente aquellas con razas cruzas (británicas y continentales), que recibieron estimulación eléctrica, fueron arreadas de igual manera y tuvieron un tiempo de descarga menor a 15 minutos. Aunque para Sañudo *et al.* (1999; citado por Garrido y Bañón, 2000), la raza no sería un factor importante de variación del pH final de la carne del ganado bovino, cuyo valor estaría más ligado al manejo de los animales antes del sacrificio. Hecho que concuerda con lo estudiado por Shorthose (1988), quien sostiene que la raza no afecta significativamente el pH final en el músculo *Longissimus dorsi*.

A su vez, dentro de los animales cruza los que presentaron mayor valor de pH, fueron aquellos que se mantuvieron en corrales de espera de frigoríficos con techo parcial; resultado que podría ser explicado por una mayor exposición de los animales a condiciones climáticas adversas, como la lluvia y particularmente el frío, conforme – como ya se señaló - salvo en un frigorífico, no se registraron precipitaciones durante las visitas realizadas a la industria. El clima adverso puede aumentar la incidencia de cortes oscuros y en este sentido, cuanto mayor sea el período de tiempo - tanto en la espera, como durante el transporte o cualquier otro tipo de manejo de los animales - incrementarían los riesgos de que ocurran inclemencias climáticas. Los cambios del clima que son propios de la estación en que se realizó el presente trabajo, afectarían en mayor medida a los animales porque no estarían aclimatados (Tarrant y Sherington, 1980).

Por otro lado, las tropas que tuvieron igual tiempo de descarga y método de arreo y sus canales no fueron estimuladas eléctricamente, pero presentaron tiempo de espera – faena superior a 12 h obtuvieron mayor proporción de canales con $\text{pH} \geq 5,8$ que aquellas donde el tiempo de espera – faena fue igual a 12 h. Este resultado coincide con lo reportado por Marahrens *et al.* (2003), quienes señalan que la espera en matadero es un factor fundamental, ya que durante este período se generan diversas situaciones estresantes para los animales. A su vez, Soares de Lima y Xavier (1997), señalan que existe efecto significativo del tiempo de espera sobre el pH a las 24 h. En este estudio, los animales que fueron sacrificados con menor tiempo de espera (12 h), presentaron valores de pH_{24} significativamente más bajos, respecto a los grupos que tuvieron tiempos de espera de 36 o 60 h.

Por su parte, Wythes y Shorthose (1984), afirman que el descanso es efectivo cuando los animales no son perturbados por los ruidos y las actividades del frigorífico. En esta situación las concentraciones de glucógeno muscular se recuperan y el pH final llega a 5,5. Sin embargo, si durante la espera se mezclan animales de diferentes orígenes se generan interacciones sociales que no permiten una adecuada recuperación (Wythes y Shorthose, 1984).

10. CONCLUSIONES

El valor de pH resultó independiente del lado de la canal elegida para realizar las lecturas. Sin embargo y para aquellos frigoríficos en que se contaron con lecturas a las 24 y de nuevo a las 36 h post-mórtem, el grado de asociación resultó medio, sugiriendo la existencia de factores íntimamente relacionados a la velocidad de descenso de pH, cuya acción continúa luego de las primeras 24 h. Estos resultados, justificarían la práctica comercial de madurar 36 h las canales con destino a exportación, sobre todo a países exigentes a este respecto.

El frigorífico en particular resultó ser un factor importante en la variación de los valores de pH final, ya sea por el modo operacional (tipo de faena) e infraestructura, dando lugar a una gran variación individual entre animales asociada a una diferente percepción frente a un evento estresante.

En el presente trabajo y con las condiciones en las que se trabajó, se encontraron efectos de algunas variables e interacciones entre ellas que aumentaron los riesgos de canales con pH por encima del valor de 5,8 considerado crítico.

Dentro de las variables inherentes al animal, las tropas de ganado integradas por razas puras resultaron más propensas a cortes oscuros frente a aquellas tropas integradas por ganado cruzado.

Las condiciones de manejo pre faena, tales como: las distancias mayores a 110 km en carretera entre el establecimiento comercial y el frigorífico, período de tiempo entre el arribo del camión a planta y la descarga de los animales menores a 32 minutos, tiempo de espera en corrales previo a la faena superiores a 12 h y permanencia en corrales con techo parcial, fueron las variables pre - faena que más afectaron negativamente el pH a las 36 h.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Aalhus J.L.; Janz, J.A.; Tong, A.; Jones, S.; Robertson, W.M. (2001) The influence of chilling rate and fat cover on beef quality. *Canadian Journal Animal Science* (81): 321-330.
2. Bartels, H. (1971) *Inspección Veterinaria de la Carne*. Acribia. Zaragoza. 491 p.
3. Battifora, L.E. (2000) *Análisis Descriptivo del Manejo del Ganado Bovino de Carne desde su embarque en distintas provincias del Perú hasta su Llegada y posterior proceso en centros de beneficio en Lima*. Disponible en: files.hsus.org/web-files/HSI/E_Library.../sp_peru_livestock.pdf. Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2009.
4. Berge, P.; Culioli, J.; Renerre, M.; Touraille, C.; Micol, D.; Geay, Y. (1993) Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Science* 35: 79-92.
5. Bianchi, G.; Garibotto, G.; van Lier, E.; Franco, J.; Feed, O.; Peculio, A.; Bentancur, O.; Courdin, V. y Fernández, M.E. (2004) Efecto del transporte y tiempo de espera en frigorífico sobre los niveles de cortisol plasmático, características de la canal y de la carne de corderos pesados. *Agrociencia* 8 (2): 89-98.
6. Bianchi, G.; Gaibotto, G. (2005) Bienestar animal en ovinos a nivel de productor, transportista y frigorífico y repercusiones en la calidad de la canal - *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*®, ISSN 1695-7504, Vol. VI, nº 09.
7. Bianchi, G. (2005) *Características productivas, tipificación de la canal y calidad de carne a lo Largo de la maduración. de corderos pesados Corriedale puros y cruzados en sistemas extensivos*. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria Universidad de Zaragoza. 102 p.
8. Bianchi, G.; Garibotto, G.; Forichi, S.; Zabala, A.; Benia, P.; Feed, O.; Franco, J.; Ballesteros, F.; Bentancur, O. (2006) Efecto del sistema de refrigeración sobre la calidad de la carne de corderos pesados Merino Dohne x Corriedale. *Revista Argentina de Producción Animal*; 26: 217-224.
9. Bianchi, G.; Garibotto, G.; Franco, J.; Ballesteros, F.; Feed, O. y Bentancur, O (2008) *Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la Cadena*. Unidad de Calidad de Producto. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". Facultad de Agronomía. UDELAR. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~alimentos/cursos/carne/Unidad%201/Art>

10. Bidner, T.D.; Scupp, A.R.; Montgomery, R.E.; Carpenter, J.C. (1981) Acceptability of beef finished on all-forage, forage-plus-grain or high energy diets. *Journal of Animal Science* 53 (5): 1181-1187.
11. Borraz, F.; Rossi, M. (2008) Impactos Sociales en Uruguay de la Liberalización del Comercio Mundial de la Carne. Departamento de Economía. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de la Republica. pp 24 Disponible en: <http://decon.edu.uy/publica/2008/0808.pdf>. Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2009.
12. Broom, D.M. (1983) Stereotypes as animal welfare indicators. En: D. Smidt. *Indicators Relevant to farm Animal Welfare*. Kluwer Academic, Luxembourg, 81-87.
13. Brown, S.N.; Bevis, E.A., Warriss, P.D. (1990) An estimate of the incidence of dark cutting beef in the United Kingdom. *Meat Science*; 27: 249-258.
14. Caballero, S., Sumano, H. (1993) Caracterización del estrés en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 25:15-30.
15. Carduz, A.I. (1996) Análisis de factores que afectan el pH de la carne en condiciones comerciales. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 76 p.
16. Carragher, J.F.; Matthews, L.R. (1996) Animal behaviour and stress: impacts on meat quality. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 56: 162-167.
17. Cockram, M.S.; Kent, J.E.; Gooddard, P.J.; Waran, N.K.; McGilp, I.M. Jackson, R.E.; Muwanga, G.E.; Prytherch, S. (1996) Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of lambs during and after transport. *Journal of Animal Science* 62: 461 - 477.
18. Cooper, C.A.; Evans, C.O.; Cook, S.; Rawlings, N.C (1995) Cortisol, progesterone and β -endorphin response to stress in calves. *Canadian Journal of Animal Science* 95: 197-201.
19. Crookshank, H.R.; Elissalde, M.H.; White, R.G.; Clanton, D.C.; Smalley, H.E (1979). Effect of transportation and handling of calves upon blood serum composition. *Journal of Animal Science*. 48: 430-435.
20. Cunningham, J.G (2003) *Fisiología Veterinaria*. 3º ed. Elsevier. España. 574 p.

21. **Del Campo, M. (2009) Recientes Avances en Bienestar Animal y Calidad de Carne en Bovinos en Uruguay. Revista INIA 18: 10-14.**
22. **Depetris, G. y Santini, F. (2005) Calidad de carne asociada al sistema de producción. INTA Estación Experimental Balcarce. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/carne/calidad%20de%20carne.pdf>. Fecha consulta: 24 de noviembre de 2009.**
23. **Devine C.; Lowe, T.; Wells, R.; Edwards, N.; Hocking Edwards, J.; Starbuck, T.; Speck, P. (2006) Pre-slaughter stress arising from on-farm handling and its interactions with electrical stimulation on tenderness of lambs. Meat Science 73:304-312.**
24. **DIEA (2008) Anuario Estadístico Agropecuario. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2008/Anuario2008/pages/DIEA-Anuario-2008-cd_040.html. Fecha de consulta: 14 de julio de 2009.**
25. **Dikeman, M.E. (1984) Cattle production systems to meet future consumer demands. Journal of Animal Science. 59 (6):1631-1643.**
26. **Dirección Nacional de Meteorología (2009) El Invierno: Aspectos generales del clima durante el invierno en el Uruguay. Disponible en: <http://www.meteorologia.com.uy/pdf/caracteristicas/invierno.pdf> Fecha de consulta: 14 de abril de 2010.**
27. **Fabiansson, S.; Erichsen, I.; Reutersward, L; Gunnar y Malmfors (1984) The incidence of dark cutting beef in Sweden. Meat Science 10: 21-33.**
28. **Falla, H. (2006) Manual básico de tecnología en carnes. Proyecto de Desarrollo de la Producción de Cárnicos Sanos en el Norte del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Ecuatoriano de Cooperación Internacional, Dirección General de Cooperación al Desarrollo del Reino de Bélgica, Cooperación Técnica Belga. Ibarra, mayo de 2006, 36 p.**
29. **FAO (2001) Directrices para el Manejo, Transporte y Sacrificio Humanitario del Ganado. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. FAO. Disponible en: www.fao.org/docrep/005/x6909s/x6909s09.htm. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2009.**
30. **Feed, O. (2004) Laboratorio de Calidad de carnes de la EEMAC: objetivos y funcionamiento. Seminario Técnico. Calidad de carne ovina y vacuna: impacto de decisiones tomadas en distintos segmentos de la Cadena. Paysandú, Uruguay, p. 2-5.**

31. Ferreira, G.B.; Andrade, C.L.; Costa, F.; Freitas, M.Q.; Silva, T.J.P.; Santos, I.F. (2006) Effects of transport time and rest period on the quality of electrically stimulated male cattle carcasses. *Meat Science* 74: 459-466.
32. Flores, A.; Rosmini, M.R. (1993) Efecto del estrés por el tiempo de espera antes del sacrificio sobre la glucemia y el pH de la carne en bovinos. *Fleischwirtsch*, 2: 16-25.
33. Forrest, J.C.; Aberle, E.D.; Hedrick, H.B.; Judge, M.D.; Merkel, R.A (1979) *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. Acribia. Zaragoza. 364 p.
34. Franc, C.; Bartes, L.; Haynst, Y.; Tomen, Y. (1988) Pre-slaughter social activity of young bulls relating to the occurrence of dark cutting beef. *Animal Production* 46: 156-161.
35. Franco, J.B. (1997) *Características Productivas, Calidad de la Canal y Calidad Instrumental de la Carne de 7 Razas Bovinas Españolas*. Tesis de maestría. Zaragoza. 252 p.
36. Franco, J, Bianchi, G, Feed, O, Garibotto, G, Ballesteros, F, Carrere, M, Chiruchi, J. (2009) ¿Cuál es el beneficio de utilizar la estimulación eléctrica en canales, sobre la calidad de la carne vacuna? *Carnes & Alimentos*. Nº 30:4-10.
37. Gallo, C (1994). Efecto del manejo pre y post faenamiento en la calidad de la carne. *Serie Simposios y Compendios de la Sociedad Chilena de Producción Animal* 2: 27-47.
38. Gallo, C.; Pérez, S.; Sanhueza, C.; Gasic, J. (2000) Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 32(2):157-170.
39. Gallo, C.; Espinoza, M.; Gasic, J. (2001) Efectos del transporte por camión durante 36 horas con y sin período de descanso sobre el peso vivo y algunos aspectos de calidad de carne bovina. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 33: 43-53.
40. Gallo, C. (2003) Carnes de Corte Oscuro en Bovinos. *Revista Vetermas* 2(2):16-21.
41. Gallo, C.; Tadich, B. (2008) Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. *Redvet. Revista electrónica de Veterinaria* 1695-7504. Vol. IX Nº 10B. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008B.html>. Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2009.

42. Galyean, M. L.; Lee, R. W.; Hubbert, M. E. (1981) Influence of fasting and transit on ruminal and blood metabolites in beef steers. *Journal of Animal Science* 53: 7-18
43. Garrido M.D.; Bañón S. (2000) Medidas del pH. En: *Cañeque y Sañudo. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España. pp: 147-155.
44. Garriz, C. (2001) Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. Sitio argentino de Producción Animal. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14-calidad_organoleptica_de_la_carne_vacuna.pdf. Fecha de consulta: 12 de noviembre 2009.
45. Geay, Y.; Bauchart, D.; Hocquette, J.F.; Culioli, J (2001) Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial of meat. *Reproduction Nutrition Development* 41:1-26.
46. Grandin, T. (1985) La conducta animal y su importancia en el manejo del ganado. Departamento de Ciencia Animal Colorado State University Fort Collins, CO 80523-1171, EE.UU. Disponible en: www.sacl.com.uy/ARTICULOS/bienestarTemple.pdf. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2009.
47. Grandin, T. (1988) Dark Cutting in Cattle and Sheep. En: *Dark Cutting in Cattle and Sheep. Proceedings of an Australian Workshop*. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation. Agosto, 1988. Australia, pp 38-41.
48. Grandin, T. (1994) Farm animal welfare during handling, transport and slaughter. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 204: 372-377.
49. Grandin, T. (1996) Factors that impede animal movement at slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 209: 757-759.
50. Grandin, T. (1997) Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science* 75: 249-257.
51. Grandin, T. (2000a) *Livestock handling and transport*. CABI. Wallingford. 464 p.
52. Grandin, T (2000b) Manejo y bienestar del ganado en los rastros. Disponible en: www.grandin.com/spanish/tgbook.ch19.html. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2010.

53. Hargreaves, A.; Barrales, L.; Peña, I.; Larraín, R.; Zamorano, L. (2003) Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Ciencia e Investigación Agraria*; 31(3): 155-166.
54. Hemsworth, P.H.; Coleman, G.J. (1998) *Human-Livestock Interactions: The stockperson and the Productivity and Welfare of Intensively-farmed Animals*. CAB International, Oxon, 208 p.
55. Horton, G.M.J.; Baldwin, J.A.; Emanuele, S.M.; Wolht, J.E.; McDowell, L.R (1996). Performance and blood chemistry in lambs following fasting and transport. *Journal of Animal Science* 62: 49-66.
56. Huertas, S. M. (2004) Identificación de puntos críticos que afectan el bienestar de los vacunos durante el transporte y su entorno. XXXII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp. 211-213.
57. Huerta-Leidenz, N. (2002) Caracterización de ganado y carne bovina como base científica de la clasificación de canales en el trópico americano. *Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal*. ULA-Venezuela. p. 1-18.
58. Immonen, C.; Ruusunen, M.; Hissa, K.; Puolanne, E (2000) Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science* 55: 25-31.
59. INIA, INAC, CSU (2003) Auditoría de Calidad de Carne Vacuna. "Un compromiso de mejora continua de la calidad de la carne vacuna del Uruguay". Montevideo. 23 p.
60. INIA (2007). Programa nacional de investigación. Producción de carne y lana. Disponible en: www.inia.org.uy/online/site/31583811.php. Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2009.
61. INIA, INAC (2008) 2ª Auditoría de Calidad de la Carne de Bovinos y Ovinos del Uruguay, 2007-2008. Montevideo. Graficalmente. 41 p.
62. IPCVA (2000) ¿Qué es la calidad de la carne? 6ª Jornada "El Negocio de la Carne". EEA INTA Manfredi. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=124>. Fecha de consulta: 2 de abril de 2009.
63. Jones, S.D.M. y Tong, A.K.W. (1989) Factors influencing the commercial incidence of dark cutting beef. *Canadian Journal Animal Science* 69: 649-654.
64. Jones, S.D.M.; Schaefer, A.L.; Robertson, W.M.; Vincent, B.C (1990). The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Science* 28: 131-139.

65. Kent, J. E.; Ewbank, R. (1983) The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. I. Six months old. *British Veterinary Journal* 139:228–235.
66. Kenny, F.J.; Tarrant, P.V (1987) The physiological and behavioural responses of crossbred Friesian steers to short-haul transport by road. *Livestock Production Science*; 17: 63-75.
67. Knowles, T.G; Warriss, P.D; Brown, S.N; Edwards, J.E; Watkins, P.E, A.J. Philips, A.J. (1997) Effects on calves less than one month old of feeding or not feeding them during road transport of up to 24 hours. *Veterinary Record*, 140:116-124
68. Knowles, T.G.; Warriss, P.D.; Brown, S.N.; Edwards, J.E (1999) Effects on cattle of transportation by road for up to 31 hours. *Veterinary Record*. 145: 575-582.
69. Koohmarie, M, Veiseth, E, Kent, M P, Shackelford, S D, Wheeler, TL. (2003) Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. 40ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 21-24/07/2003. Conferencia (CD-ROOM). Santa Maria, RS. Brasil.
70. Lawrie, R. A. (1998) *Ciencia de la carne*. 3ª ed. Acribia, Zaragoza. 367 p.
71. Levrino, G.M. (2005) Transporte de ganado bovino, bienestar animal y calidad de la carne. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/96-transporte_de_ganado_bovino.pdf. Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2009.
72. Lister, D.; Gregory, N.G.; Warriss, P.D (1981) *Developments in meat science*. Applied Science Publishers. London
73. Littler, B. y House, J. (2001) Dark cutting beef – managing cattle to reduce DCB. *Agnote DAI 245*. NSW Agriculture.
74. McVeigh, J.M.; Tarrant, P.V (1982) Glycogen content and repletion rates in beef muscle, effect of feeding and fasting. *Journal of Nutrition*, 112: 1306- 1314.
75. McVeigh, J.M.; Tarrant, P.V.; Harrington, M.G (1982) Behavioral stress and skeletal muscle glycogen metabolism in young bulls. *Journal of Animal Science* 54 (4): 790-795.
76. Miller, M. (2007) Dark, Firm and Dry Beef. Disponible en: <http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/Dark,%20Firm%20and%20Dry%20Beef.pdf>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2009.

77. Mitchell, G.; Hattingh, J.; Ganhao, M. (1988) Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter. *Veterinary Record*, 123: 201-205.
78. Moberg, G. P. (1987) A model for assessing the impact of behavioural stress on domestic animal. *Journal of Animal Science* 65: 1228-1235.
79. Moreno B. (2006) *Higiene e inspección de la carne*. Díaz de Santos. Madrid. 646 p.
80. Moreno Grande, A., Rueda, V.; Ceular, A. (1999) Análisis cuantitativo del pH de canales de vacuno en matadero. *Archivos de Zootecnia*. 48: 33-42.
81. Montossi, F.; Ravagnolo, O. y Ciapesoni, G. (2008) Uruguay "Cabaña de América": El rol de la innovación tecnológica para alcanzar este objetivo País. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp. 99-104.
82. Mounier, L.; Veissier, I.; Andanson, S.; Delval, E.; Boissy, A. (2006) Mixing at the beginning of fattening moderates social buffering in beef bulls. *Applied Animal Behaviour Science*. 96:185–200.
83. Mounier, L.; Dubroeuq, H.; Andanson, S.; e Veissier, I. (2006) Variations in meat ph of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *Journal of Animal Science* 84:1567-1576.
84. Muir, P.D.; Beaker, J.M.; Brown, M.D. (1998) Effects of forage and grainbased feeding systems on beef quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 41: 623-635.
85. Munns, W. O.; Burrell. D. E. (1966) The incidence of dark cutting beef. *Food Technology*. 20: 1601 - 1603.
86. Murray, A.C. (1989) Factors affecting beef color at time of grading. *Canadian Journal of Animal Science* 69: 347-355.
87. Navajas, E. A.; Burgueño, J. A.; Aldrovan, A.; González, G. E. (1996) Variación en pH *post mortem* en novillos y vacas Hereford: Resultados preliminares. 1er. Congreso Uruguayo de Producción Animal. Montevideo-Uruguay.
88. Navajas, E. (2002) Applying a novel method for the analysis of beef ultimate pH in the detection of quantitative trait loci. Tesis de Maestría. Massey. University Palmerston North, New Zealand. 97 p.

89. O'Sullivan, A., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., O'Sullivan, K. and Kerry, J.P (2003) Effect of pre-slaughter rations of forage and/or concentrates on the compositions and quality of retail packaged beef. *Meat Science*. 63: 279-286.
90. Oyarce, J.; Tadich, N.; Gallo, C (2002) Determinación de algunos constituyentes sanguíneos indicadores de estrés, en novillos en reposo. Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. 2-4 octubre. Chillán, Chile.
91. Oyharzábal, C. y Pioli, D. A. (2006) Efecto de la duración del transporte y del tiempo de espera sobre la calidad de la canal y de la carne de vaquillonas en pastoreo. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. Montevideo. 64 p.
92. Page, J. K., Wolf, D. M., Schwotzer, T. R. (2001) A survey of beef muscle colour and pH. *Journal of Animal Science* 79:678-687.
93. Palma, V. O. (1990) Estudio de factores condicionantes de carne de "corte oscuro" (DFD) en bovinos. Tesis, Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.
94. Pantanalli, C. (2008) Características de pH de las canales ovinas faenadas en la planta Mañihuales de Coyhaique y su relación con distancia de procedencia y tiempo de espera de los animales. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencia Animal. Valdivia. 28 p.
95. Prändal, O.; Fischer, A.; Schmidhofer, T.; Sinell, H.J (1994) Tecnología e Higiene de la Carne. Acribia. Zaragoza. 854 p.
96. Price, J.F.; Scheweigert, B.S. (1994) Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos, 2º ed. Acribia. Zaragoza. 581 p.
97. Rebagliati, J.E.; Ballerio, M.; Acerbi, R.; Diaz, M.; Álvarez, M.; Bigatti, F.; Cruz, J.A.; Scitrlli, L.; Ergonzelli, P.; Gonzalez, C.; Civil, D.; Ghezzi, M.D. (2005) Evaluación de las prácticas ganaderas en bovinos que causan perjuicios económicos en plantas frigoríficas de la República Argentina. REDVET, Revista electrónica de Veterinaria Vol IX N° 10B. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008B/BA039.pdf>
Fecha de consulta: 2 de agosto de 2010.
98. Sánchez, J. I. (2006) Especificaciones para el Transporte de Ganado. Disponible en: www.produccionbovina.com/informacion.../34-transporte.pdf. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2009.
99. Santini, F.; Rearte, D.; Grigera, J. M (2003). Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. 1ª Jornada de Actualización Ganadera,

Balcarce.INTA, Balcarce; UNMdP y Becario de la Secretaría de Ciencia y Técnica (Foncyt). Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/41-calidad_carne. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2009.

100. Sañudo, C. (1992) La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. Curso Internacional de Producción Ovina. SIA, Zaragoza. 117 p.
101. Sañudo, C., Sanchez, A.; Alfonso, A. (1998) Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science* 49: 29-64.
102. Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Meade, M.K.; Reagan, J.O.; Byrnes, B.L.; Koohmaraie, M. (2001) Consumer impressions of Tender Select beef. *Journal of Animal Science* 79: 2605-2614.
103. Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M.; Wheeler, T.L.; Cundiff, L.V.; Dikeman, M.E. (1994) Effect of biological type of cattle on the incidence of the Dark, Firm and Dry condition in the Longissimus muscle. *Journal of Animal Science* 72: 337-343.
104. Shaw, F.D.; Tume, R.K (1992) The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents-A review of recent work. *Meat Science* 32: 311-329.
105. Shorthose, W.R. (1988) Dark-cutting meat in beef and sheep carcasses under the different environments of Australia. En: *Dark Cutting in Cattle and Sheep. Proceedings of an Australian Workshop*. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation. p. 68-74.
106. Shorthose, W.R.; Harris, P.V.; Bouton, P.E. (1972) The effects on some properties of beef of resting and feeding cattle after a long journey to slaughter. *Proceeding of the Australian Society Animal Production*; 9: 387-391.
107. Silva, J. A. (2006) Calidad e inocuidad de los alimentos en las cadenas de carne vacuna y frutícolas del Uruguay. *Revista INIA* 6: 43-47.
108. Soares de Lima, J.M.; Xavier, J.E. (1997) Algunos factores que afectan la variación del pH *post mortem* en la carne vacuna. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. Montevideo. 78 p.
109. Tadich, N.; Gallo, C.; Bustamante, H.; Schwerter, N.; Schaik, G. van (2005) Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livestock Production Science*; 93(3): 223-233.

110. Tadich, N.; Gallo, C.; Echeverria, R.; Van Schaik, G (2003) Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 35(2) :171-185.
111. Tadich, N; Gallo, C; Knowles, A; Arinis. (2002) Concentración de algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés antes y durante la sangría en novillos. XII Congreso de Medicina Veterinaria, Chillán Chile, 24-26 octubre de 2002.
112. Tadich, N; Gallo, C, Alvarado, M. (2000) Efectos de 36 horas de transporte terrestre con y sin descanso sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 32(2) :171-183.
113. Tarrant, P.V.; Grandin, T. (1993) Cattle transport. En: T. Grandin, *Livestock Handling and Transport*, CABI, Wallingford, p. 109-126.
114. Tarrant, P.V (1990) Transportation of cattle by road. *Applied Animal Behaviour Science* 28:153-170.
115. Tarrant, P.V (1988) Animal behaviour and environment in the Dark Cutting Condition. *Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation.* p. 8-18.
116. Tarrant, P.V.; Sherington, J. (1980) An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science* 4 (4): 287-297.
117. Téllez Villena, J. (2005) La calidad de la carne de vacunos. *In: 1º Congreso Peruano de la Carne, Lima, 24-27 de Agosto 2005.* Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/62-calidad_de_carne_de_vacunos.htm. Fecha de consulta: 13 de junio de 2008
118. Tornberg, E. (2000) Why pH is important? Disponible en: www.meatscience.org/meetings/RMC/porkph/Tornberg.pdf. Fecha consulta: 4 de diciembre de 2009.
119. Trunkfield, H.R.; Broom, D.M (1990) Welfare of calves during handling and transport. *Applied Animal Behaviour Science* 28:135-152.
120. Tume, R.K.; Shaw, F.D. (1992) Beta-endorphin and cortisol concentration in plasma of blood samples collected during exsanguination of cattle. *Meat Science* 31: 211-217.

121. Usaqui, K.L (2008). Contraccion Muscular. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Disponible en: www.monografias.com/.../contraccion-muscular/contraccion-muscular2.shtml. Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2009.
122. Voisinet B.D.; Grandin, T.; O'Connor, F.; Tatum, J.D.; Deesing M.J. (1997) *Bos indicus*-cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Science* 46: 367-377.
123. Warner, R.D.; Eldridge, G.A.; Halpin, C.G.; Barnett, J.L.; Halpin, C.G.; Cahill, D.J (1986) The effects of fasting and cold stress on dark-cutting and bruising in cattle. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 16: 383-386.
124. Warriss, P.D.; Kesting, S.C.; Brown, S.N.; Wilkins, L.J (1984) Recovery from mixing stress in young bulls. *Meat Science* 10: 53-68.
125. Warriss, P.D (1990) The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*; 28: 171-186.
126. Warriss, P (1992) Animal welfare. Handling animal before slaughter and the consequences for welfare and product quality. *Meat Focus International*. 1: 135-138.
127. Warriss, P.D.; Brown, T.G.; Knowles, S.C.; Kestin, J.E.; Edwards, S.K.; Dolan, A. J.; Phillips (1995) Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. *Veterinary Record*, 136 (13): 319-323.
128. Warriss, P.D (2001) *Meat Science. An Introductory Text*. Wallingford. Cabi. 312 p.
129. Warris, P.D (2003) *Ciencia de la Carne*. 3º ed. Acribia. Zaragoza. 367 p.
130. Watanabe A, Daly, C.; Devine, C. (1996) The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science* 42: 67-78.
131. Wythes, J.R.; Shorthose, W.R.; Schmidt, P.J.; Davis, C.B. (1980) Effects of various rehydration procedures after a long journey on liveweight, carcasses and muscle properties of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*; 31: 849-855.
132. Wythes, J.R.; Arthur, R.J.; Thompson, P.J.M.; Williams, G.E.; Bond, J.H. (1981) Effect of transporting cows various distances on liveweight, carcase traits and muscle pH. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 21: 557-561

133. Wythes, J.R.; Shorthose, W.R. (1984) Marketing cattle: its effects on liveweight, carcasses and meat quality. Australian Meat Research Committee. 46: 1-27.
134. Wythes, J.R.; Smith, P.C.; Arthur, R.J.; Round, P.J. (1984) Feeding cattle at abattoirs: the effect on carcass attributes and muscle pH. Animal Production in Australia; 15: 643-646.
135. Zimerman M. (2008) pH de la carne y factores que lo afectan. *In*: Sañudo, A, González, C. Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Tandil, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires; pp. 141-153.
Disponible en:
http://www.produccionbovina.com/produccion_ovina/produccion_ovina/146-carne.pdf. **Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2009.**

12. ANEXO I.

ENCUESTA AL FRIGORÍFICO

Promedio de animales faenados por día en los meses invernales:.....

Cuántos turnos trabaja:.....

Características de los corrales de espera:

- Condiciones del Piso: Buenas Regular Malas
- Condiciones de Higiene: Buenas Regular Malas
- Condiciones de Paredes: Buenas Regular Malas
- El techo de los corrales: Es total Parcial Sin techo

¿Qué métodos se utilizan en esta planta para trasladar los animales hasta el sacrificio?

Banderas Picanas Gritos

El diseño de los corrales es: Tipo Grandin Recto Otro
Indique

cuál.....

El diseño de las mangas es: Tipo Grandin Recto Otro
Indique

cuál.....

Tipo de insensibilización: Neumática Eléctrica

Duración:.....

Distancia entre corrales de espera y cajón de noqueo (metros).....

Características del cajón de noqueo:

- Sujeción del animal: Sí No
- Piso antideslizante: Sí No
- Con luz adelante: Sí No

Utiliza estimulación eléctrica: Sí No

Desembarcadero: Piso antideslizante: Si No
Paredes: Ciegas Abiertas

Tiempo de espera de los animales en el frigorífico hasta su faena:.....

13. ANEXO II:

ENCUESTA AL CAMIONERO

1. SOBRE LA EMPRESA AGROPECUARIA

Razón

Social:.....

Departamento:.....

Localidad: Seccional Policial:

Consignatario de la hacienda:.....

El estado del embarcadero es:

Muy bueno Bueno Regular Malo

2. SOBRE LOS ANIMALES EMBARCADOS

* N° cabezas total:

* Raza:

Hereford	<input type="checkbox"/>	cantidad:.....	Normando	<input type="checkbox"/>	cantidad:.....
Limousin	<input type="checkbox"/>	cantidad:.....	Cruza	<input type="checkbox"/>	cantidad:.....
A. Angus	<input type="checkbox"/>	cantidad:.....	Holando	<input type="checkbox"/>	cantidad:.....

* Categoría:

NOVILLOS 1-2 2-3 +3
VACAS
VAQ.
TOROS

* % de animales astados:%

* ¿Hubo mezcla de animales para llenar el camión? Sí No

* Minutos de encierro previo:.....

* ¿Tuvieron acceso al agua durante la espera? Sí No No sabe

* ¿Tuvieron acceso a la sombra durante la espera? Sí No No sabe

* Modo de arreo de los animales durante el embarque:

Banderas Picanas Perros Caballos Gritos

¿Existió alguna dificultad durante el embarque? Sí No

Comentario:.....

3. SOBRE EL VIAJE

* A qué hora partió del establecimiento:horas yminutos

* A qué hora llegó a frigorífico:.....horas y.....minutos

* Cuántas paradas hizo en el camino:

* Cuántos kilómetros recorrió:

• Cuantos km fueron en:

• Carretera :.....km

- Camino de tierra:.....km
 - El camino de tierra estaba:
 - Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo

4. SOBRE EL CLIMA

Muy bueno Bueno Regular Malo

5. SOBRE EL CAMIÓN

Años de trabajo en el rubro:.....

Conocimiento sobre Bienestar Animal: Sí No

Marca del
camión:.....

Tipo de camión: Simple Zorra Semirremolque

Estado del camión: Bueno Regular Malo

Largo de la jaula:.....metros Ancho de
jaula:.....metros

Estado del Piso: Bueno Regular Malo

Piso con rejilla: Sí No

Puertas: Guillotina Corrediza

Ubicación de la puerta: Central Lateral izquierdo Lateral
derecho

Estado de la puerta: Bueno Regular Malo

Usó Separadores en este embarque: Sí No

6. SOBRE LA DESCARGA EN EL FRIGORÍFICO

¿Hubo dificultades durante la descarga? Sí No

Si hubo dificultades indique cuales
fueron:.....

.....
Tiempo que demoró la descarga:..... minutos

¿Se utilizó algún elemento punzante para guiar los animales durante la
descarga? Sí No

Tiempo transcurrido desde arribo del camión hasta que se descargaron los
animales:.....minutos

**14. ANEXO III:
ENCUESTA AL PRODUCTOR**

1. SOBRE LA EMPRESA AGROPECUARIA

Razón

Social:.....

Departamento:.....

Localidad: Seccional Policial:

Teléfono:

Consignatario de la hacienda:

El estado del embarcadero es: Muy bueno Bueno Regular
Malo

¿Cuántas horas hace que se juntaron los animales para ser embarcados? horas

¿Tuvieron acceso al agua durante la espera? Sí No No sabe

¿Tuvieron acceso a la sombra durante la espera? Sí No No sabe

Modo de arreo de los animales durante el embarque:

Banderas Picanas Perros Caballos Gritos

¿Existió alguna dificultad durante el embarque? Sí No

Comentario:.....

Condiciones de alimentación durante los 60 días previos al embarque los animales:

- fueron suplementados: Sí No
- base forrajera: CN PRADERA
- manejo: en franjas continuo

