

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS CARACTERES QUE AFECTAN
EL pH DE LA CARNE VACUNA EN LOS MESES DE VERANO**

por

**BLANC CHALKLING, María Patricia
SALSAMENDI CABRERA, Mariana**

TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias

Orientación: Producción Animal

Higiene, Inspección, Control y
Tecnología de los Alimentos



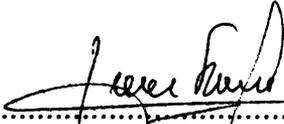
MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

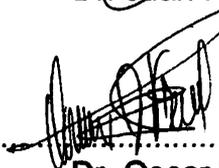


PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de Mesa:


.....
Dr. Juan Franco

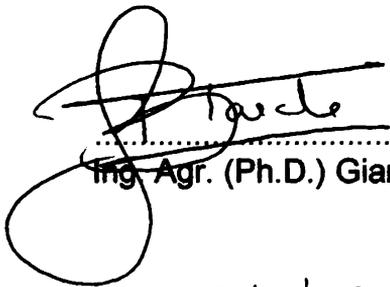
Segundo Miembro (Tutor):


.....
Dr. Oscar Feed

Tercer Miembro:


.....
Dr. Fernando Nan

Cotutor:


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

Fecha:

12/11/10
.....

Autores:


.....
María Patricia Blanc Chalkling

FACULTAD DE VETERINARIA

Aprobado con 11 (once) 


.....
Mariana Salsamendi Cabrera

AGRADECIMIENTOS

- A nuestro tutor, el Dr. Oscar Feed por el tiempo, dedicación y motivación para la realización del presente trabajo.
- A nuestro cotutor, el Ing. Agr. Gianni Bianchi por su colaboración en la elaboración de nuestra tesis.
- Al Ing. Agr. Oscar Bentancur por su contribución en el análisis estadístico.
- A Planta Industrial Colonia (Colonia), Planta Industrial San José (San José), Planta Industrial Salto (Salto) y Planta Industrial Tacuarembó (Tacuarembó) pertenecientes a Marfrig Group, Frigorífico Casa Blanca S.A (Paysandú), Frigorífico PUL S.A (Cerro Largo) y Frigorífico San Jacinto NIREA S.A (Canelones) por brindar sus instalaciones y recursos humanos.
- A nuestras familias por el apoyo constante en la realización de éste trabajo.
- A Facultad de Veterinaria de la UdelaR por la formación en todas las etapas de nuestra carrera.

TABLA DE CONTENIDO

FACI

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
GLOSARIO.....	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	V
1. <u>RESUMEN</u>	1
2. <u>SUMMARY</u>	2
3. <u>INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN</u>	3
4. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
4.1 CALIDAD DE CARNE.....	5
4.2 METABOLISMO MUSCULAR.....	6
4.3 pH.....	7
4.3.1 <u>Alteración de la carne</u>	8
4.3.2 <u>Color</u>	9
4.3.3 <u>Terneza</u>	12
4.4 FACTORES QUE AFECTAN EL pH.....	12
4.4.1 <u>Factores extrínsecos</u>	13
4.4.1.1 Manejo en el establecimiento rural.....	13
4.4.1.2 Alimentación.....	14
4.4.1.3 Mezcla de animales.....	15
4.4.1.4 Clima.....	16
4.4.1.5 Transporte.....	17
4.4.1.5.1 <u>Condiciones de transporte</u>	17
4.4.1.5.2 <u>Tiempo de transporte</u>	18
4.4.1.6 Uso de picana eléctrica.....	19
4.4.1.7 Espera en planta frigorífica.....	20
4.4.1.7.1 <u>Tiempo de espera</u>	20
4.4.1.7.2 <u>Condiciones de espera</u>	21
4.4.1.8 Ayuno.....	24
4.4.1.9 Contacto habitual con humanos.....	24
4.4.1.10 Ejercicio.....	24
4.4.1.11 Insensibilización.....	25
4.4.1.12 Estimulación eléctrica.....	25
4.4.1.13 Manejo de la canal.....	26
4.4.1.14 Temperatura.....	26
4.4.2 <u>Factores intrínsecos</u>	27
4.4.2.1 Raza.....	27
4.4.2.2 Presencia de astas.....	28
4.4.2.3 Individuo.....	28
4.4.2.4 Temperamento.....	29
4.4.2.5 Sexo.....	29
4.4.2.6 Edad.....	30
4.4.2.7 Estrés.....	30

4.4.2.8 Tipo de músculo.....	33
5. HIPÓTESIS.....	33
6. OBJETIVOS.....	33
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	33
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
7.1 SELECCIÓN DE LAS PLANTAS DE FAENA.....	34
7.2 ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA.....	35
7.2.1 <u>Diseño y ejecución de la encuesta</u>	35
7.2.2 <u>Encuesta a transportadores de hacienda</u>	35
7.2.3 <u>Encuesta a la planta frigorífica</u>	36
7.2.4 <u>Encuesta a la empresa agropecuaria y/o consignatario de hacienda</u>	36
7.3 OBSERVACIÓN DE LA DESCARGA EN FRIGORÍFICO.....	36
7.4 OBTENCIÓN DE VALORES DE pH.....	36
7.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	37
7.5.1 <u>Análisis estadístico</u>	37
7.5.1.1 Estadística descriptiva.....	37
7.5.1.2 Estudio de correlaciones.....	37
7.5.1.3 Estudio de variabilidad de pH.....	37
7.5.1.4 Partición recursiva.....	38
8. RESULTADOS.....	39
8.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	39
8.2 ESTUDIO DE CORRELACIONES.....	42
8.3 ESTUDIO DE VARIABILIDAD.....	42
8.4 PARTICIÓN RECURSIVA.....	46
9. DISCUSIÓN.....	48
9.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	48
9.2 ESTUDIO DE CORRELACIONES.....	48
9.3 ESTUDIO DE VARIABILIDAD.....	49
9.4 PARTICIÓN RECURSIVA.....	49
10. CONCLUSIONES.....	52
11. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....	53
12. BIBLIOGRAFÍA.....	54
13. ANEXO.....	65
13.1 FORMULARIO DE ENCUESTA.....	65
13.2 CÁLCULOS PARA ANÁLISIS DE VARIABILIDAD.....	69

GLOSARIO

- **ACTH:** Adenocorticotropina
- **AST:** Aspartato Amino-transferasa
- **ATP:** Adenosin Tri-fosfato
- **CK:** Creatininkinasa
- **CRA:** Capacidad de Retención de Agua
- **DFD:** Dark, Firm, Dry (Oscura, Firme y Seca)
- **LDH:** Lactato Deshidrogenasa
- **pHu:** pH final o último
- **PSE:** Pale, Soft, Exudative (Pálida, Blanda y Exudativa)
- **T3:** Triyodotironina

LISTA DE CUAROS Y FIGURAS

CUADROS

Página

Cuadro 1. Análisis estadístico descriptivo de las lecturas de pH a las 36 h post - mórtem en cada uno de los frigoríficos intervinientes en el presente trabajo.....	39
Cuadro 2. Análisis estadístico de medidas de dispersión de pH a las 36 h post - mórtem en cada uno de los frigoríficos intervinientes en el presente trabajo.....	39
Cuadro 3. Diferencia máxima entre las 2 medias canales por planta de faena en valor absoluto de pH.....	41
Cuadro 4. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre las 2 medias canales.....	42
Cuadro 5. Varianzas dentro de frigoríficos de los valores de pH a las 36 h post - mórtem.....	42
Cuadro 6. Valores de varianza entre animales dentro de tropas de cada frigorífico para los valores de pH a las 36 h post - mórtem.....	44
Cuadro 7. Comparación de varianzas de lecturas de pH a las 36 h post - mórtem registradas entre frigoríficos.....	45

FIGURAS

Figura I. Características de vehículos empleados para el transporte del ganado con jaulas de metal con puertas levadizas y pisos antideslizantes.....	17
Figura II. Condiciones de espera en la planta de faena.....	21
Figura III. Piso antideslizante en corrales de espera.....	23
Figura IV. Obtención de valores de pH.....	36
Figura V. Porcentajes de medias canales con lecturas de pH $\geq 5,8$ en los Frigoríficos 2 y 6.....	40
Figura VI. Diagrama de caja. Diferencia máxima de pH a las 36 h post – mórtem entre las 2 medias canales de los Frigoríficos 1, 3, 5 y 7.....	41
Figura VII. Representación gráfica de varianzas entre frigoríficos de las lecturas de pH a las 36 h post - mórtem.....	43
Figura VIII. Valores de varianza estimada entre animales dentro de cada tropa de cada frigorífico para los valores de pH a las 36 h post - mórtem.....	45
Figura IX. Partición recursiva de probabilidad de obtención de pH $\geq 5,8$ en la canal.....	46

1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue la identificación y cuantificación de los factores que afectan el pH de la carne vacuna en Uruguay. Para ello, se relevaron (a través de la metodología de encuesta), entre los meses de diciembre del 2008 y marzo del 2009, las medidas de manejo y/o decisiones tomadas en diferentes eslabones de la cadena cárnica que incidirían en la presencia de carne con $\text{pH} \geq 5,8$. Se encuestaron productores ($n=88$), camiones de transporte de hacienda seleccionados al azar de diferentes plantas ($n=70$) y plantas frigoríficas habilitadas por el M.G.A.P ($n=7$) que representaban más del 50 % de la faena de bovinos del país. Se midió el pH a las 36 h post - mórtem empleando un peachímetro portátil en el músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12ª y 13ª costilla. Se obtuvo un total de 2.218 registros completos de pH. Los principales resultados mostraron que el Frigorífico 6 presentó una media superior al límite de pH de rechazo (5,8), mayor mediana (5,73) y ocupó el segundo lugar en valores máximos de pH (6,96). Respecto a la dispersión de las lecturas de pH, fue el Frigorífico 2 el que presentó el mayor coeficiente de variación (6,56). La partición recursiva de probabilidad de obtención de $\text{pH} \geq 5,8$ reveló que el 54 % de la varianza de los valores de pH resultó explicado por las variables relevadas ($R^2= 54 \%$), mientras que el 46 % restante se atribuyó a la variación entre tropas, que estaría explicada por otras variables no incluidas en el modelo utilizado. Se concluye que el frigorífico resultó un factor relevante en la variación de los valores de pH final. Asimismo, la suplementación 60 días previos a la faena determinó una reducción de 12,1 % en la probabilidad de obtención de $\text{pH} \geq 5,8$. La raza, el método de insensibilización empleado, la disponibilidad de agua en el encierre previo al embarque, la ausencia de sujeción en el cajón de noqueo y la mezcla de categorías fueron variables que incidieron en la aparición de pH final de rechazo.

Palabras clave: canales vacunas, manejo pre - faena, pH final.

2. SUMMARY

The aim of the present study was to identify and quantify the factors that affect pH of beef cattle in Uruguay. In order to achieve that, the handling measures and decisions taken in different links in the meat chain that would have influence in the presence of meat with $\text{pH} \geq 5.8$ were relieved through a survey carried out between december 2008 and march 2009. Randomly selected producers (n=88), beef transport trucks (n=70) and slaughter plants authorized by M.G.A.P. (n=7) that represent more than 50 % of Uruguayan slaughter were polled. pH 36 h after slaughter was taken using a portable pH meter between the 12th and 13th intercostals spaces of the *Longissimus dorsi* muscle. 2.218 complete registers were obtained. The mayor results shown that Meting Processing Plant 6 presented an average that was above the superior pH limit of rejection (5.8), a higher median and the second position in maximum pH values (6.96). Regarding the dispersion of the pH measurements, Meting Processing Plant 2 revealed the higher variation rate (6.56). The recursive partitioning method probability of obtaining de $\text{pH} \geq 5.8$, revealed that 54 % of the variance of the pH results were explained by the studied variables ($R^2= 54 \%$), whereas the remaining 46 % was attributed to the variation between troops due to variables that were not included in the model used. It was concluded that the slaughter plant is a relevant factor in the ultimate pH variations. On the other hand, the supplementary alimentation in the 60 days previous to slaughter, determined a 12.1 % reduction in the probability of obtaining $\text{pH} \geq 5.8$. The breed, stunning method, water availability prior to loading in the farm, the absence of restrain in the stunning box and the category mixture were variables that influenced the appearance of rejection ultimate pH.

Key words: beef carcass, pre-slaughter handling, ultimate pH.

3. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

En Uruguay la producción agropecuaria constituye uno de los principales rubros de la economía y dentro de ésta, el sector cárnico bovino es el más relevante en cuanto a su contribución al valor de Producción Bruta, siendo éste el mayor producto de exportación. Uruguay se ubica en el 7º lugar mundial en cuanto a exportaciones de carne vacuna (MGAP-DIEA, 2008).

Más del 80 % de la superficie de Uruguay se encuentra dedicada a la ganadería y dentro de ella las principales razas bovinas explotadas son las británicas. En el año 2009 el país contaba con 11.736.000 cabezas de ganado vacuno y existía una relación aproximada de 3,9 bovinos por habitante. Del total de las existencias se faenaron 2.408.363 cabezas en el ejercicio 2009/2010, siendo marzo y abril los meses de mayor volumen de faena. La mayor parte del mismo se destina a la exportación y el remanente al consumo interno, siendo que nuestro país presenta uno de los mayores índices de consumo *per cápita* del mundo. En Uruguay existen 20 plantas habilitadas para la faena y exportación de carne bovina (INAC, 2010).

Se ha logrado por parte del país un destacado posicionamiento en el mercado cárnico internacional gracias a su *status* sanitario que actualmente lo ubica entre los países libres de Fiebre Aftosa con vacunación y libres de BSE (Encefalopatía Espongiforme Bovina). Además, se asegura la inocuidad del alimento por la ausencia de *E.coli* 0157:H7, antibióticos, hormonas en carne y proteínas de origen animal en alimentos destinados a bovinos (OIE, 2009). Esto se complementa con la oferta de productos y procedimientos certificados que se mantiene a lo largo del tiempo (Lagomarsino *et al.*, 2008).

En los últimos años se ha registrado un interés creciente respecto a las prácticas de bienestar animal y estándares de calidad por parte de la población de los países compradores, transformándose en una exigencia de estos últimos hacia los proveedores. Esto ha derivado en la necesidad, de lograr que todos los actores de la cadena cárnica se vean obligados a examinar, modificar y optimizar aquellos puntos que resultan determinantes para alcanzar la calidad de carne exigida, así como para cumplir con los requerimientos internacionales sobre bienestar animal (Lagomarsino *et al.*, 2008).

Todas aquellas personas vinculadas al sector agropecuario, particularmente los profesionales son los responsables de obtener un producto final de buena calidad, cumpliendo con estándares sanitarios internacionales y procurando evitar el sufrimiento de los animales destinados a la producción de alimento para los humanos (Gallo, 2004).

Resulta necesario profundizar sobre la calidad de carne en relación con el manejo al que son sometidos los animales durante su ciclo productivo. La relevancia de éste tema, radica en el carácter de exportador de carne de nuestro país y por su aplicación práctica en todos los puntos de la cadena productiva.

Se plantean 5 condiciones para lograr el adecuado bienestar de los animales: (1) adecuado control de enfermedades, especialmente de aquellas que provoquen dolor, (2) correcta alimentación, (3) confort físico y térmico, (4) ausencia de miedo y/o estrés intenso o prolongado, (5) posibilidad de desarrollar el comportamiento normal de la especie en libertad (*Farm Animal Welfare Council*, 1992).

En este trabajo se expone una relación entre la calidad de carne y los factores que la afectan, específicamente en los meses de verano. Se realiza especial hincapié en el pH, por ser una de las principales variables de calidad de la carne que por sí misma, afecta la vida útil del producto y por el efecto que tiene sobre otras características: color, capacidad de retención de agua, sabor y terneza. Asimismo resulta un elemento decisivo por la implicancia que tiene desde el punto de vista sanitario, estableciendo reglas de comercialización entre los países del circuito aftósico y el no aftósico. Los países que están dentro de éste último no aceptan carne que no haya obtenido un pH final de 5,8 como límite máximo a las 36 h de maduración en cámaras luego del sacrificio. Los antecedentes nacionales al respecto resultan escasos y en su mayoría se asocian a otras características de la calidad de la carne. Encontramos que Carduz (1996) realizó un trabajo sobre los factores que afectan el pH de la carne en condiciones comerciales. Por su parte, Soares de Lima y Xavier (1997), llevaron a cabo un experimento acerca de los factores que afectan la variación del pH post - mórtem en la carne vacuna. Además, Huertas (2006), se centró en el bienestar de los bovinos, enfocándose en las lesiones traumáticas en las etapas que circundan a la faena. Por otra parte, tuvieron lugar 2 Auditorías de Calidad de Carne realizadas por INIA, INAC y CSU (2003) e INIA e INAC (2008), en las que, entre otras características, se estudió el pH en relación a la aparición de cortes oscuros. Además,

En este contexto se definen los objetivos generales y específicos del trabajo.

El objetivo **general** del presente trabajo fue identificar y cuantificar los factores que afectan el pH de la carne vacuna en los meses de verano, considerando las etapas comprendidas entre la salida del establecimiento y la faena del animal.

Los objetivos **específicos** del trabajo fueron:

A. Describir las condiciones de producción, pre - embarque y embarque en el establecimiento agropecuario de origen (estado del embarcadero, tiempo de encierro previo, acceso a agua y sombra, elementos empleados para el embarque y dificultades en el mismo y condiciones de alimentación 60 días previos al embarque).

B. Caracterizar el transporte de los bovinos desde el establecimiento a la planta frigorífica (duración del viaje, número de paradas realizadas, km totales, de camino de tierra y de carretera recorridos, clima a la salida del establecimiento, durante el viaje y a la llegada al frigorífico, años de experiencia y conocimientos sobre bienestar animal del transportista; características generales del camión tales como, marca, tipo y estado de conservación considerando el estado y tipo de piso y puerta y uso de separadores).

C. Identificar los caracteres de cada grupo de animales destinado a la faena (número, raza, sexo, categoría, porcentaje de animales astados, mezcla de animales de distinta procedencia y categoría).

D. Describir las instalaciones destinadas a la descarga, espera y sacrificio de los animales (construcción, diseño, estado de conservación y condiciones higiénicas,

del desembarcadero, mangas y corrales de espera, distancia entre corral de espera y cajón de noqueo, particularidades del cajón de noqueo).

E. Determinar las condiciones de manejo ante y post - mórtem en la planta de faena (tipo de faena que se realiza, dificultades, tiempo y elementos utilizados en la descarga, características de la faena, forma de insensibilización, utilización de estimulación eléctrica, elementos empleados para transportar los animales desde corrales de espera al cajón de noqueo, tiempo que transcurre desde el arribo de los animales a la planta hasta la descarga y tiempo desde la descarga hasta la faena, capacidad máxima de faena y faena diaria promedio).

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 CALIDAD DE CARNE

La carne vacuna es un alimento de alto valor nutricional, que aporta proteínas de excelente valor biológico, vitaminas del complejo B, antioxidantes, hierro de elevada biodisponibilidad entre otros minerales (cobre, magnesio, selenio) y ácidos grasos (Martínez, 2005).

La calidad de carne es la medida de los rasgos que el consumidor percibe y evalúa. Si se usa de una manera relativamente intacta, como filetes o asados, una carne se considera de buena calidad si presenta un aspecto atractivo tanto cruda como cocida y si es apetitosa, nutritiva y saludable en su estado final. Si se emplea en toda la variedad de productos cárnicos procesados, sin embargo, su calidad viene en gran parte determinada por parámetros funcionales como capacidad de retención de agua, poder emulsificante, mejora de la viscosidad, formación de gel, moldeabilidad, adhesión, dispersión, formación de fibras o películas, estabilización, unión de grasa, desarrollo del flavor y la textura. De este modo la calidad depende del uso final al que se va a destinar el producto (Price y Schweigert, 1994).

En el caso de la carne involucra varios aspectos, calidad nutricional, organoléptica e higiénico-sanitaria. Numerosos factores involucrados en la cadena de producción, procesamiento y comercialización como: raza, sexo, edad, alimentación, manejo, envasado, congelado, tiempo de conservación afectan dicha calidad (Martínez, 2005). Para otros autores está particularmente definida por su composición química (valor nutricional) y por sus características organolépticas (valor sensorial), tales como: terneza, color, sabor y jugosidad. El sistema de producción, el tipo de animal, el plano nutricional ofrecido y el manejo pre y post - faena, pueden modificar considerablemente estas características (Dirección de Mercados Agroalimentarios Ganaderos, 2005).

Las características organolépticas de la carne también son importantes para determinar su calidad, desde éste punto de vista el color es el factor por el cual el consumidor decide la compra mientras que la terneza, el sabor y el aroma son los factores que definen futuras compras luego de consumir el producto (Martínez, 2005).

Estas características están especialmente influenciadas por la tasa de descenso del pH y pH final que alcance la carne. La rapidez 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 anaeróbica del

glucógeno muscular. Las reservas de glucógeno son por lo tanto de suma importancia en determinar la calidad de la carne (Santini *et al.*, 2003).

Desde el punto de vista higiénico los alimentos deben ser totalmente inocuos para la salud de los consumidores. No deben contener residuos de pesticidas, hormonas o antibióticos que puedan inducir riesgo al consumirlos. Tampoco deben tener microorganismos ni toxinas peligrosas para el consumidor. Estas cualidades son garantizadas por leyes y autoridades sanitarias (Garriz, 2001).

La calidad es la resultante de muchos factores, la mayoría de ellos controlables. Incluyen la edad, el acervo genético del animal y la alimentación, la naturaleza y la extensión de los cambios bioquímicos y fisiológicos tras el sacrificio en el tejido, y las primeras condiciones post - mórtem y de almacenamiento que se imponen a la canal o a la carne (Price y Schweigert, 1994).

4.2 METABOLISMO MUSCULAR

En el animal vivo, en estado de reposo, el ATP (adenosin tri-fosfato) es responsable de la relajación muscular. Con la muerte del animal cesa la irrigación sanguínea al tejido muscular, lo que determina que se recurra al metabolismo anaeróbico para convertir las reservas de glucógeno muscular en ATP (Warriss, 2003). Esto tiene como finalidad mantener la temperatura y estructura del músculo. Los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren en el organismo del animal, luego del sacrificio, están directamente relacionados con el rápido descenso de la cantidad de oxígeno presente en el torrente sanguíneo. Los procesos post - mórtem en la carne comienzan luego de la muerte biológica de los músculos (Fehlhaber y Janetschke, 1995). Como consecuencia del acúmulo de ácido láctico que se genera como residuo del metabolismo anaeróbico, se produce el descenso de pH muscular al no poder ser removido por la circulación sanguínea. En el caso de los bovinos, el proceso de acidificación se completa en un período de 15 a 36 h post - mórtem (Warriss, 2003). Para que ocurra la transformación del músculo en carne deben desarrollarse los procesos de maduración y *rigor mortis*. Este último, implica una acidificación muscular (Zimmerman, 2007).

El hecho más significativo es que se incrementa progresivamente la cantidad de ácido láctico como consecuencia de que el músculo consume las propias reservas de glucógeno. Este incremento se mide mediante el valor de pH, de modo que el aumento del contenido de éste ácido en el músculo se relaciona con un descenso progresivo del valor de pH. Transcurridas aproximadamente 24 h desde el sacrificio de los animales, el valor de pH se encuentra en torno a 5,5. Este es el valor que se considera "óptimo" para que se desarrolle correctamente el proceso de maduración de la carne (ITGG, 2009).

El desarrollo de condiciones ácidas en el músculo antes de que el calor corporal natural y metabólico se haya disipado en la refrigeración de la canal, da lugar a la desnaturalización de las proteínas. Esto provoca pérdidas en la solubilidad, capacidad de retención de agua y color del músculo (Forrest *et al.*, 1979). Además, el pH alcanza valores que inhiben las reacciones enzimáticas. Por ello, el pH interviene en la definición de la futura calidad de los productos preparados (Sánchez, 1999).

Las características de la carne como ternura, jugosidad, flavor, color y vida útil se ven afectadas en forma negativa por la baja concentración de glucógeno en el músculo en el momento de la faena, resultando en un pH > 5,8. Como

consecuencia, se aprecia la aparición de cortes oscuros. Además de la pérdida de peso atribuible al estrés previo a la faena, se considera que las pérdidas de glucógeno muscular son las más críticas. En bovinos sanos y bien alimentados, la concentración de glucógeno muscular es de 60 a 120 $\mu\text{mol/g}$ de músculo, lo cual representa el 1 a 2 % del peso muscular húmedo (Tarrant, 1989).

La glucogenólisis muscular ocurre en el manejo previo a la faena debido a los efectos del aumento de la actividad física y la activación adrenal. A pesar de ello, parte de la pérdida de glucógeno puede ser restablecida sin provocar efectos deletéreos sobre la calidad de la carne. En caso de que la disminución de glucógeno muscular caiga por debajo de 40 a 57 $\mu\text{mol/g}$, no habrá una cantidad de sustrato suficiente para la acumulación de ácido láctico (Tarrant, 1989; Ferguson, 2000). En consecuencia, el pH final de la carne será alto (Ferguson, 2000).

Los factores estresantes afectan la homeostasis de los animales. Su respuesta adaptativa inicial es la restauración del balance, lo cual puede incluir alteraciones en el comportamiento o cambios neuro-endócrinos (Ferguson, 2000). La concentración muscular de glucógeno puede resultar sumamente disminuida por factores estresantes previos a la faena, tales como: el transporte, la pobre nutrición, el frío o cambios climáticos, el ejercicio prolongado, un manejo pre - faena inapropiado y el ayuno prolongado (Warner *et al.*, 1998).

4.3 pH

El pH se define como el potencial de hidrogeniones en una disolución. Se mide en una escala entre 0 y 14, siendo 7 el valor de neutralidad, y cada punto de pH representa una concentración 10 veces mayor o menor que el valor previo o posterior en la escala. La importancia del estudio del valor final del pH radica en su relación con las características organolépticas y tecnológicas de la carne. Por otra parte permite cuantificar las reservas de glucógeno muscular y determinar el trato previo al sacrificio que se brindó a los animales (Zimerman, 2007).

La medida del valor de pH a las 24 h después del sacrificio de los animales es un parámetro que se emplea para determinar la calidad de la carne, de modo que valores de pH alejados del valor 5,5 se relacionan con anomalías en los fenómenos bioquímicos que ocurren durante la maduración de la carne y en consecuencia con alteraciones en las propiedades organolépticas de ésta como son: el color, la jugosidad y la textura (ITGG, 2009).

Durante los primeros estadios del período post - mórtem, el pH muscular cae de valores entre los 7,2-7,0 en los animales vivos a 6,2-5,4 en la carne. Este valor se denomina pH final o último (pHu). Tanto la velocidad del descenso como el valor de pHu determinan características tan importantes como lo son el color, la textura, la capacidad de retención de agua y la calidad tecnológica de la carne. El pH interviene en las características organolépticas de la carne y en su capacidad para la transformación en otros productos procesados, por influir directa o indirectamente sobre el color, terneza, sabor, capacidad de retención de agua (CRA) y conservación (Gallo, 2003).

En nuestro país se realizó en dos oportunidades, en los años 2003 y 2008, el Proyecto "Auditoría de Calidad de la Carne Vacuna del Uruguay" por parte del Instituto Nacional de Carnes (INAC), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y la Universidad de Colorado (CSU; sólo en la primera auditoría). Se midió el pH luego de un mínimo de 18 h posteriores a la faena. Se

consideró 5,8 como valor límite de aceptación. En el año 2003 se encontró que un 52,4 % de las canales presentaba un pH < 5,8, y un 47,6 % un pH \geq 5,8. De las canales con pH por encima del límite aceptado, el 22,7 % presentó un pH entre 5,8 y 5,9, el 15,6 % entre 5,9 y 6 y el 10,3 % > 6 (INAC, INIA, CSU, 2003). En el 2008 un 85,6 % de las canales vacunas relevadas mostró un pH aceptable, mientras que un 14,4 % resultó superior. Entre estas últimas se reporta que el 7,7 % presentaba un pH > 6, el 4,2 % un pH entre 5,8 y 5,9 y un 2,5 % mostró valores entre 5,9 y 6 (Lagomarsino *et al.*, 2008).

4.3.1 Alteración de la carne

La carne vacuna oscura se produce cuando el animal agota sus reservas de glucógeno, que es la fuente de energía de los músculos. Algunos de los factores que drenan las reservas del animal son: los cambios severos en el clima, el manejo rudo y la permanencia en los corrales de la planta frigorífica durante la noche previa a la faena. Ninguno de estos factores en forma aislada alcanza para producir carne oscura; generalmente se trata de una combinación de factores (Grandin, 2000 a).

Las lesiones (machucones) son el resultado de un traumatismo en los tejidos del cuerpo con la consiguiente ruptura de vasos sanguíneos y la liberación de sangre en los tejidos circundantes. La severidad de los mismos está dada por el número y el tamaño de los vasos rotos. El tejido dañado puede ser un medio para la proliferación de microorganismos y no es aceptado para el consumo humano, por lo que se considera material decomisado (Huertas, 2004).

Cuando el pH baja muy rápido, < 6 antes de la primera hora post - mórtem o si el pH_u es < 5,6, la carne adquiere un color pálido, pierde textura y exuda agua (carnes PSE). Su origen es multifactorial y está determinado por factores que causan estrés a los animales como: los ambientales del manejo (ayuno, carga, transporte, descarga y espera), por la infraestructura de los establecimientos y mataderos (rampas de descarga, diseño de pasillos y corrales, aturdimiento y enfriamiento), y por la genética (genes mayores y diferencias entre líneas e individuos de la misma línea genética) (InfoPIC, 2009). En estos casos, se considera que se está en presencia de una carne PSE (Zimerman, 2007). Esta alteración ocurre principalmente en suinos, aunque también se ha registrado en bovinos (Price y Schweigert, 1994).

En tanto, cuando los músculos conservan un pH alto en su proceso de conversión en carne y ésta se caracteriza por ser oscura, firme y seca y con una estructura cerrada, la carne se denomina -en inglés- DFD (*dark, firm and dry*). Esta situación ocurre por concentraciones insuficientes de glucógeno en el músculo al momento del sacrificio animal (Price y Schweigert, 1994). Las carnes con éstas características presentan un pH \geq 6 en las 12 a 48 h posteriores a la faena, variando según la especie (Zimerman, 2007). La aparición de cortes oscuros ocurre principalmente en los músculos del lomo (Gallo, 2003), presentándose éste defecto más comúnmente en bovinos. Tanto las carnes PSE como las DFD resultan de difícil comercialización, pero en el caso de las carnes DFD se les agrega el riesgo de presentar alteraciones microbiológicas (Price y Schweigert, 1994). Esto se fundamenta en que las bacterias presentan un rango de pH óptimo de crecimiento cercano a la neutralidad, resultando especialmente susceptible la carne DFD por su elevado pH (Forrest *et al.*, 1979).

En el proyecto “Auditoría de Calidad de la Carne Vacuna del Uruguay” realizado en 2003 y 2008, se determinó la incidencia de cortes oscuros por apreciación visual. En la primera se registró un 18,8 % de cortes oscuros entre las canales evaluadas (INAC, INIA, 2003). En tanto, en la segunda, la incidencia resultó ser de 11,1 % (Lagomarsino *et al.*, 2008). En las dos auditorías se realizó la cuantificación de las pérdidas económicas en dólares americanos (U\$S) por animal faenado. En el 2003 se constató que la principal causa de pérdidas de valor se atribuía a la presencia de cortes oscuros (INAC, INIA, CSU, 2003) mientras que en el 2008, la presencia de cortes oscuros ocupaba el segundo lugar. En la 2ª Auditoría, según los distintos actores de la cadena cárnica, se constató que entre los principales problemas de calidad, el elevado pH y la presencia de cortes oscuros ocupaban el tercer lugar, detrás de la presencia de machucos y decomisos de hígado. En tanto, en ovinos el pH elevado y los cortes oscuros no revisten la misma importancia que en bovinos desde el punto de vista de las pérdidas económicas (Lagomarsino *et al.*, 2008).

Las canales que presentan corte oscuro no se pueden destinar a empaque al vacío, producto de que el pH alto que las caracteriza las hace más susceptibles al deterioro bacteriano, por ende no pueden exportarse y su valor comercial para la planta disminuye significativamente (Herrera, 2008).

4.3.2 Color

De acuerdo a la Commission International de l’Eclairage (CIE) el color se define como “el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos”, conforme no depende solamente del color físico del estímulo, sino también del tamaño, estructura, forma, estímulos que lo rodean y estado de la vista del observador, además de su experiencia como tal. Se señalan como factores de variación del color: el contenido de pigmento (que se encuentra en función de la especie, raza, sexo, edad y alimentación), condiciones previas y posteriores al sacrificio (afectadas por estrés, temperatura y humedad de la cámara) y tiempo de almacenamiento y condiciones de comercialización. En tanto, la percepción del color del producto resulta como: “aquella respuesta del sistema visual de un observador real a un estímulo generado por la energía radiante, que procede de la capacidad de reflexión por la materia de las diferentes radiaciones luminosas del espectro visible” (Albertí *et al.*, 2005).

Se señalan como atributos del color: (1) la claridad o (L^*) *lightness*, como la sensación visual en la que la superficie en la que se presenta el estímulo aparenta emitir luz con respecto a la generada por un área similar, que sea distinguida como blanca. A esto, la CIE le agrega que la luminosidad de un estímulo se debe comparar con la de un estímulo que aparezca como blanco o transparente, siendo que esto se halla relacionado con el pH final del músculo entre otros elementos; (2) el tono o (H^*) *hue*, que según la CIE es aquel por el cual el estímulo parece similar a uno de los colores percibidos como rojo, amarillo, verde o azul, siendo que se corresponde al estado químico del pigmento, influenciado por la oxidación de la mioglobina, correlacionándose con factores post - mórtem; (3) el croma o (C^*) *chroma*, que es cuan colorido es el estímulo comparado en relación a la proporción de luminosidad de un estímulo que aparece como blanco, encontrándose relacionado con factores ante - mórtem y la saturación del color estará dada por la cantidad de mioglobina presente en el músculo (Albertí *et al.*, 2005).

El color es uno de los componentes más importantes en la apariencia física de la carne y está determinado por la cantidad de mioglobina presente en el músculo. La estabilidad del color se encuentra asociada con el tratamiento previo a la faena, así existen factores estresantes que pueden determinar alteraciones en el color y la consecuente aparición de carne oscura (Faustman y Cassens, 1990). Este es el atributo sensorial más importante al momento de decidir la compra por parte del consumidor. Dicha propiedad 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 cambio 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 al compuesto metamioglobina que le otorga el color marrón a la carne. El grado de asociación de la mioglobina con el oxígeno está determinado por el pH de la carne, siendo pH bajos los que permiten mayor grado de asociación. Este menor pH está altamente correlacionado con el color, principalmente con la luminosidad (L^* ,4) generando carnes más brillantes (Dirección de Mercados Agroalimentarios Ganaderos, 2005).

Según Carduza *et al.* (2000), la metodología más aplicada en la actualidad con el fin de describir el color ha sido determinada por la Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International de l'Eclairage - CIE), que consiste en el empleo de condiciones estándares del instrumento y de iluminación de la muestra, obteniendo valores para tres colores primarios y calculando, a partir de ellos, las coordenadas de color L^* que representa la luminosidad, a^* el índice de verde - rojo y b^* el índice azul - amarillo. Es así, que un color determinado queda representado por ciertos valores de L^* , a^* y b^* . Se ha establecido que el índice de rojo (a^*) resulta de mayor utilidad que el índice de amarillo (b^*) al momento del análisis de la estabilidad de color, ya que a^* mide la variación de rojo y verde y la formación de metahemoglobina provoca variación en esta gama de colores que varía entre rojo (+60) y verde (-60) (Page *et al.*, 2001).

Por otra parte, es viable establecer en forma instrumental el color de un alimento empleando colorímetros de mesada o portátiles, logrando mediciones objetivas empleadas en el desarrollo del producto y en el control su calidad. La utilización de este método permite determinar objetivamente las diferencias de color y luminosidad en la carne, estimar la proporción y el estado de los pigmentos responsables del color, fundamentalmente mioglobina y hemoglobina y detectar los factores que intervienen en su deterioro (Carduza *et al.*, 2000).

Bioquímicamente, la carne oscura al corte se caracteriza por bajas reservas de glucógeno y un contenido de azúcares también reducido. Las bajas cantidades de glucógeno son responsables del elevado pH final y de la incapacidad de los tejidos para tomar suficiente oxígeno para formar el pigmento rojo brillante, la oximioglobina (Price y Schweigert, 1994).

Un pH final superior a 6, determina que el punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares resulte elevado, con lo cual las moléculas de agua se hallan fuertemente unidas y el resultado es que la estructura refleja menos y absorbe más luz incidente, por lo que aparece inusualmente oscura. Además de este defecto de color, ésta carne es más propensa a la alteración microbiana a causa de su mayor pH (Price y Schweigert, 1994).

El pH ejerce un efecto marcado sobre el color de la carne, es así que aquellas que presentan mayor pH muestran colores más oscuros, en razón de una mayor

absorción de luz causada por una mayor retención de agua, mientras que las carnes de menor pH muestran un color más claro. El tipo de músculo considerado también es uno de los factores que afectan el color de la carne debido a las grandes diferencias en la concentración de pigmentos que pueden encontrarse en ellos. Sin embargo y de la misma forma que sucede con el pH, si bien las diferencias entre músculos se mantienen, una canal más oscura lo es en todas sus partes (Garibotto, 2004).

Además existe una débil correlación positiva entre el pH muscular y la resistencia al pasaje de corriente eléctrica a través del tejido muscular. Esto es atribuible a que el agua es buen conductor de la corriente eléctrica y al tener un pH elevado existe menor cantidad de agua en músculo (Page *et al.*, 2001).

del Campo *et al.* (2007), estableció que no se registraron diferencias en el color de la carne entre tratamientos en base a pasturas, pero ésta presentó carnes con mayor índice de rojo que la proveniente del sistema a corral. Sin embargo, la carne de los animales que estuvieron más tiempo en corrales de espera presentó un índice de rojo mayor que la del grupo de espera corta. Estas diferencias se podrían deber a la relación inversa que existe entre el pH final y el color de la carne.

La edad de sacrificio influye sobre el color de la carne ya que el contenido de pigmento responsable del color de la carne (mioglobina) se incrementa con la edad. En el caso de los bovinos, parece que éste aumento es especialmente importante entre los 10 y 18 meses de edad. Las razas más precoces (fundamentalmente lecheras) incrementan el contenido de mioglobina a edades más tempranas (ITGG, 2009). Se ha establecido que aquellos terneros de hasta 10 meses de edad y que se encuentran lactando, presentan elevados valores del índice de amarillo, además de que éste color se asocia con edades tempranas al sacrificio. Por otra parte, se sostiene que los valores de pH y color menos favorables se presentan en terneros de más de 10 meses y pobre estado corporal. Otros autores han encontrado que la relación entre la edad y el color no es lineal, sino que revela una tendencia sigmoide (Sánchez *et al.*, 1997).

Sin embargo, existen también algunos estudios en los que el pH y el color del músculo dependen de otros factores diferentes a la raza. Se ha establecido que las diferencias entre razas de carne y de leche resultan mínimas o inexistentes (Sánchez *et al.*, 1997).

Se considera como método de referencia para la medición del color al establecido por Honikel (1997, 1998), asumiendo que existe una cierta variabilidad atribuible a los aparatos empleados para la medición. Los instrumentos se pueden clasificar como de medida en contacto con la muestra, que incluye al colorímetro y espectrocolorímetro, y de medida a distancia como el espectro-radiómetro (Albertí *et al.*, 2005).

Al color del músculo se lo puede analizar desde el punto de vista físico y químico. El mismo después del corte se modifica, alcanzando sus máximos valores de L*, a* y b* 24 y 48 h posteriores a ser cortado, debido a la evolución de la oximioglobina. En tanto, el análisis químico se fundamenta en la proporción de pigmentos presentes en el músculo. Los pigmentos presentan curvas de reflectancia y de absorción diferenciales según la longitud de onda generada. A partir de esto, se formularon relaciones para calcular el porcentaje del estado químico de los pigmentos en un determinado momento. Para esto, se emplea una muestra de 5 g del músculo homogéneo, carente de grasa, vasos sanguíneos o fascias del *Longissimus thoracis*, a nivel de la 6ª costilla (Albertí *et al.*, 2005).

4.3.3 Terneza

A nivel de faena y post - faena, la estimulación eléctrica, la instauración del *rigor mortis*, el pH, las condiciones de enfriamiento y el tiempo de maduración pueden tener efectos sobre la terneza (Koochmarine, 1994; Pérez *et al.*, 1998; Garibotto, 2004).

Se ha reportado que la temperatura elevada en músculo puede acelerar el ritmo metabólico y resultar en un incremento de la terneza (Marsh *et al.*, 1981).

La carne alcanza una dureza máxima en el rango de pH de 5,8 a 6,3 (Jeleníková *et al.*, 2008). En tanto, el aumento de la terneza registrado cuando el pH aumenta de 6 a 7, es atribuido a una mayor actividad de la calpaína, cuyo dinamismo es máximo en un pH neutro (Kendall *et al.*, 1993; Beltrán *et al.*, 1997). En cambio, cuando el pH disminuye por debajo de 6, se considera que es consecuencia del aumento de la acción de la proteasa ácida (Watanbe *et al.*, 1996; Jeleníková *et al.*, 2008). De acuerdo a las investigaciones realizadas por Yu y Lee (1986), un pH bajo potenciaría la actividad de las catepsinas, resultando en un mayor grado de tiernización en el proceso de maduración. Recientes estudios muestran que la carne que entra en *rigor* a alta temperatura muscular, en ausencia de acortamiento, posee una terneza limitada (Devine *et al.*, 2002). Un pH final alto (en carnes DFD), ha sido asociado con una mayor terneza en comparación con una carne de pH final normal o bajo (Jeleníková *et al.*, 2008).

A un pH final de 6,2 el proceso de tiernización tiene lugar rápidamente y ésta carne es finalmente más tierna que una carne de pH entre 5,6 a 5,8. El primer tejido cuenta con una cantidad de reservas de glucógeno limitada al momento de la faena, la glucólisis y la producción de ATP cesa antes en el tiempo, comparado con un tejido post - mórtem normal. Es por ello que el ATP es necesario para la disociación de los puentes cruzados en el ciclo de la contracción. Los puentes cruzados permanentes son formados antes en el tiempo en el caso de las carnes DFD. Se considera que el acortamiento del sarcómero es una de las causas de la disminución de la terneza de la carne. Cuando el pH final cae por debajo de 6,2 se presentan mayores longitudes de sarcómero. La terneza de la carne es dependiente del pH porque condiciona el proceso en el cual los iones de calcio ejercen un efecto directo sobre las proteínas miofibrilares (Jeleníková *et al.*, 2008). Whipple *et al.* (1990), reportaron que una elevada temperatura en músculo en combinación con bajos valores de pH, promueven la temprana liberación de calcio iónico desde el retículo sarcoplásmico y el incremento de la actividad de las calpaínas.

La carne con pH > 6,4 resulta tierna, pero en menor medida que aquella con pH a las 24 h < 6. En tanto, los valores de pH al final de la línea de producción en la planta de faena a las 48 h post - mórtem, no se encontraron altamente relacionados con la terneza (Jeleníková *et al.*, 2008). Por otra parte Purchas (1990) y Wulf *et al.* (1997), demostraron que existe una relación entre la palatabilidad de la carne cocida y el pH.

4.4 FACTORES QUE AFECTAN EL pH

Se puede realizar una clasificación de los factores que afectan el pH de la carne en intrínsecos o propios del animal y extrínsecos o del ambiente.

4.4.1 Factores extrínsecos

4.4.1.1 Manejo en el establecimiento rural

En todos los momentos en que se maneja ganado, se encuentra el componente humano, las instalaciones y el carácter del animal con el que se está trabajando, y la existencia de una fuerte interacción entre los tres elementos (Warriss, 1990).

Los inconvenientes que se plantean en relación a estos elementos son:

1- Humano: falta de experiencia en el trato de los animales, rudeza, falta de información, negligencia, uso de picanas eléctricas, palos y/o perros.

2- Instalaciones: cuando las instalaciones no son adecuadas, promueven que los animales salten, se golpeen contra los límites o contengan elementos prominentes que puedan lastimarlos o no estén diseñadas de forma tal que permitan el tránsito fluido de los animales.

3- Carácter de los animales: es sabido que las cruas con razas cebuinas poseen un temperamento más excitable que las británicas y continentales. Asimismo, cuando hay animales astados y nerviosos, se promueven las lesiones traumáticas (Huertas, 2004).

En el establecimiento los animales son sometidos a manejos previos una vez que se determina que su destino será el sacrificio. Es así, que la carga al camión se realiza en instalaciones que no siempre son las adecuadas para el bienestar de los animales y para evitar lesiones. En el caso de que los animales sean comercializados en remates - ferias aumentan las oportunidades de que los animales sufran mayor estrés (Huertas y Gil, 2003).

El ganado manejado tranquilamente en instalaciones adecuadas tiende a presentar un menor ritmo cardíaco comparado con el ganado manejado toscamente en instalaciones inapropiadas. El nivel de estrés impuesto sobre el animal durante el manejo se encuentra muy influenciado por la experiencia previa (Grandin, 1997). Si se lograra reducir el estrés previo a la faena que provoca la baja del pH, la acidificación disminuiría (Beltrán *et al.*, 1997).

Se considera necesaria la reducción del contacto entre animales, y especialmente entre toros durante el manejo previo a la faena, siendo que el manejo en forma individual parece resultar más apropiado. En tanto, en el caso de las hembras, el manejo pre - faena es considerado menos importante por su temperamento más dócil. Además, el manejo grupal y la reconstrucción de las estructuras sociales las afectan en menor grado que a otras categorías vacunas (Jeleníková *et al.*, 2008).

Se ha demostrado que animales sometidos a manejo previo de embarque necesitan al menos 3 días para recuperarse del estrés y alcanzar un bajo pH final de la carne, y que animales estresados antes del embarque presentan carne mas dura. Se considera que el encierro previo a la carga debe ser no menor a las 2 h de duración, pero tampoco es recomendable que sea mayor a 4 h. De esta forma se permite al animal restablecer sus parámetros fisiológicos a los valores de reposo (Alende *et al.*, 2009).

Una vez seleccionados los animales a transportar, es fundamental garantizarles una suficiente provisión de agua (Alende *et al.*, 2008; Gallo, 2010). El viaje implica un período variable de privación de agua, por lo cual los animales que no tengan un buen nivel de hidratación son proclives a deshidratarse. La provisión, en el caso de los bovinos, no debe ser menor a los 40 l/animal/día (Alende *et al.*, 2009). En tanto Castro y Robaina (2004), afirman que es de gran importancia el acceso al agua previo al embarque, a efectos de mantener un adecuado nivel de líquidos corporales para compensar las pérdidas por sudoración y evaporación. Por otra parte, los animales deshidratados presentan problemas en el desollado y evisceración (Sánchez, 2002).

4.4.1.2 Alimentación

La adecuada alimentación se encuentra directamente relacionada con los niveles de glucógeno, especialmente en las 2 a 3 semanas anteriores a la faena. Se ha constatado que novillos faenados en invierno que habían sido suplementados con granos durante el período de engorde, registraron niveles más elevados de glucógeno previo al sacrificio, frente aquellos alimentados sólo con pradera en primavera (Gallo, 2003). Se ha determinado que las dietas con altos niveles de energía (como aquellas ofrecidas en condiciones de engorde a corral), permiten incrementar las reservas de glucógeno en el músculo y de esta manera lograr adecuados descensos de pH, permitiendo una adecuada conservación de la carne (Immonen *et al.*, 2000; O' Sullivan *et al.*, 2003). Contrariamente, el efecto de la suplementación con granos sobre los niveles de glucógeno muscular fue minimizado en un trabajo en el cual se comparaban animales con distintos niveles y tipos de suplemento. Se estableció que el acostumbramiento diario de los animales al contacto con el hombre es lo que provoca que reaccionen de mejor modo ante situaciones de estrés, por lo que la movilización de glucógeno previo a la faena no resulta significativa (Franco y Feed, 2004). Amtmann *et al.* (2006), hallaron que la susceptibilidad al estrés no sería solo debida a una menor reserva energética, sino que los novillos a pastoreo tienen en general menor manejo y contacto con el hombre. Además, indicaron que la alimentación de novillos con pasto produce en la canal valores de pH más elevados que la alimentación con grano, sugiriendo que novillos alimentados sólo con pasto son más susceptibles a estrés que los que reciben grano. La situación anterior puede explicar la diferencia encontrada entre diferentes estaciones del año, ya que los novillos de invierno, en general, tienen mayor contacto con personas debido al confinamiento que usualmente reciben; mientras que los de verano sólo se alimentan de pradera y tienen, por tanto, 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 $\text{pH} \geq 5,8$. De acuerdo con Grandin (1997), la menor experiencia de los novillos con los humanos es la que posteriormente los hace más temerosos y, por ende, más susceptibles al estrés.

Existen estudios que comparan crecimiento, performance física y composición de la canal en ganado en etapas de terminación. Animales cruza Simmental y Holando fueron agrupados y sometidos a una alimentación con diferentes proporciones de silo de maíz y silo de pradera (2:1, 1:2 o únicamente silo de maíz), siendo posteriormente faenados al alcanzar 560 kg de peso vivo. Al ser evaluados post - mórtem se constató que no existían diferencias significativas entre las distintas

dietas en cuanto a pH y color en tejido magro. Sin embargo, sí se encontraron diferencias en el color de la grasa, siendo esta de color más amarillo en el grupo de animales alimentados con silo de pradera, situación probablemente atribuida al incremento en el contenido de carotenos por el tipo de alimento recibido (Juniper *et al.*, 2005).

Se señala que 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 a nivel muscular. Sin embargo, la suplementación con granos de cereales de animales en pastoreo durante su etapa de terminación, permite almacenar suficientes reservas de glucógeno como para lograr adecuados descensos de pH (Santini *et al.*, 2003), manteniendo las bondades de la alimentación en base a pasturas en lo que a calidad de grasa y repercusión sobre la salud humana se refiere (Grompone, 2010). Por otra parte la falta de aporte alimentario al ganado disminuye las reservas de glucógeno en el músculo y por lo tanto los valores de pH final alcanzado son más elevados, en consecuencia se incrementa la probabilidad de aparición de carnes tipo DFD (ITGG, 2009). Por lo tanto aumentar el porcentaje de energía en la ración 2 semanas previas al sacrificio podría usarse como una medida tendiente a prevenir la presentación de canales con pH elevado, especialmente si los animales son transportados por períodos largos (Immonen *et al.*, 2000).

4.4.1.3 Mezcla de animales

Resulta recomendable la separación de categorías y tamaños de animales, así como también evitar la mezcla de lotes de diferente origen. Esto se fundamenta en que, en estos casos, a los animales les implica casi 2 semanas reacomodarse en su nuevo grupo, por ello en caso de mezclarse en el momento del embarque, a los animales se les coloca en una situación de lucha por la jerarquía dentro del nuevo grupo conformado (IPCV, 2006). Grandin (2000 c), ha reportado que al mezclarse animales de distinta procedencia antes de la faena, las montas y empujones agotan las reservas de glucógeno de los músculos, pudiendo tardar 1 semana en ser recuperadas. Si fuera imprescindible mezclar lotes en un mismo camión, se aconseja emplear separadores entre lotes y evitar que los lotes se mezclen cuando llegan a la planta de faena. Resulta mayor el estrés generado cuando se mezclan además de lotes diferentes, categorías y tamaños muy distintos de animales (IPCV, 2006). Por esta razón una condición indispensable para el transporte es preparar lotes de animales que sean uniformes en tamaño y sexo. Mezclar animales grandes con chicos genera el riesgo de que estos últimos resulten aplastados o pisoteados. La mezcla de hembras y machos da lugar a montas que pueden generar riesgos de carnes DFD y de machucones. Tampoco es recomendable la mezcla de animales que no estén previamente familiarizados entre sí, ya que esto conduce a un aumento en las peleas y montas entre animales, agravando el cuadro de estrés (Alende *et al.*, 2009).

4.4.1.4 Clima

El desempeño productivo del ganado bovino de leche y carne es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los que en su conjunto afectan su balance térmico (Arias *et al.*, 2008).

Los bovinos (al igual que todos los mamíferos) son animales homeotermos, es decir, organismos que a pesar de las fluctuaciones en la temperatura ambiental son capaces de mantener relativamente constante la temperatura corporal. Esta capacidad es esencial para una multitud de reacciones bioquímicas y procesos fisiológicos asociados con el normal metabolismo animal (González, 1998).

El estrés calórico se produce cuando el calor metabólico producido por el animal no puede disiparse correctamente, tanto por la existencia de temperaturas externas altas así, como por el hacinamiento de los animales en el camión, condiciones de alta humedad ambiental complican aún más el cuadro (Alende *et al.*, 2009). Numerosos esfuerzos se han llevado a cabo para identificar los umbrales a los que los animales comienzan a sufrir estrés térmico, de manera tal de prevenir los efectos negativos que estos implican. El término estrés es comúnmente utilizado para indicar una condición medioambiental que es adversa al bienestar animal (Arias *et al.*, 2008).

Existen factores de tensión tales como el clima frío y húmedo en el momento antes del sacrificio que ejercen un efecto negativo sobre el pH del músculo. La carne oscura aparece con mayor frecuencia entre las 24 y las 48 h posteriores a cambios severos en el clima (Grandin, 2000 c). Se ha reportado que temperaturas superiores a 18 °C durante el viaje aumentan el pH final de la carne. En este sentido, la ventilación del camión es un aspecto fundamental (Alende *et al.*, 2009).

La ocurrencia de temperaturas extremas dentro de los camiones es reconocida como un factor de estrés importante durante el transporte de animales. Por lo tanto, debe evitarse realizar el transporte en condiciones climáticas extremas, tanto por frío o por calor, así como disponer de camiones en condiciones adecuadas para el transporte animal (Alende *et al.*, 2009).

Por otra parte se puede afirmar que los bovinos poseen mayor capacidad para soportar las temperaturas bajas que las altas (González, 2000). Asimismo cambios repentinos en la temperatura, o temperaturas extremadamente altas, son factores que tendrán un efecto mayor en animales ariscos (Grandin, 2000 c).

Los animales deberían ser transportados, dentro de lo posible, de noche o temprano a la mañana. En las plantas de faena que operan durante más de un turno, donde esto no es posible, los vehículos deben mantenerse en movimiento para evitar el exceso de calor que se concentra rápidamente cuando están detenidos. El problema del estrés calórico es más grave cuando el ganado está acostumbrado a vivir en un lugar frío y se los transporta a un lugar caluroso. La condición más peligrosa es la lluvia helada, porque humedece el pelo y anula su capacidad de aislamiento térmico. Durante una lluvia helada, los conductores deben cuidar que esta no caiga sobre los laterales del vehículo. Lo más aconsejable es detenerse y buscar un lugar reparado para evitar que el enfriamiento por acción del viento provoque estrés y eventualmente la muerte del ganado (Grandin, 2000 c).

4.4.1.5 Transporte

FAC

La exposición de los animales a muchas condiciones adversas, tales como falta de alimento o agua, peligro, hambre, ambiente molesto, fatiga, calor, frío, luz, restricciones de espacio y otras durante el transporte provoca estímulos que son percibidos por los sentidos condicionando un estado de estrés que, afecta tanto el bienestar de éstos como la calidad de su carne, medida en términos de pH y color (Gallo, 2001). Los problemas derivados del estrés se han ido incrementando con el uso de sistemas de producción cada vez más intensivos (Forrest *et al.*, 1979). El estrés de transporte previo a la faena puede afectar severamente aspectos de calidad de la carne en animales domésticos (Grandin, 2000 b). En la Figura 1 se muestran las características del sistema de transporte habitual de Uruguay.

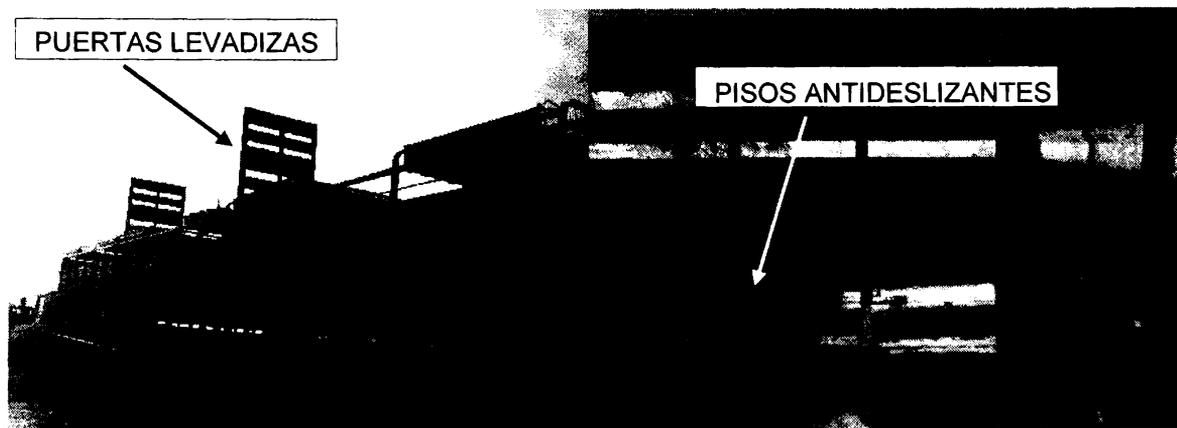


Figura 1. Características de vehículos empleados para el transporte del ganado con jaulas de metal con puertas levadizas y pisos antideslizantes.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.5.1 Condiciones de transporte

La cantidad de espacio brindada a un animal durante el transporte es otro de los aspectos más importantes del bienestar animal (Hall y Bradshaw, 1998). La importancia del espacio radica en que determina cuáles y por cuánto tiempo se desarrollan los comportamientos animales. A su vez, los requerimientos de espacio incrementan al aumentar el tiempo de confinamiento, ya que los animales necesitan desplegar un repertorio más variado de conductas para el mantenimiento de la salud, bienestar y sobrevivencia a largo plazo (Petherick y Philips, 2009). Tarrant *et al.* (1989), establecen en un experimento en el que se transportaban animales vía terrestre durante 4 h, que las caídas y peleas resultaban casi exclusivas de los tratamientos con altas densidades de carga y a su vez que éstas se asociaban a machucamientos. Además, al aumentar la densidad de carga, se encontró que se elevaban las concentraciones del cortisol plasmático, la glucosa y la creatininkinasa, siendo esta última indicadora de daño muscular (Petherick y Philips, 2009). Conjuntamente, aumenta la fatiga al aumentar la densidad de carga (Knowles *et al.*, 1998). Posteriormente, Tarrant *et al.* (1992), determinaron que las caídas y peleas eran más frecuentes en cargas con densidades de 1,06 m² por cabeza. En tanto, la creatininkinasa en plasma, el cortisol y los machucamientos de canal se

incrementaban casi linealmente con la densidad de carga. Únicamente con densidades de 1,37 m² por cabeza los animales eran capaces de pararse sin pisarse entre sí y aún con esta densidad los animales no fueron capaces de evitar el contacto entre sí y con las paredes del vehículo. Se ha encontrado que durante el transporte los movimientos de más de un metro por parte de los animales son más frecuentes con cargas menores (0,87 m² por cabeza), pero a su vez son los que registraron mayor número de machucones respecto a los que se transportaban en cargas moderadas (1,16 m² por cabeza), ya que con estas últimas los animales recibían apoyo de otros animales, minimizando los golpes recibidos (Eldridge y Winfield, 1988). Por otra parte Gallo *et al.* (2000), establecen que se debería disponer de más de 1 m² por cada 500 kg de peso vivo en bovinos, especialmente en viajes largos.

Se han determinado normas acerca de la disponibilidad de espacio que se le debe otorgar a un bovino durante su vida; éste debe ser suficiente para que se pueda echar, parar y asear (IPCV, 2006). En caso de resultar insuficiente el espacio que tiene disponible para sí un animal para la estación durante el transporte, resulta en una pérdida de balance, caídas, daño muscular, fatiga, machucones y estrés (Petherick y Philips, 2009).

En el transporte de animales de 572 kg de peso con una densidad de 1,55 m² por cabeza, se encontró que algunos animales comenzaban a echarse tras 20 h de traslado (con 1 h de descanso tras 14 h de viaje) y que la mitad de la carga lo hacía luego de pasadas las 24 h. Aquellos animales que se echaban presentaban niveles de cortisol significativamente más elevados que aquellos que permanecían de pie, por ser los más fatigados y estresados por el transporte (Knowles *et al.*, 1999).

4.4.1.5.2 Tiempo de transporte

Según Gallo (2003), al estudiarse 4 tiempos de transporte (3, 6, 12 y 24 h) se determinó que a medida que éste aumenta existía una mayor alteración en los niveles sanguíneos indicadores de estrés. Estos no sólo afectaron negativamente el peso vivo y la calidad de la canal, por mayor cantidad de machucamientos, sino que también tuvieron un efecto significativo sobre el pH y el color de la carne. Las alteraciones resultaron significativamente mayores en el transporte de 24 h frente a los de menor duración. El transporte mayor a 24 h (36 h), con o sin descanso, resulta nocivo para el bienestar animal. También afecta la calidad de carne en términos de contusiones, presentación de canales con cortes oscuros y pH superior al aceptado (5,8). Los resultados presentados por Gallo (2003), confirman la necesidad de descanso luego de 24 h de viaje.

Un incremento en el tiempo de transporte del establecimiento comercial al matadero puede tener efectos negativos en la calidad instrumental de la carne (Warriss, 2003). La opinión más generalizada es que transportes breves de hasta 4 h tienen un escaso efecto sobre la calidad 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 (María, 2005).

Bianchi y Garibotto (2004), determinaron que el tiempo medio de transporte en Uruguay era de 5 h, con recorridos promedio de, aproximadamente, 331 km. En un estudio realizado con animales de similar tipo, edad, sistema de producción y considerando el mismo vehículo y conductor se constató que el transporte por un tiempo de 6 h no afectó significativamente la calidad instrumental de la carne. El pH

final es el parámetro más comúnmente medido en estudios que consideran los efectos ante - mórtem sobre la calidad de la carne. Sin embargo transportes tranquilos por cortas distancias pueden reducir el peso vivo, reducir las reservas de glucógeno e incrementar la temperatura, pero esto no siempre se ve reflejado en el pH final. El pH puede no verse afectado si las condiciones de transporte son buenas y el estrés es leve (María *et al.*, 2003).

La distancia de transporte puede afectar el grado de contusiones pero el movimiento del ganado dentro del camión durante la aceleración y desaceleración de éste resulta ser un factor más crítico que la distancia (Ramsay *et al.*, 1976). Gallo *et al.* (2000), afirman que el transporte de novillos por 24 h en camión provoca mayores pérdidas de peso vivo, mayor presentación de contusiones y más caídas de animales durante el viaje, frente al transporte que se desarrolla por menos tiempo; por lo cual debería evitarse, conforme sea posible, viajes o transportes prolongados. Los resultados sobre el pH indicarían que, tanto los viajes prolongados como los viajes cortos pueden provocar aumentos del pH final y oscurecimiento de la carne, dependiendo de las condiciones particulares que pueden generar estrés en cada viaje. Se ha reportado que jornadas de 16 y 24 h aumentan en 3,4 y 5,5 veces (respectivamente), la probabilidad de tener canales con pH superior a 5,8 comparado con jornadas de 3 h.

Resulta difícil realizar comparaciones entre diferentes experimentos y establecer una distancia máxima que pueda servir como punto de corte para no afectar la calidad de la carne. Cada viaje tiene características particulares: tipo de animal, condición nutricional, condiciones climáticas, características de rutas, vehículo, conductor que hacen que el efecto estresante del viaje varíe entre experiencias, aún cuando la distancia sea la misma. Sin embargo, es un hecho innegable que la distancia recorrida está directamente relacionada con la fatiga de los animales. A medida que la distancia aumenta, aumenta el consumo de glucógeno y aumenta el riesgo de animales caídos durante el viaje (Alende *et al.*, 2009).

Se conoce la normativa europea sobre transporte de ganado, que limita a 8 h (con algunas excepciones) el tiempo máximo de permanencia de los animales en el camión (Giménez, 2006).

4.4.1.6 Uso de picana eléctrica

Las picanas eléctricas deben ser utilizadas con prudencia para hacer que el ganado se mueva. Estas no deben ser conectadas directamente a la corriente de la línea eléctrica, sino que se debe utilizar un transformador. Un bajo voltaje en las picanas eléctricas contribuye a reducir tanto la carne PSE, así como los coágulos de sangre en la carne. Los camioneros deben ser cuidadosos con el uso de la picana eléctrica ya que una de las principales causas de contusiones es el apuro en hacer que el ganado baje del camión (Grandin, 1991).

La necesidad de usar la picana eléctrica puede ser reducida al mínimo mediante el empleo de otras herramientas aptas para hacer que los animales se muevan, como los banderines o tiras de plástico (recortadas de bolsas para la basura), atadas en la punta de una varilla o incluso de un palo de escoba. Resulta muy fácil hacer que el ganado se dé vuelta y avance para salir del corral de encierro hacia la manga, con solamente sacudir estos pedazos de plástico cerca de sus cabezas (Grandin, 1991). También se señala que la vocalización durante el manejo

se puede atribuir al uso excesivo de la picana eléctrica, y ello constituye un claro indicador de estrés (Grandin, 2006).

Grandin (1991), considera que el movimiento de los animales es mucho más fácil si los operarios conocen los conceptos de *zona de fuga* y *punto de balance*. La *zona de fuga* es el espacio personal del animal, y su tamaño depende del grado de mansedumbre del animal. Un animal comenzará a alejarse de la persona que se aproxima cuando ésta pase el límite de su zona de fuga. Para que los animales se mantengan en calma y sea fácil moverlos, el operario ganadero deberá trabajar sobre el límite de la *zona de fuga*. Si desea que se muevan, deberá entrar en dicha zona; si quiere que se detengan, deberá retroceder hasta quedar fuera de la misma. En tanto, el *punto de balance* se encuentra a la altura del hombro del animal. Si una persona se ubica por detrás de ese punto, el animal se moverá hacia delante, y si se ubica por delante, retrocederá.

4.4.1.7 Espera en planta frigorífica

4.4.1.7.1 Tiempo de espera

La descarga del camión debe producirse rápidamente y de ser posible, dentro de los 15 minutos del arribo al matadero. De esta forma se reduce considerablemente el estrés pre - faena (Grandin, 2000 b).

El tiempo de espera previo a la faena en la planta frigorífica ha sido señalado como un factor asociado a la aparición de un pH final elevado en las canales y cortes oscuros. En Nueva Zelanda se realizó un estudio en el cual los animales fueron transportados durante 11 a 36 h, y mantenidos en corrales de espera en la planta entre 3 y 27 h. Se constató que los animales que esperaron más tiempo presentaron: menor peso de canal, mayor pH y mayor incidencia de cortes oscuros (Purchas y Keohane, 1997).

Amtmann *et al.* (2006), afirman que el tiempo de reposo prolongado (mayor a 24 h) de los bovinos en matadero independiente del tiempo de transporte previo, aumenta en 9,4 veces la probabilidad de presentar canales con pH mayor a igual a 5,8, comparado con tiempos cortos de espera (3 h). Se ha establecido que por cada 20 a 30 m de trabajo estresante al que se someten los animales en los corrales, se produce un 0,5 % de desbaste (IPCV, 2006).

Sin embargo, a pesar de lo expuesto en la presente revisión por diferentes autores, del Campo *et al.* (2007), afirma que los animales a los que se les proporciona buenas condiciones de espera y un ambiente calmo durante 15 h de espera, recuperan los niveles de glucógeno del músculo, logrando adecuados descensos de pH. Los animales que permanecen un período corto en corrales de espera en frigoríficos, presentan altos valores de pH final. Esto puede explicarse por la gran excitabilidad y la imposibilidad de descansar y recuperarse, lo que ocasiona que no existan niveles de glucógeno suficientes como para permitir una correcta acidificación del músculo post - mórtem. Otros estudios revelan que prolongar el reposo de los animales en matadero luego del transporte (de 3 a 24 h), con la finalidad de que las concentraciones de las variables sanguíneas recuperen los valores normales, no se justifica, ya que la recuperación que efectivamente se logra es escasa, incluso tras 24 h; mientras que el reposo prolongado, sin alimento, como ocurre normalmente en los corrales de espera, puede tener efectos negativos sobre la calidad de la canal. Asimismo Gallo y Tadich (2005), encontraron que a medida

que se alargaba el tiempo de reposo en matadero, aumentaba la presentación de cortes oscuros en bovinos, situación que se agravaba si el transporte previo también había sido prolongado. Por otra parte, se ha demostrado que los valores de pH de la canal son más bajos y se presenta una menor incidencia de cortes oscuros cuando la faena se realiza dentro de la primer h de llegados los novillos a la planta de faena, frente a reposos de 12 h (Amtmann *et al.*, 2006).

Se ha observado que luego de un período de 12 h de espera en la planta frigorífica, existe una propensión a la disminución del peso de las canales y a carne de menor calidad. Además, se incrementa la incidencia de $\text{pH} \geq 5,8$ y de cortes oscuros proporcionalmente al tiempo de espera. Este efecto fue más notorio tras un transporte largo (16 h), que corto (3 h) (Gallo, 2003). Por su parte, Sepúlveda *et al.* (2007), agregan que en viajes prolongados existe una tendencia a la pérdida de peso de la canal, al aumento del número de contusiones y al registro de mayores alteraciones de pH y de color en la carne.

4.4.1.7.2 Condiciones de espera

El espacio dónde permanecen los animales luego de la descarga es importante para el bienestar previo al sacrificio. En Uruguay se determinó que en los corrales de espera la densidad animal promedio era de 0,69 vacunos por m^2 . En tanto, los pisos de los corrales contaban con materiales antideslizantes y disponían de bebederos (Bianchi y Garibotto, 2004). En la Figura II, se muestran las condiciones de una planta de faena exportadora en Uruguay, donde se pueden apreciar varios corrales separados (uno para cada tropa que ingresa), con piso antideslizante y con infraestructura de bordes redondeados.



Figura II. Condiciones de espera en la planta de faena.

Fuente: Feed, 2009.

Feldman *et al.* (2000), señalan que la densidad en los corrales de espera, tanto en el caso de ser la misma baja ($2,5 \text{ m}^2/\text{animal}$), media ($1,7 \text{ m}^2/\text{animal}$) o alta ($1,2 \text{ m}^2/\text{animal}$), provoca una elevación de los niveles considerados de referencia para la especie de eritrocitos, hemoglobina y hematocrito, siendo que las muestras de sangre se obtuvieron al momento del sacrificio. Esto se atribuye al efecto que ejercen las catecolaminas sobre la musculatura contráctil del bazo. Además, en los 3 grupos se denota una alta relación entre neutrófilos y linfocitos, como una respuesta

importante al estrés. Por otra parte, y de acuerdo a Rodes *et al.* (2001), la densidad sí provoca respuestas diferenciales en lo que a cantidad de glóbulos blancos totales, linfocitos y neutrófilos circulantes se refiere, ya que el grupo de baja densidad fue el que presentó los valores más altos. Esto se ha explicado por la mayor liberación de epinefrina al momento del aturdimiento, conforme estos animales también resultaron ser los de mayor reactividad en el aturdimiento (Feldman *et al.*, 2000). En este mismo contexto se evaluaron parámetros bioquímicos, resultando valores más altos en la enzima creatininkinasa en el grupo de menor densidad, situación explicada, de acuerdo a los autores, por la mayor actividad física desarrollada por éstos animales. En tanto, la AST y el lactato mostraron sus mayores niveles en aquellos animales mantenidos en la densidad más alta en los corrales de espera. Esto último se podría atribuir al mayor metabolismo proteico y glucolítico, respectivamente, derivados de la demanda energética que, por ejemplo, ocasiona a los animales el hecho de intentar echarse en estas condiciones (Wiklund *et al.*, 1996; Fisher *et al.*, 1997). En el caso de los niveles de LDH y cortisol, éstos resultaron elevados, aunque el grupo de mayor densidad resultó ser el que presentó niveles de cortisol más elevados. En consecuencia, la densidad de 1,7 m²/animal como mínimo, parecería ser la más razonable para el mantenimiento de bovinos en los corrales de espera de la planta frigorífica (Rodes *et al.*, 2001).

Bolzoni *et al.* (1997), han establecido que durante el verano los bovinos se muestran más activos en los corrales de espera en la planta frigorífica y además cuando las temperaturas superan los 23 °C pueden provocar que se vea disminuido el confort de los animales. Es por ello, que éstos autores consideran que la densidad de los animales podría ejercer un efecto aún mayor en verano (Rodes *et al.*, 2001).

De acuerdo a investigaciones realizadas por Grandin (2006), los animales no tienen conocimiento de que van a ser sacrificados en el frigorífico, ya que en caso de tenerlo se encontrarían más agitados en este lugar.

Grandin (2006), considera que la causa de mayor relevancia en la renuencia a moverse de los animales se encuentra asociada a los reflejos brillantes sobre metal, agua o cadenas, también a ver personas en el lugar hacia el cual se dirigen o sentir una corriente de aire sobre sus rostros. Además los animales sienten miedo de ingresar a lugares oscuros. Es por ello que al agregarse una luz o eliminarse objetos que pueden producir un reflejo brillante, se facilita el desplazamiento de los animales al cajón de noqueo o a otro lugar. Esto se atribuye a que los animales presentan la tendencia a moverse desde los lugares más oscuros hacia aquellos más iluminados.

Para evitar caídas y lesiones que inmovilicen a los animales, es indispensable, como muestra la Figura III, que el piso sea antideslizante. Es imposible tener un manejo humanitario y eficiente con pisos resbaladizos. Todas las zonas por las que pasen los animales deben contar con superficies que impidan los resbalones. Los portones, cercos y mangas deberán tener superficies lisas, para evitar magulladuras. Las puertas de tipo guillotina deben tener contrapesos para evitar que caigan sobre el lomo de los animales y causen contusiones. Las cercas y paredes deben ser compactas de forma tal, que no permitan a los animales ver hacia afuera, tanto en las mangas que conducen al cajón de noqueo, así como en el corral de encierro previo a la manga. En estas áreas de trabajo, las paredes sin aberturas o ciegas sirven para que el ganado no se ponga nervioso al ver movimientos y gente a través de las paredes. Los animales tienden a estar más calmos en mangas de paredes cerradas. También se recomienda que el portón del

corral de encierro sea macizo, para impedir que los animales vean hacia atrás y traten de volver a los corrales que acaban de dejar (Grandin, 1991).

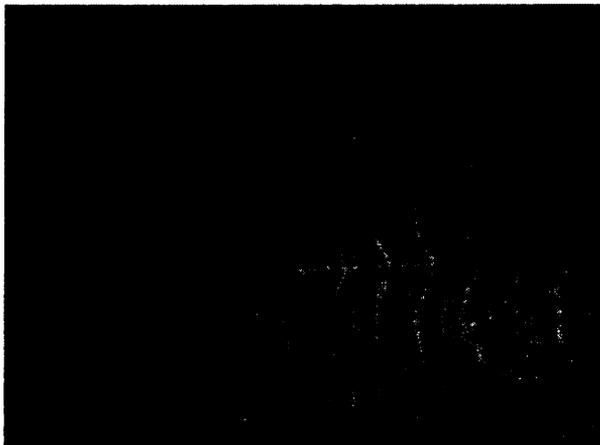


Figura III. Piso antideslizante en corrales de espera.

Fuente: Elaboración propia.

El corral de encierro redondo y la manga curva facilitan el movimiento del ganado hacia la cajón de noqueo. La manga curva es más eficiente para el trabajo con ganado porque toma en cuenta su comportamiento natural, y también porque le impide ver el final de la manga cuando están por entrar a ésta. Este tipo de manga debe estar correctamente diseñada. Si la unión del corral con la manga presenta una curva demasiado cerrada, parecerá un pasillo sin salida, y el ganado, de cualquier especie, retrocederá si la manga parece no tener salida (Grandin, 1991).

Se han señalado como principales puntos de interés en el manejo del ganado los siguientes: colocación de iluminación indirecta, barreras visuales para evitar que los animales vean movimiento de personas u otros animales, instalación de paredes completas en mangas y cajón de noqueo, colocar un pequeño orificio en la pared delantera del cajón de noqueo de modo tal que no sea un “fin trunco”, evitar las corrientes de aire sobre la cabeza de los animales, evitar las cadenas, elementos de noqueo o metales que provoquen ruidos, asegurarse que la puerta de ingreso al cajón de noqueo se eleve lo suficiente como para que no golpee al animal mientras éste ingresa y evitar que las barras que sujeten al animal contacten con el dorso del mismo y realicen excesiva presión (Grandin, 2006).

Los avances importantes a favor del bienestar animal en plantas de faena se iniciaron en 1996 en Estados Unidos con sistemas de auditorías basadas en programas HACCP (Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control). En éstos se señalaban, como fundamentales, los siguientes indicadores: porcentaje de animales noqueados en el primer intento, porcentaje de animales completamente inconscientes antes del sangrado, porcentaje de animales que vocalizaban, porcentaje de animales que se resbalaban y caían durante la carga, transporte y descarga y porcentaje de animales movilizados con picana eléctrica. Los estándares de bienestar animal en las plantas de faena solo pueden mantenerse y mejorarse a través de un proceso de permanentes auditorías por parte de restaurantes y otros compradores (Grandin, 2006).

4.4.1.8 Ayuno

El tiempo de ayuno previo a la faena afecta las reservas de glucógeno muscular. Sin embargo, en rumiantes su importancia es menor que en otras especies debido al mayor volumen de su tracto digestivo, lo que permite continuar con la digestión del alimento, incluso varias horas después de la última ingesta (Santini *et al.*, 2003). La pérdida de reservas energéticas puede llevar a la depleción del glucógeno hepático y muscular, lo que facilita la presentación de problemas de calidad en la carne post - mórtem, como los cortes oscuros. Tras un reposo en ayuno de 24 h en matadero, luego de 16 h de transporte, se produce en novillos una disminución significativa del MBA (característica de metabolismo energético relacionado con privación de alimento). Por lo tanto, es esperable que con un tiempo de privación como éste o mayor, se observen efectos en la calidad de la carne (Gallo y Tadich, 2005).

En lo que respecta al tiempo de ayuno por largos períodos de espera en la planta de faena, Janloo *et al.* (1998), en un estudio hecho con 1.138 novillos encontraron que los animales que fueron sometidos a tiempos de ayuno en corrales de espera por 24 h, triplicaron su incidencia de cortes oscuros en comparación con aquellos que fueron sacrificados en forma inmediata. Por su parte, Ferguson (2000), afirma que procedimientos como reducir el tiempo de espera en los corrales del frigorífico tiene efectos positivos en la incidencia de esta anomalía en la canal.

Gallo y Tadich (2005), señalan que el ayuno prolongado por sí solo, permaneciendo en corrales y sin ser transportados, no tiene un efecto significativo en rumiantes. En cambio, el ayuno en combinación con transporte prolongado resulta perjudicial para el bienestar animal, según cambios apreciables en las concentraciones de variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos destinados a matadero.

4.4.1.9 Contacto habitual con humanos

Se ha determinado que los animales provenientes de *feed lot* tienen una menor predisposición a presentar cortes oscuros (Warner *et al.*, 1988). Este hecho es atribuido a los mayores niveles de glucógeno muscular que estos animales presentan y a la influencia del mayor contacto con humanos, en relación al ganado manejado sobre pasturas. Es por ello que resulta beneficioso el acostumbramiento al contacto con el hombre por parte de los animales en el período de tiempo previo al envío al frigorífico. A pesar de que aún no ha sido científicamente comprobado, se considera que habituar el ganado al manejo y transporte es la mejor estrategia para disminuir el estrés previo a la faena (Ferguson, 2000). Se ha reportado que los animales recuerdan experiencias de manejo agresivo, como mínimo, por un período de un año (Grandin, 1997).

4.4.1.10 Ejercicio

También se ha demostrado que el ejercicio leve y moderado no tiene efecto sobre la concentración de glucógeno medido en el músculo *Longissimus dorsi* y tampoco sobre los niveles de la enzima creatininkinasa. En cambio, el ejercicio intenso provoca un incremento en las concentraciones plasmáticas de lactato (Knight *et al.*, 1998). En mamíferos, el descenso de pH parte de valores de 7,3-7,0,

hasta alcanzar registros de 5,7-5,5. Este normal descenso de pH se asocia con la actividad muscular, ya que aquellos animales que realizan ejercicio físico previo a la faena registran valores de pH final más elevados (Zimmerman, 2007).

4.4.1.11 Insensibilización

Los animales deben ser insensibilizados previamente al sacrificio por un método apropiado, que ocasione la pérdida inmediata del conocimiento y que perdure hasta la muerte (FAO, 2007).

Una correcta insensibilización de los animales permite la obtención de carne de mejor calidad. Una insensibilización eléctrica incorrecta causará coágulos de sangre en la carne y fracturas óseas. El insensibilizador eléctrico debe contar con un amperaje suficiente para inducir un ataque epileptiforme y lograr que el animal quede insensibilizado en el acto. Si el amperaje es insuficiente el animal queda paralizado pero no pierde la sensibilidad (Grandin, 2003). Si el noqueo está bien hecho, el animal no siente dolor y queda inconsciente instantáneamente. Un animal que ha sido insensibilizado correctamente se va a mostrar inmóvil, permitiendo a los operarios procesar con seguridad la canal. Si se utiliza un cajón de noqueo, éste deberá ser lo suficientemente estrecho como para impedir que el animal se dé vuelta. El piso debe ser antideslizante, de modo que el animal pueda estar parado sin perder pie. Es mucho más fácil insensibilizar a un animal que está parado y no se mueve. Solamente deberá entrar un animal en cada compartimiento de noqueo, para impedir que se pisen unos a otros (Grandin, 1991).

La iluminación de la sala de inmovilización debe estar sobre la cinta transportadora para inducir a los animales a alzar la cabeza hacia el operario de la pistola de noqueo. No se debe permitir que el ganado vea luces abajo de la línea transportadora, pues eso lo hará retroceder a la entrada. Los sistemas de inmovilización deberán estar equipados con un techo largo y sólido que impida a los animales retroceder. Este dispositivo deberá tener el largo suficiente como para hacer que el animal esté completamente instalado sobre el carril transportador antes de llegar al lugar donde se le aplicará la pistola de noqueo (Grandin, 1991). Bianchi y Garibotto (2004) establecen, que si el cajón de noqueo no cuenta con un mecanismo de sujeción adecuado, en la mayoría de los casos se debe realizar más de una descarga eléctrica por animal, extendiendo el período entre la insensibilización y el degüelle, que no debería superar los 30 s.

El método de insensibilización mecánico implica administrar un severo golpe en la cabeza del animal, pudiendo diferenciarse 2 tipos: penetrantes y no penetrantes (FAO, 2007).

La insensibilización eléctrica es recomendada frente al perno cautivo, dado que no presenta riesgo de dispersar priones del cerebro causantes de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (Grandin, 2006).

4.4.1.12 Estimulación eléctrica

Consiste en someter la canal a una corriente eléctrica antes de que los músculos entren en *rigor mortis*. Su efecto depende de varios factores, entre ellos: voltaje, frecuencia y duración del estímulo eléctrico. En esencia el shock eléctrico, actúa del mismo modo que el impulso eléctrico nervioso en el animal, aunque magnificado, produciendo una fuerte contracción de los músculos. La consecuencia

es un desarrollo más rápido del *rigor mortis*, un descenso más rápido del pH, un mejor color y menor dureza de algunos músculos (Santrich, 2006). La utilización de la técnica de estimulación eléctrica actuaría previniendo el fenómeno de “acortamiento por frío” o “*cold shortening*”, a través del uso del ATP antes del comienzo del *rigor*, acelerando la glicólisis anaerobia e incrementando la tasa de descenso del pH, lo que permitirá una mayor velocidad de frío (Franco *et al.*, 2009). Se ha demostrado que la estimulación eléctrica de bajo voltaje en combinación con la temperatura condicionan el pH muscular (Rhee y Kim, 2001).

Respecto a la utilización de la estimulación eléctrica en la planta de faena, existen estudios en los que se han observado diferencias en los valores de pH de animales sometidos a una estimulación de bajo voltaje (48 V) durante un período de tiempo breve (40 segundos) vía nasal y en cuarto trasero. Esta situación logra un aumento de la tasa de descenso del pH y un enfriamiento adecuado de la canal (Hofmeyr *et al.*, 1998). La estimulación eléctrica aplicada sobre la canal, acelera la glicólisis y asegura que el *rigor mortis* ocurra rápidamente, permitiendo que la canal sea rápidamente enfriada con mínimo riesgo de acortamiento en frío (Devine *et al.*, 2002).

Rhee y Kim (2001), hallaron diferencias en el pH a las 4 h de la estimulación eléctrica de bajo voltaje. Esta variación puede ser debida a diferencias en la duración del estímulo y las condiciones eléctricas. La aplicación de estimulación eléctrica acelera la declinación del pH y previene el “*cold shortening*” por rápido enfriamiento por agotamiento del ATP residual en el músculo resultando en una mayor terneza. La estimulación eléctrica de bajo voltaje y una temperatura de 30 °C condicionan la declinación del pH muscular, del ATP y glucógeno. De este modo se aceleran estos procesos por un período de hasta 3 h post - mórtem, ocasionando un descenso de la actividad de las calpaínas durante 24 h post - mórtem.

En un estudio realizado en Uruguay se utilizó la estimulación eléctrica de bajo voltaje (80 V), con frecuencia de pulso 15 Hz, durante 30 segundos, en los 5 minutos posteriores a la insensibilización. Los resultados indicaron que las canales estimuladas presentaron valores de pH final a las 24 h de faena más bajos, en comparación con las no estimuladas. A pesar de ello, ambos grupos mostraron valores de pH que se encontraban dentro del rango considerado aceptable, mientras que, la carne de los animales estimulados se mostró más clara, debido a que cuanto mayor es el descenso de pH, ocurre una mayor desnaturalización de proteínas determinando una estructura muscular más abierta y mayor liberación de agua que se encuentra ligada, determinando un color más pálido (Franco *et al.*, 2009).

4.4.1.13 Manejo de la canal

Una vez que las medias canales salen de la planta de faena, las mismas se conducen a las cámaras de frío. Se le llama maduración al mantenimiento de la carne enfriada, aplazando el crecimiento microbiano y extendiendo la vida útil del producto final. Generalmente el tiempo de maduración es de 18 a 24 h, excepto por aquellos destinos comerciales que presentan exigencias especiales (Guardia *et al.*, 2004).

No se han encontrado diferencias significativas en el pH de la media canal izquierda y derecha a las 24 y 48 h. Además, el modo de colgar la canal tampoco influye sobre el valor de pH o la textura de la carne (Jeleníková *et al.*, 2008).

4.4.1.14 Temperatura

ACU

Los procesos bioquímicos y los cambios estructurales que ocurren en el músculo durante las primeras 24 h post - mórtem, juegan un rol fundamental en la calidad final de la carne y en su palatabilidad. Estos cambios están influenciados por los procesos de enfriamiento que sufre la canal luego de la faena (Yu *et al.*, 2009).

La temperatura muscular asociada con la glicólisis también puede afectar la velocidad de declinación del pH. En relación con la temperatura y el pH existen dos tipos de fenómenos causantes de cambios en la calidad del músculo post - mórtem: "*rigor shortening*" que se incrementa a temperaturas por encima de 20 °C y el "acortamiento en frío" que se muestra mas pronunciado a temperaturas por debajo de 10-15 °C, si el pH es superior a 6,2 (Lawrie, 1998). El fenómeno de "acortamiento por frío" o "*cold shortening*" ha sido descrito como un rápido descenso de la temperatura a menos de 10 °C, cuando el pH aún se encuentra en valores superiores a 6. Esta situación ocurre con mayor frecuencia en músculos (cortes) superficiales de la canal, en canales de bajo peso y/o con bajos niveles de engrasamiento. Para asegurar niveles aceptables de terneza es necesaria la utilización de alternativas tecnológicas que mejoren la actividad de las enzimas proteolíticas del músculo y eviten el "acortamiento por frío" (Franco *et al.*, 2009). Esta contracción puede controlarse manejando las condiciones de enfriamiento, sin compromiso de la higiene y por electroestimulación (de alto o bajo voltaje), que produce un rápido descenso del pH y en consecuencia previene el acortamiento por el frío. El alto voltaje provoca además ruptura de fibras que mejora la terneza ("fragmentación") (Garriz, 2001).

Las condiciones de temperatura causan diferencias significativas en el contenido de glucógeno muscular a las 3 h post - mórtem resultando en una rápida depleción de la concentración de glucógeno en el músculo (Rhee y Kim, 2001).

4.4.2 Factores intrínsecos

4.4.2.1 Raza

Se ha encontrado que existen razas más predispuestas que otras a presentar cortes oscuros. Las razas de temperamento más excitable resultan más susceptibles a registrar altos valores de pH (Gallo, 2003). En cambio, en un estudio realizado en Uruguay, los resultados indican que la raza no constituye un factor relevante en la incidencia de cortes oscuros, mientras que sí lo es el manejo de los animales previo al sacrificio (Franco *et al.*, 2002).

En otro experimento, también realizado en el país, se determinó que el genotipo tampoco incide sobre el valor de pH a las 24 h post - mórtem (Franco y Feed, 2004). Tarrant (1990), afirma que la raza tiene poca o nula importancia en la incidencia de cortes oscuros por pH elevado. La raza es un factor que no tiene efecto considerable sobre el valor del pH de la carne. Sin embargo, otros estudios expresan que la influencia de la raza sobre la calidad de la carne no es del todo clara (ITGG, 2009).

En contraposición con lo expresado anteriormente se ha reportado que las canales de razas lecheras presentaban mayores valores de pH y menores registros de temperatura, respecto a razas como Brahman y otras razas nativas de Estados Unidos (Page *et al.*, 2001). Estos resultados se explicarían porque la raza Holando

presenta un mayor porcentaje de metamioglobina en la carne, con respecto a razas carniceras (Faustman y Cassens, 1991). Por otra parte se ha reportado que, a la misma edad de sacrificio, las razas lecheras presentan carne más oscura por su mayor actividad metabólica que las razas carniceras (ITGG, 2009). Resultados que apoyan este concepto, se desprenden de un estudio cuyo objetivo fue encontrar diferencias raciales, en la curva de variación del pH de la carne en 50 toros Holstein (*Bos taurus*) y 50 toros Nelore (*Bos indicus*), con edades que variaban entre 12 a 24 meses. Esta mostró un rápido descenso durante las primeras 12 h, con valores de pH para la raza Holstein ligeramente superiores a los registrados por la raza Nelore, aunque en ambas razas se observó una tendencia similar durante las primeras 24 h post – mórtem, alcanzando un grado de acidez que permitió la obtención de una buena calidad cárnica. Estas diferencias pueden haberse debido al temperamento del animal, que en el caso de Nelore, por ser un animal más nervioso, consume glucógeno muscular (transformándolo en ácido láctico) más rápido que el ganado Holstein. Los valores estimados de pH de la carne a las 24 h post - mórtem fueron de 5,57 para los animales Holstein y de 5,40 para los Nelore. Estos valores son lo suficientemente ácidos para inhibir el crecimiento microbiano, ya que cuando los valores de pH comienzan a subir alcanzando registros de 6,2-6,5, aparece el peligro de una alteración de origen bacteriológico (Mariño *et al.*, 2009).

4.4.2.2 Presencia de astas

Ramsay *et al.* (1976), estudiaron el efecto del descorne sobre el grado de contusiones en la canal, comparando animales astados (con astas de 30 cm de longitud), animales descornados parcialmente (con astas de 10 a 15 cm, en los que se observó hemorragia durante el proceso) y animales completamente descornados (a los se les removió la piel de la base de los cuernos). Los resultados indicaron que los animales astados y parcialmente descornados presentaban aproximadamente el doble de contusiones en sus canales, que el ganado mocho. Estos resultados sugieren claramente, que la práctica de despunte de las astas no reduce significativamente las contusiones en los tejidos, generando además, dolor y posibles complicaciones futuras con miasis (Ramsay *et al.*, 1976; Grandin, 1995).

La presencia de animales astados en una tropa aumenta la incidencia de lesiones superficiales y profundas en las canales (Alende *et al.*, 2009), ocasionando un alto porcentaje de contusiones en el lomo, que pueden atravesar el cuero y afectar los músculos (Grandin, 1995).

4.4.2.3 Individuo

Se ha reconocido la gran variabilidad en la percepción y en las respuestas individuales ante factores estresantes, así como en la coordinación de la respuesta psicológica. Esto se atribuye a la influencia de factores tales como la genética, edad y estado psicológico; además de experiencias pasadas y comportamiento adquirido (Ferguson, 2000).

Se ha reconocido que el miedo influye negativamente sobre la productividad, siendo éste una emoción que se presenta ante situaciones novedosas o estímulos que, por algún motivo, el animal haya aprendido a asociar a experiencias desagradables, atribuyéndosele gran importancia en las respuestas de los animales (Manteca y Piedrafita, 2001). Es así, que se establece que los procesos de miedo y

ansiedad se encuentran bajo control genético, favoreciendo además las diferencias individuales (Bouchard *et al.*, 1990) y habiéndose comprobado en bovinos lecheros (Dickson *et al.*, 1970) y de carne (LeNeindre *et al.*, 1995).

4.4.2.4 Temperamento

Existen razas con un temperamento más excitable, como es el caso de las cebuinas. En tanto, las británicas y las continentales poseen un temperamento más dócil. La presencia de animales astados y nerviosos en un grupo aumenta la incidencia de contusiones (Huertas y Gil, 2003).

En Australia se realizó un experimento en el cual se estudió la relación entre el temperamento de novillos en condiciones de *feed lot* y su performance y características de la canal. Para ello, se conformaron 3 grupos, uno con animales de temperamento nervioso, otro dócil y otro mixto. Se encontró que aquellos animales de temperamento dócil lograron mayores ganancias de peso diarias y mejor condición corporal, así como menor tiempo de huída al liberarse de una balanza. A pesar de esto, no se encontraron diferencias significativas en las características de la canal (Petherick *et al.*, 2000). En otro estudio en el que se evaluaba la evolución del temperamento en novillos Hereford (suplementados), resultó un efecto positivo los sistemas que implicaban mayor contacto con el hombre, lo que no ocurrió para la raza Bradford, donde los animales no recibían suplemento. Respecto a los efectos del temperamento sobre la calidad de la carne, independientemente del tratamiento, se ha observado que aquellos animales más tranquilos produjeron carne más tierna y con menores valores de pH. Estas diferencias se atribuyeron, en parte, a factores ambientales y a diferencias genéticas en cuanto a docilidad o excitabilidad del ganado bovino (del Campo *et al.*, 2007). Confirmando estos resultados Amtmann *et al.* (2006), indican que en el ganado con temperamento más excitable se produce más incidencia de corte oscuro, o canales con pH elevado, que en aquellos animales con temperamento más calmo.

En los animales más temperamentales puede existir una mayor descarga simpática (adrenalina) que provoca el consumo de glucógeno en músculo, no permitiendo la correcta acidificación y afectando en forma negativa las características organolépticas de la carne. Dicha descarga, presentaría, además, un efecto inhibitorio sobre el sistema proteolítico "calpastínas - calpaínas" (del Campo *et al.*, 2007).

4.4.2.5 Sexo

En relación al sexo, las causas de cambios en la calidad de la carne, se refieren a diferencias en las características metabólicas (Depetris, 2000).

No se han registrado diferencias entre toros y novillos al compararse los niveles de glucógeno en el músculo *Longissimus dorsi*, mientras que, las concentraciones de lactato y creatininkinasa sí resultaron superiores a los de las hembras (Knight *et al.*, 1998). Por otra parte, existen estudios que reportan que la probabilidad de presentar un pH final alto es mayor para la carne de toros en comparación con la de novillos (Purchas, 1989).

De acuerdo a lo estudiado por Gallo (2003), los toros presentan una mayor incidencia de carnes con pH elevado (> 5,8), frente a machos castrados y hembras. A pesar de esto, en un experimento realizado por Franco y Feed (2004), se

determinó que los valores de pH de hembras y machos castrados y sin castrar, se hallaban dentro de los límites aceptables, no existiendo diferencias entre categorías. En tanto, Page *et al.* (2001), no registraron diferencias en el pH de hembras y novillos sobre 1000 canales. Contrariamente, Wulf *et al.* (1997), sí hallaron que las canales de novillos presentaban menores valores de pH que las de hembras. La caída post - mórtem del pH dentro del músculo es mucho más lenta en machos enteros que en hembras, ocupando los novillos una posición intermedia. El sexo también tiene influencia sobre el color, la cantidad de pigmentos es mayor en las hembras que en los toros, no existiendo diferencias entre estos últimos y los novillos. Sin embargo, a la misma edad, la carne de toro es más oscura que la de otros tipos sexuales, situación que se atribuye al pH más elevado de la carne de toro (Depetris, 2000). Por otra parte, el sexo se ha señalado como un factor que influye fuertemente sobre el pH, el índice de rojo y de amarillo, siendo las hembras la categoría que presenta valores más favorables (Sánchez *et al.*, 1997).

4.4.2.6 Edad

Dransfield *et al.* (2003), en un estudio que consideraba las condiciones genéticas, el crecimiento del animal y la composición de la carne, determinaron la composición de la fibra muscular, las características metabólicas y estructurales, la composición química y los cambios post - mórtem en un grupo de vacas y toros jóvenes alimentados *ad libitum*. Los toros eran comprados a los 9 meses de edad y faenados entre los 15 y 24 meses, mientras que las vacas eran compradas entre los 4 y 9 meses y engordadas en un período comprendido entre 1 y 28 semanas. El pH era medido 1, 3 y 24 h luego de la faena. Los autores reportaron, que el pH final no presentaba diferencias entre los diferentes factores considerados, aunque se observó una declinación más lenta del pH en las carnes más tiernas.

Albertí *et al.* (2005), encontraron que mientras para un ternero de 12 meses el pH muscular era de 5,70, para una vaca o buey era de 5,87. Mientras el ternero presenta 3,28, las otras dos categorías mostraron 6,27 miligramos de mioglobina/g de músculo fresco.

4.4.2.7 Estrés

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. Estos cambios ambientales constituyen estímulos estresantes que actúan sobre el sistema nervioso provocando una respuesta inmediata, por vía nerviosa, en la que el animal reacciona rápidamente iniciando su adaptación. Durante esta fase se producen cambios de comportamiento y de ritmo cardíaco, además de alteraciones metabólicas importantes (María, 2005). Los bovinos se hallan en un estado de estrés social cuando se ven obligados a realizar reajustes fisiológicos y comportamentales como consecuencia de las condiciones de transporte, densidad de animales en el corral de espera en el frigorífico, mezcla de lotes y nuevas condiciones del ambiente (Warriss, 2003).

Para restablecer el equilibrio metabólico es necesaria una segunda respuesta, en este caso por vía sanguínea, consistente en la secreción de una hormona (ACTH) que actúa sobre la glándula suprarrenal. Esta glándula descarga sustancias

a la circulación sanguínea como el cortisol que contribuye a la adaptación definitiva. Esta segunda fase es más lenta y el cortisol tarda en elevarse aproximadamente a los 15 m tras la acción del agente estresante. Es por tanto esta respuesta un mecanismo esencial y favorable para que los animales se adapten a los cambios ambientales. El problema surge cuando los estímulos son muy intensos o muy repetidos en el tiempo, el mecanismo adaptativo no funciona correctamente y el animal no logra adecuar su metabolismo a la nueva situación con la consiguiente pérdida de bienestar. Este fracaso adaptativo ocasiona mayores gastos energéticos por parte de los animales, un mayor riesgo de enfermedades y una carne de baja calidad (pH alto). Esto último es consecuencia del excesivo gasto energético que tiene el animal derivado de una situación de estrés intenso. Las reservas de glucógeno muscular están agotadas en el momento del sacrificio lo que impide que el pH muscular alcance los niveles deseados (5,5-5,6), lo que se traduce en un pH elevado (> 5,8) de la carne (María, 2005).

María (2005), luego de estudiar el estrés del manejo, del transporte y del sacrificio, ha establecido que el estrés generado por el manejo de los animales por parte de humanos, es superior al resultante del transporte y el sacrificio. El estrés del manejo resulta suficiente para anular el ritmo circadiano de la secreción de cortisol. En tanto, al compararse resultados de análisis sanguíneos efectuados en forma posterior al manejo y al transporte, se ha encontrado que luego de este último la T3 se mostró sin alteraciones, la ACTH y cortisol resultaron menores y la glucosa más alta. Además, se hallaron aumentos en los niveles de adrenalina y noradrenalina, siendo más significativo el de la hormona adrenalina. La única diferencia metabólica significativa entre el estrés generado por el manejo y por el transporte, resulta ser el aumento en el nivel de la glucosa; situación ésta que, sería atribuible a la acción de las catecolaminas.

En tanto, la declinación de ACTH y cortisol sugiere la existencia de una disminución en el tipo de estrés asociado a la estimulación del eje hipotálamico-adrenal, a la vez que aumenta el estrés relacionado con la secreción de catecolaminas. En conclusión, el ganado exhibió 2 patrones de estrés, uno en el cual domina el cortisol y otro en el cual lo hacen las catecolaminas. Es así que el estrés del sacrificio muestra concentraciones de glucosa y lactato superiores e inferiores de lípidos, respecto al del manejo y el transporte. Por otra parte, inmediatamente luego del sacrificio se han hallado menores niveles de cortisol, ACTH y T3, mientras que la concentración de adrenalina no difirió de la medida luego del transporte. En contraposición, sí aumentó la noradrenalina, lo cual explicaría el alza en la glucosa y el lactato, ya que la glicólisis es estimulada por las catecolaminas y la noradrenalina genera hipoxia tisular. Se considera que el aumento en la noradrenalina es una consecuencia del procedimiento de noqueo. Por otra parte, la respuesta al estrés tiene 2 fases: una primera hipotálamico-cortico-adrenal y una segunda simpático-adrenal-medular. La primera presenta niveles elevados de T3 y cortisol, asociados al estrés ambiental percibido, tal como el ruido. En tanto, la segunda se relaciona con estrés neurogénico como el transporte o la descarga simpática masiva consecuencia del noqueo (Mitchell *et al.*, 1988). Es más, se ha llegado a concluir que para la categoría terneros, el transporte en camión implica un mayor estrés que el generado en la castración y descorne, según la medición del nivel de corticoides en sangre (IPCV, 2006).

Es posible, valorar objetivamente en qué medida un animal esta utilizando este mecanismo de adaptación y en consecuencia su bienestar. Para ello se pueden

valorar aquellos metabolitos asociados a la función de la glándula suprarrenal (cortisol) y al metabolismo energético (glucosa o lactato), al daño muscular (enzima CK), las constantes fisiológicas del animal (ritmo cardíaco o temperatura corporal), el comportamiento observado y la calidad de la carne, en especial el pH a las 24 h post - mórtem. La enzima CK es liberada al torrente sanguíneo cuando existe daño muscular, como puede ser el derivado de un ejercicio violento que puede ocurrir durante el transporte. En este caso es claro que si bien no es una medida directa de estrés, es una consecuencia que indirectamente puede asociarse a situaciones de estrés o pérdida de bienestar (María, 2005). Existen una variedad de factores tales como experiencia previa, genética, edad, sexo e incluso características fisiológicas que forman parte de la naturaleza de la respuesta biológica de los animales frente a un agente estresante (Moberg, 1987). En este sentido se ha consensuado que los bovinos poseen memoria de largo plazo, de forma tal que aquellos animales que recibieron un manejo brusco e inapropiado, se presentarán más estresados y resultarán más difíciles de manejar. Es aceptado además, que es la primera experiencia del animal sobre un elemento que a este le resulte nuevo, la que determinará su comportamiento durante el resto de su vida (IPCV, 2006).

Se señalan como factores estresantes a la mezcla de animales de diferente procedencia, ambiente molesto, peligro, luz y a la restricción de espacio (Forrest *et al.*, 1979). La respuesta de los animales frente a ambientes extraños o diferentes, que puede ser innata o adquirida, determina la liberación de adrenalina y como consecuencia la disminución de la concentración muscular de glucógeno (Warner *et al.*, 1998). Esto se debe a que los animales gastan sus reservas de glucógeno muscular en la producción de energía y en defensa al medio ambiente adverso (Gallo, 2003). Como parte de la respuesta frente al estrés se incluye la liberación de catecolaminas que resulta en una depleción de glucógeno (Lacourt y Tarrant, 1985), provocando que el pH final de la carne sea alto, originando cortes oscuros (Muchenje *et al.*, 2009). La adrenalina actúa degradando el glucógeno, que es la reserva energética del músculo. El agotamiento de éstas reservas tendrá graves consecuencias después del sacrificio tales como menor descenso de pH, por lo que la carne se mantendrá oscura, habrá un menor sangrado y aumentará la carga bacteriana (Depetris, 2000). Es por esto que un factor importante que influencia el pH final son las condiciones de manejo antes de la muerte. Los animales estresados consumen sus reservas de glucógeno y después el pH no bajará lo suficiente o se mantendrá alto. En este caso el músculo mantendrá una alta capacidad de retención de agua y baja capacidad de conservación. También con pH final alto la carne será oscura y también el "flavor" puede resultar afectado (Garriz, 2001).

Se establece que el estrés por largos períodos de tiempo causa una depleción en el contenido de glucógeno muscular y por tanto una reducción en la cantidad de ácido láctico formado durante la glicólisis, resultando en un pH final alto y en la aparición de carne de color oscuro (Tornberg, 2000). Por su parte, Sañudo *et al.* (1998), afirman que niveles elevados de estrés tienden a producir carne de pH más elevado, que en general se presenta más oscura por su menor capacidad de reflejar la luz, tiene una mayor capacidad de retención de agua, es más sensible a la contaminación microbiana y tiende a producir más sabores anormales y será más tierna. La situación de estrés previo al sacrificio se refleja en un incremento de la actividad del animal (aumenta la actividad respiratoria, la atención, los movimientos cortos y reflejos). Esta situación está relacionada con el consumo de las reservas de glucógeno del músculo. Después del sacrificio de los animales, las reservas de

glucógeno del músculo se reducen y también la producción de ácido láctico. En consecuencia, los valores de pH resultarán elevados, pudiendo alcanzar valores que se asocian con carnes DFD (ITGG, 2009).

Se señala que más allá de la adaptación del sistema al animal, se debería considerar el desarrollo de programas de selección que tuvieran como objetivo lograr animales mejor adaptados a los sistemas de producción que son empleados corrientemente. Esto último se traduciría en un menor costo biológico para el animal en cuanto a su adaptación. Es por ello recomendado el estudio de patrones de reactividad sicofisiológica para lograr un mayor conocimiento acerca de su comportamiento y productividad. Esto se podría lograr por medio de la identificación de QTLs (loci para caracteres cuantitativos) relacionados con el comportamiento, sistema nervioso simpático y eje hipotálamo-pituitario-adenocortical. Se denota que la mejora genética de los caracteres productivos se ha acompañado de modo indirecto por la mayor adaptación a un manejo intensivo. Sin embargo, los procesos productivos varían a una velocidad superior a la de los procesos adaptativos (Manteca y Piedrafita, 2001).

4.4.2.8 Tipo de músculo

Aalhus y Price (1991), han reportado que el tipo de músculo incide sobre el pH desde el momento en que varían en el contenido y en la proporción del tipo de fibras (contracción rápida o lenta) y en consecuencia, en los niveles de glucógeno e intensidad del metabolismo glucolítico. Estas diferencias de pH entre músculos ocurren siempre en la misma dirección, es decir, si una canal presenta pH más alto, todos los músculos que la componen tendrán un pH superior. En tanto, existe una variación en el pH en el interior de un mismo músculo, principalmente en aquellos de mayor volumen a causa de variaciones en la proporción de fibras. El tipo de fibra muscular condiciona el pH desarrollado, mientras en las fibras rojas (aeróbicas) se alcanzan valores mínimos de 6,3, en las blancas (anaeróbicas) el pH final es de 5,5 (Zimmerman, 2007).

5. HIPÓTESIS

Los factores inherentes a los animales, a las condiciones de manejo, al transporte, a la planta de faena, a la empresa agropecuaria y a la estación del año afectan el pH de la carne a las 36 h post - mórtem.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar y cuantificar los factores que afectan el pH de la carne vacuna en los meses de verano, considerando las etapas comprendidas entre la salida del establecimiento y el sacrificio de los animales.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A. Describir las condiciones de producción, pre - embarque y embarque en el establecimiento agropecuario de origen (estado del embarcadero, tiempo de encierro previo, acceso a agua y sombra, elementos empleados para el embarque y dificultades en el mismo y condiciones de alimentación 60 días previos al embarque).

B. Caracterizar el transporte de los bovinos desde el establecimiento a la planta frigorífica (duración del viaje, número de paradas realizadas, km totales, de camino de tierra y de carretera recorridos, clima a la salida del establecimiento, durante el viaje y a la llegada al frigorífico, años de experiencia y conocimientos sobre bienestar animal del transportista; características generales del camión tales como, marca, tipo y estado de conservación considerando el estado y tipo de piso y puerta y uso de separadores).

C. Identificar los caracteres de cada grupo de animales destinado a la faena (número, raza, sexo, categoría, porcentaje de animales astados, mezcla de animales de distinta procedencia).

D. Describir las instalaciones destinadas a la descarga, espera y sacrificio de los animales (construcción, diseño, estado de conservación y condiciones higiénicas, del desembarcadero, mangas y corrales de espera, distancia entre corral de espera y cajón de noqueo, particularidades del cajón de noqueo).

E. Determinar las condiciones de manejo ante y post - mórtem en la planta de faena (tipo de faena que se realiza, dificultades, tiempo y elementos utilizados en la descarga, características de la faena, forma de insensibilización, utilización de estimulación eléctrica, elementos empleados para transportar los animales desde corrales de espera al cajón de noqueo, tiempo que transcurre desde el arribo de los animales a la planta hasta la descarga y tiempo desde la descarga hasta la faena, capacidad máxima de faena y faena diaria promedio).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló a través de la realización de una encuesta con el propósito de recabar información vinculada a los animales, la empresa agropecuaria, el transporte, la planta frigorífica y las condiciones de manejo en estos sectores de la cadena cárnica, considerando como variable de respuesta la lectura de pH a las 36 h post - mórtem.

7.1 SELECCIÓN DE LAS PLANTAS DE FAENA

Se eligieron 7 plantas frigoríficas habilitadas por el M.G.A.P porque representan en su conjunto más del 50 % de los bovinos sacrificados en el país (INAC, 2009). Los frigoríficos fueron los siguientes: Planta Industrial Colonia (Colonia), Planta Industrial San José (San José), Planta Industrial Salto (Salto) y Planta Industrial Tacuarembó (Tacuarembó) pertenecientes a Marfrig Group,

Frigorífico Casa Blanca S.A (Paysandú), Frigorífico PUL S.A (Cerro Largo) y Frigorífico San Jacinto NIREA S.A (Canelones).

7.2 ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA

Se empleó un formulario único para cada tropa que se diseñó con la finalidad de obtener información acerca de los tres actores fundamentales: los transportistas de hacienda, las plantas frigoríficas y las empresas agropecuarias y/o consignatarios de hacienda. Dicha encuesta se llevó a cabo durante el verano, entre los meses de diciembre de 2008 y marzo de 2009. Previamente al inicio del trabajo se llevó a cabo una encuesta piloto en el frigorífico Casa Blanca S.A a efectos de verificar la viabilidad del formulario.

Se consideró en cada frigorífico un mínimo de 10 camiones que se seleccionaron al azar. Por otra parte, se encuestó a un informante calificado sobre las características de la planta de faena. Los datos referentes a la empresa agropecuaria se obtuvieron mediante contacto telefónico con propietarios, encargados o consignatarios involucrados.

Las tareas se desarrollaron destinando un día de actividad a cada planta y posteriormente se procesó la información de las encuestas realizadas. A las 36 h post - mórtem se obtuvieron los valores absolutos e individuales de pH de cada animal perteneciente a las tropas relevadas.

7.2.1 Diseño y ejecución de la encuesta

Los diferentes formularios de la encuesta (que figuran en el Anexo 13.1) se elaboraron en base a bibliografía y trabajos relacionados, como el de Carduz (1996), Soares de Lima (1997) y Huertas (2006), que fueron efectuados previamente. Se aplicó primeramente al transportista en el momento de llegada del camión a la planta frigorífica. Durante el recorrido de las instalaciones se llevó a cabo la encuesta al informante calificado. Por último, se contactó vía telefónica al propietario, encargado o consignatario.

7.2.2 Encuesta a transportadores de hacienda

Este apartado del formulario comprende desde que los animales ingresan al camión hasta que los mismos descienden y son llevados a faena. Se pretendió conocer las condiciones del embarcadero utilizado, el tiempo de encierro previo y como transcurrió la carga de los animales, los elementos empleados en la misma, la duración del viaje, los km recorridos, el estado de los caminos transitados y el clima durante el viaje. Se incluyeron además características generales del camión tales como, marca, tipo y estado de conservación considerando el estado y tipo de piso y puerta. Además se relevó información acerca de la disponibilidad de agua y sombra en los corrales de encierro durante la espera previa al embarque. Por último se consultó al conductor sobre la experiencia como transportista de hacienda y su conocimiento sobre bienestar animal.

7.2.3 Encuesta a la planta frigorífica

Esta sección se refirió a las instalaciones, considerando aspectos de construcción, diseño, estado de conservación y condiciones higiénicas, del desembarcadero, mangas y corrales de espera. Se indagó sobre las características de la faena, haciendo énfasis en la forma de insensibilización, particularidades del cajón de noqueo y el tipo de faena que se realiza. Se incluyó además la capacidad máxima de faena y la faena diaria promedio.

7.2.4 Encuesta a la empresa agropecuaria y/o consignatario de hacienda

En esta etapa se encuestó al productor, encargado o consignatario según corresponda. Se consultó nuevamente sobre el estado del embarcadero, tiempo de encierro previo, acceso a agua y sombra, elementos empleados para el embarque y dificultades en el mismo, con la finalidad de verificar la información brindada por los transportistas. También se solicitó información sobre la alimentación suministrada en los 60 días previos al embarque.

7.3 OBSERVACIÓN DE LA DESCARGA EN FRIGORÍFICO

Se apreció la descarga de los bovinos, si esta transcurrió sin dificultades, los elementos empleados, la duración de la misma y el tiempo que transcurrió desde el arribo del camión a la planta y el comienzo de la descarga. Se observó la raza, categoría y sexo, así como el porcentaje de animales astados y si existió mezcla de animales de distinta procedencia para completar un camión.

7.4 OBTENCIÓN DE VALORES DE pH

Se realizó en la planta frigorífica a las 36 h posteriores a la faena con un peachímetro portátil OAKTON ® con electrodo de penetración en carne en el músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12^a y 13^a costilla, tal como se aprecia en el ejemplo de la Figura IV.

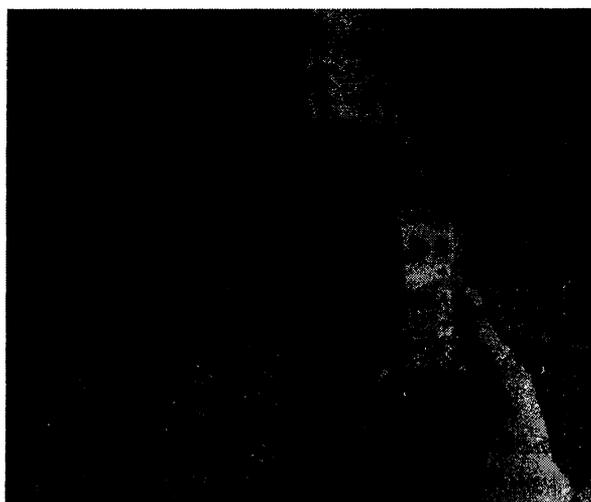


Figura IV. Obtención de valores de pH.

Fuente: Feed, 2009.

Actualmente, Estados Unidos exige 36 h de maduración a 4-10 °C y pH < 5,8, para admitir carne desde Uruguay. Esto se debe a que nuestro país fue declarado en el año 2003 libre de Aftosa con vacunación (Castro y Robaina, 2004). A la maduración de 36 h se le conoce como maduración sanitaria y constituye - en Uruguay - el criterio más comúnmente empleado para considerar a las exigencias requeridas para exportación. La OIE y la Unión Europea establecen un mínimo de 24 h a una temperatura > 2 °C y un pH < 6. En tanto, Chile exige una maduración de 24 h a 2-7 °C con pH < 5,8.

7.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Luego de la obtención de los registros de pH a las 36 h post - mórtem de los animales pertenecientes a las tropas relevadas, se procedió a ingresar ésta información junto con la recabada en las diferentes encuestas en una planilla electrónica empleando Microsoft Excel en su versión 2007.

7.5.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico consistió en:

1- La descripción estadística detallada general y particular de los elementos involucrados tales como frigoríficos y tropas.

2- Estimación puntual y por intervalo de confianza de las varianzas de pH considerando las variaciones existentes entre frigoríficos, tropas y dentro de las tropas, así como otros grupos que pudieran resultar de interés. La elaboración de los intervalos de confianza posibilitó ponderar y cotejar las varianzas correspondientes.

7.5.1.1 Estadística descriptiva

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

7.5.1.2 Estudio de correlaciones

Se calcularon correlaciones de *Pearson* entre mediciones de ambas medias canales. Adicionalmente se construyeron intervalos de confianza de 95 % y 99 % para la verdadera correlación, usando la transformación Z de Fisher.

7.5.1.3 Estudio de la variabilidad de pH

Para estudiar los factores que afectan la variabilidad de pH, se ajustaron modelos lineales aleatorios con la siguiente forma general:

$$\text{Modelo 1: } Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : pH a las 36 h post - mórtem

μ : media general

α_i : efecto aleatorio del i-ésimo frigorífico

ϵ_{ij} : efecto aleatorio de cada animal y tropa dentro de cada frigorífico

En este modelo, se estimaron varianzas diferentes para cada grupo de animales dentro de cada frigorífico. Se estimaron los intervalos de confianza del 95 % para cada componente de varianza.

Con este modelo se buscó determinar diferencias entre las varianzas de pH entre frigoríficos.

$$\text{Modelo 2: } Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(\alpha_i) + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : pH a las 36 h post - mórtem

μ : media general

α_i : efecto aleatorio del i-ésimo frigorífico

$\beta_j(\alpha_i)$: efecto aleatorio de la j-ésima tropa que va a cada frigorífico

ϵ_{ijk} : efecto aleatorio de cada animal (dentro de tropas)

En este modelo, se estimaron varianzas diferentes para cada grupo de animales dentro de tropas. Se estimaron los intervalos de confianza del 95 % para cada componente de varianza.

Con este modelo se buscó determinar diferencias entre las varianzas de pH entre animales de tropa a tropa y entre tropas dentro de frigoríficos.

7.5.1.4 Partición recursiva

Con este método se particionaron en forma recurrente los datos, de acuerdo a la relación entre pH a las 36 h post - mórtem y un conjunto de factores cuantitativos y cualitativos que se seleccionaron de acuerdo a la presencia de variación en los datos, y su existencia en cantidad suficiente (datos no perdidos superiores al 80 %). Los factores en los que se centró el estudio fueron: método de insensibilización empleado, estado de las paredes y pisos de corrales de espera, estado de las mangas, distancia entre el cajón de noqueo y el corral de espera, sujeción en el cajón de noqueo, presencia de piso antideslizante y estado de las paredes del desembarcadero, raza dominante, disponibilidad de agua, km de camino de tierra recorridos y estado de los mismos y suplementación suministrada a los animales.

En cada paso, el método buscó exhaustivamente el factor de partición, y el punto de corte de dicho factor, que maximizará la suma de cuadrados entre grupos, y minimizará 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 $\text{pH} \geq 5,8$. Para éste 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 $\text{pH} \geq 5,8$ a las 36 h post - mórtem.

8. RESULTADOS

8.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Para el análisis descriptivo de las lecturas de pH a las 36 h post - mórtem se consideraron 2.218 datos completos, que constituyen el tamaño de la muestra (n). Los resultados obtenidos se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Análisis estadístico descriptivo de las lecturas de pH a las 36 h post - mórtem en cada uno de los frigoríficos intervinientes en el presente trabajo.

Frigorífico	N	Mínimo	P5	Q1	Mediana	Media	Q3	P95	Máximo
1	318	5,52	5,57	5,62	5,67	5,70	5,75	5,89	6,47
2	459	5,00	5,00	5,20	5,50	5,49	5,80	6,20	6,50
3	363	5,35	5,43	5,52	5,61	5,63	5,70	5,87	6,80
4	395	4,80	5,43	5,50	5,58	5,62	5,69	6,02	6,96
5	234	5,31	5,48	5,51	5,54	5,57	5,58	5,75	6,62
6	169	5,32	5,58	5,66	5,73	5,81	5,83	6,50	6,96
7	280	5,40	5,49	5,56	5,64	5,68	5,72	6,02	6,97

N: Número total de observaciones; Mínimo: Mínimo valor de pH registrado a las 36 h post - mórtem; P5: Percentil 5; Q1: Percentil 25; Q3: Percentil 75; P95: Percentil 95; Máximo: Máximo valor de pH registrado a las 36 h post - mórtem.

Tal como se presenta en el Cuadro 1, el Frigorífico 6 fue el que presentó una media superior al límite de pH de rechazo (5,80) y mayor mediana (5,73). Además, fue el segundo en lo que a valores máximos de pH respecta (6,96).

Cuadro 2. Análisis estadístico de medidas de dispersión de pH a las 36 h post - mórtem en cada uno de los frigoríficos intervinientes en el presente trabajo.

Frigorífico	Media	S	S ²	CV	Rango	Sesgo	Kurtosis
1	5,70	0,12	0,0143	2,10	0,95	2,24	8,82
2	5,49	0,36	0,1296	6,56	1,50	0,54	(0,45)
3	5,63	0,19	0,0348	3,31	1,45	2,80	12,77
4	5,62	0,19	0,0359	3,37	2,16	1,82	9,34
5	5,57	0,14	0,0200	2,54	1,31	4,62	26,90
6	5,81	0,28	0,0778	4,80	1,64	1,88	3,37
7	5,68	0,21	0,0421	3,61	1,57	2,98	11,98

S: Desvío estándar muestral; S²: Varianza muestral; CV: Coeficiente de variación muestral; Rango: Diferencia entre el mínimo y el máximo de los valores observados; Sesgo: Medida de asimetría respecto a la normal; Kurtosis: Medida de apuntamiento respecto a la normal.

Respecto a la dispersión de los resultados de pH, la información que se presenta en el Cuadro 2 muestra que el Frigorífico 4 presentó un rango más amplio (2,16), mientras que el Frigorífico 1 fue el de menor rango (0,95). Es decir, que si se consideran 2 lecturas de pH de la misma muestra, éstas podrían diferir en un máximo de 2,16 y 0,95 para los Frigoríficos 4 y 1, respectivamente.

El Frigorífico 2 fue el que presentó un mayor desvío de los valores de pH respecto a la media de la muestra (0,36). En tanto, el Frigorífico 1 presentó el menor

desvío (0,12). Esto implica, que en el Frigorífico 2 podría existir una mayor variabilidad individual entre las lecturas de pH registradas. Además, el Frigorífico 2 fue el que mostró un mayor coeficiente de variación (6,56), representando un 6,56 % del promedio de los registros de ésta planta de faena.

Las distribuciones fueron, en su mayoría, asimétricas (distribución anormal), conforme los valores de sesgo fueron positivos y se concentraron hacia la izquierda, con valores mayormente bajos que se encontraron más cerca del 0 y algunos valores muy altos alejados del 0, es decir, hacia la derecha. En síntesis, la distribución presentó colas "pesadas" hacia la derecha.

El Frigorífico 5 fue el que presentó mayor sesgo, indicando que concentró la mayoría de las lecturas de pH entorno a valores altos. En cambio, el Frigorífico 2 agrupó sus resultados de forma contraria, conforme la mayoría de éstos fueron bajos.

Con respecto a la kurtosis, también se encontró que, a excepción del Frigorífico 2 (-0,45), la distribución se alejó de la normal, siendo la mayoría de los registros > 0 . Por esto una kurtosis positiva indicaría una representación gráfica leptocurtica, mientras que en el caso de ser negativa se mostraría platicurtica.

Dado que el Frigorífico 2 fue el que registró mayor coeficiente de variación y el 6, por el contrario, el que presentó mayor media y mediana en sus lecturas de pH, se elaboró la Figura V, a los efectos de apreciar más en detalle los resultados obtenidos en estas plantas.

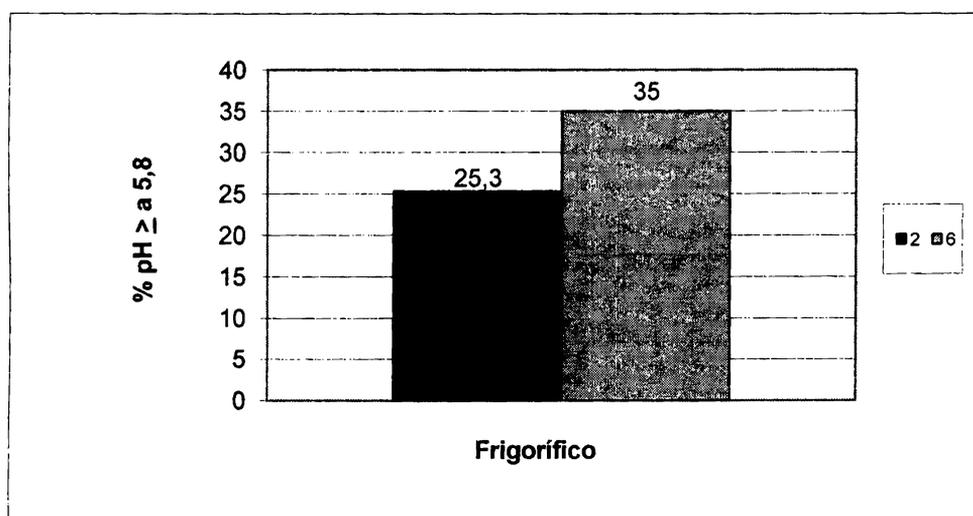


Figura V. Porcentajes de medias canales con lecturas de $\text{pH} \geq 5,8$ en los Frigoríficos 2 y 6.

De la información presentada en la Figura V, se observa que el 25,3 % y el 35 % de los registros de pH tomados en las medias canales de los Frigoríficos 2 y 6, respectivamente, resultaron superiores o iguales al valor crítico de 5,8.

Se estudió la diferencia máxima en valor absoluto de pH entre las 2 medias canales en cada frigorífico, tal como se muestra a continuación en el Cuadro 3 y en la Figura VI.

Cuadro 3. Diferencia máxima entre las 2 medias canales por planta de faena en valor absoluto de pH.

	N	Media	Mín.	P5	Mdn	Q3	P95	Máx.	Rango
Total	1195	0,0539	0,0000	0,0100	0,0300	0,0700	0,1600	1,2200	1,2200
1	318	0,0399	0,0000	0,0100	0,0200	0,0500	0,1100	0,6700	0,6700
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	363	0,0708	0,0000	0,0100	0,0600	0,0900	0,1800	0,2900	0,2900
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	234	0,0226	0,0000	0,0000	0,0200	0,0300	0,0600	0,1100	0,1100
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	280	0,0741	0,0000	0,0050	0,0500	0,0950	0,2050	1,2200	1,2200

N: Número total de observaciones; *Mín*: Mínimo valor de pH registrado a las 36 h post - mórtem; *P5*: Percentil 5; *Mdn*: Mediana; *Q3*: Percentil 75; *P95*: Percentil 95; *Máx*: Máximo valor de pH registrado a las 36 h post - mórtem; *Rango*: Diferencia entre el mínimo y el máximo de los valores observados.

A partir de la información presentada en el Cuadro 3, se desprende que en los frigoríficos en los que se obtuvieron datos de ambas medias canales, como el 1, 3, 5 y 7, la diferencia resultó despreciable.

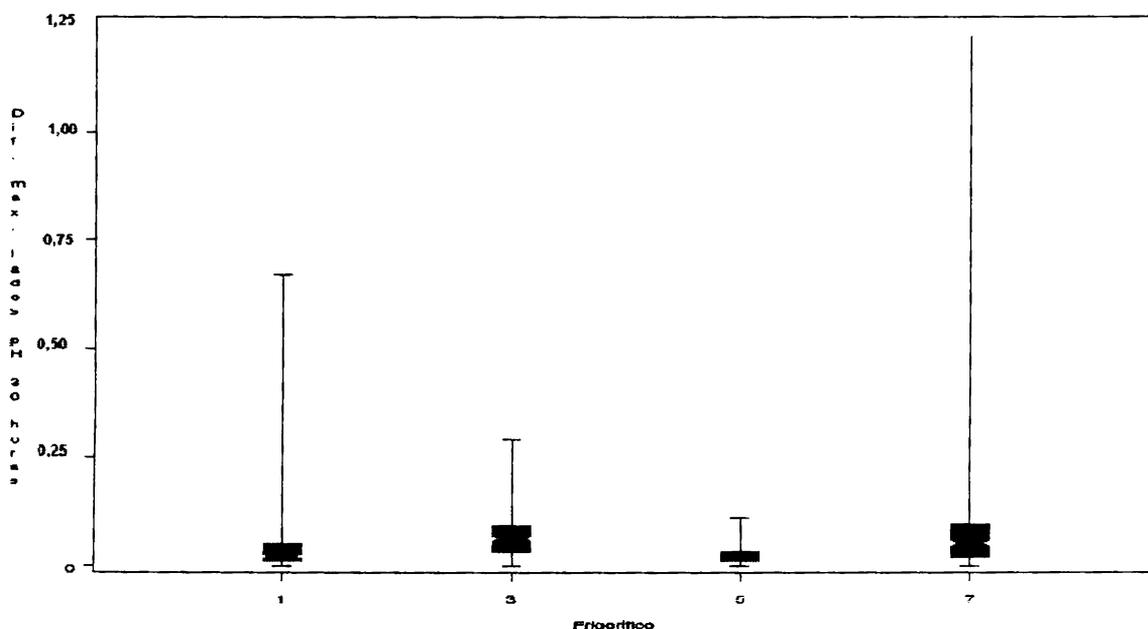


Figura VI. Diagrama de caja. Diferencia máxima de pH a las 36 h post - mórtem entre las 2 medias canales de los Frigoríficos 1, 3, 5 y 7.

A partir de la información presentada en la Figura VI se aprecia que en el Frigorífico 7 existió un valor que se encuentra muy por encima del 50 % central de las observaciones, situación que se podría atribuir a un error humano al momento de ingresar los registros para su análisis.

El Frigorífico 5 presentó el menor intervalo intercuartílico, es decir, los valores que fueron considerados en la dispersión se concentraron de modo tal que presentaron menor variabilidad y por ello menor diferencia entre las 2 medias canales, seguido por los Frigoríficos 1, 3 y 7, respectivamente. Además, las líneas que se presentan en los extremos de los rectángulos indican la existencia de valores

que se encuentran por debajo y por encima del 50 % central, sin ser valores atípicos, siendo éstos últimos aquellos que se alejan de la caja en más de un rango intercuartílico y medio. Es así, que el Frigorífico 5 fue el que mostró registros menos dispersos, seguido por los Frigoríficos 3, 1 y 7, respectivamente.

La mediana resultó siempre menor que la media, porque la distribución es asimétrica con valores concentrados a la izquierda, presentando extremos a la derecha que generan el aumento de la media aritmética.

8.2 ESTUDIO DE CORRELACIONES

En el Cuadro 4 se presentan las correlaciones entre los valores pH de las 2 medias canales con los límites de los intervalos de confianza a diferentes porcentajes.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre las 2 medias canales.

Variable 1	Variable 2	Correlación	N	I95	u95	I99	u99
pH361	pH362	0,88816	1195	0,87554	0,89956	0,87129	0,90293

I95: Límite inferior del intervalo de confianza al 95 %; u95: Límite superior del intervalo de confianza al 95 %; I99: Límite inferior del intervalo de confianza al 99 %; u99: Límite superior del intervalo de confianza al 99 %.

Los datos presentados en el Cuadro 4 muestran, que existió una correlación lineal, positiva y alta, entre las lecturas de pH tomadas de cada media canal a las 36 h post - mórtem. A nivel industrial se registran los datos de ambas medias canales, aunque, a partir de estos resultados, se podría tender a optar por tomar únicamente el pH de una de las medias canales, situación que, implicaría que se rechacen ambas mitades en caso de que el pH sea superior a 5,8.

8.3 ESTUDIO DE VARIABILIDAD

Otro de los análisis realizados en el estudio de las variaciones de los valores de pH a las 36 h post - mórtem dentro de los frigoríficos se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Varianzas dentro de frigoríficos de los valores de pH a las 36 h post - mórtem.

Frigorífico	N	S ²	S	LI 95	LS 95
1	318	0,01429	0,001135	0,0123	0,01681
2	459	0,12960	0,008563	0,1143	0,1481
3	363	0,03477	0,002585	0,03022	0,04045
4	395	0,03594	0,002561	0,03141	0,04154
5	234	0,01999	0,001852	0,0168	0,02418
6	169	0,07786	0,0085	0,06356	0,09763
7	280	0,04208	0,003562	0,03588	0,05003

N: Número total de observaciones; S²: Varianza muestral; S: Desvío estándar muestral; LI95 %: Límite inferior del intervalo de confianza al 95 %; LS95 %: Límite superior del intervalo de confianza al 95 %.

En el Cuadro 5 se observa que el Frigorífico 2 presentó mayor variación en los valores de pH a las 36 h seguido por el Frigorífico 6. En cambio el Frigorífico 1 fue el que mostró una menor variación para dichos valores.

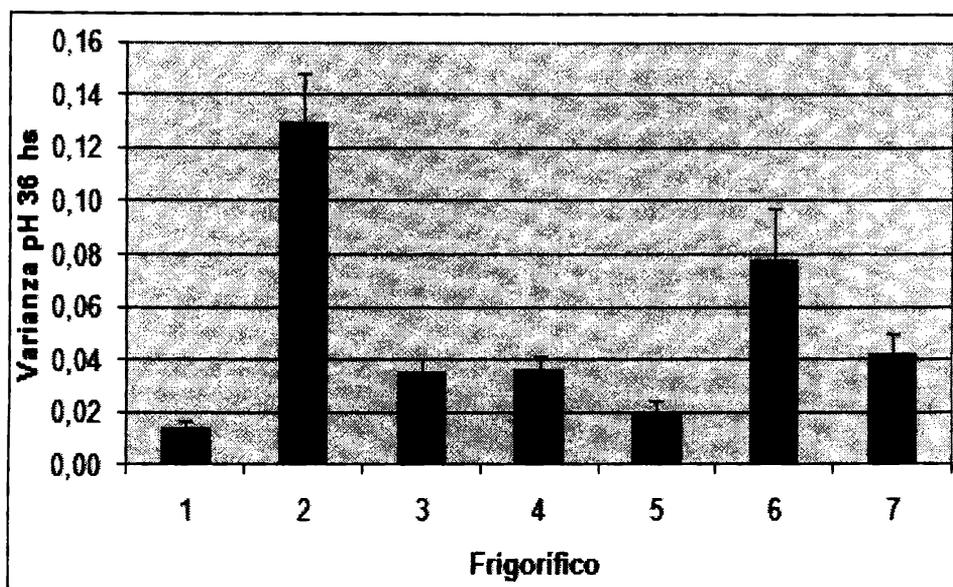


Figura VII. Representación gráfica de varianzas entre frigoríficos de las lecturas de pH a las 36 h post - mórtem.

En la Figura VII, las barras error (corresponden a las líneas ubicadas por encima de cada barra de varianza) indican el límite superior e inferior del intervalo de confianza del 95 % para la varianza de las lecturas de pH. A partir de la información presentada en la Figura VII surge claramente que el Frigorífico 2 presentó una varianza estadísticamente diferente al resto; luego lo siguió el Frigorífico 6. En tanto, el Frigorífico 1 fue el que se comportó de modo menos variable.

De acuerdo a los datos presentados en el Cuadro 6, se pudo establecer que las varianzas resultaron significativas y se mostraron muy variables según la tropa y el frigorífico considerado. Los Frigoríficos 2 y 6 presentaron mayores varianzas con respecto al resto. Esta diferencia se atribuyó a la importante varianza entre animales de una misma tropa más que a la varianza entre tropas.

Cuadro 6. Valores de varianza entre animales dentro de tropas de cada frigorífico para los valores de pH a las 36 h post - mórtem.

frig_tropa	Frigorífico	Tropa	Nº observaciones	Varianza	Error Std	LI 95	LS 95	
1002623	1	2699	34	0,005437	0,001337	0,003639	0,009413	52%
1002624	1	3590	26	0,01176	0,003316	0,007244	0,02236	113%
1002625	1	3591	37	0,01085	0,002555	0,007181	0,0183	105%
1002626	1	3592	35	0,01585	0,003834	0,01038	0,02716	153%
1002627	1	3593	32	0,009824	0,002489	0,00632	0,01734	95%
1002630	1	3595	17	0,0212	0,007395	0,01184	0,04844	204%
1002631	1	3596	36	0,00501	0,001198	0,003296	0,008524	48%
1002632	1	3597	34	0,009756	0,002397	0,006352	0,01688	94%
1002633	1	3598	33	0,01434	0,003574	0,009283	0,02504	138%
1002634	1	3600	34	0,03718	0,009123	0,02422	0,06429	358%
1002635	2	1000	30	0,08731	0,0231	0,05521	0,1586	841%
1002637	2	1001	37	0,1035	0,02425	0,06856	0,174	997%
1002638	2	1002	9	0,1213	0,05797	0,05688	0,4132	1169%
1002639	2	1003	64	0,1319	0,02339	0,09581	0,1931	1271%
1002640	2	1004,1	33	0,1191	0,02948	0,07735	0,2071	1147%
1002641	2	1004,2	66	0,1272	0,02221	0,09282	0,185	1225%
2002647	2	1004,3	36	0,1798	0,04297	0,1183	0,3059	1732%
2002650	2	1004,4	36	0,1201	0,02852	0,07918	0,2035	1157%
2002656	2	1004,5	36	0,1721	0,04067	0,1137	0,2908	1658%
2002657	2	1005,1	30	0,1777	0,04599	0,1133	0,318	1712%
2002659	2	1005,2	30	0,1336	0,03493	0,08489	0,2407	1287%
2002868	2	994	8	0,04586	0,02316	0,02079	0,1712	442%
2002870	2	995	17	0,08388	0,02919	0,0469	0,1912	808%
2002871	2	996	9	0,07683	0,0365	0,03618	0,2593	740%
2002873	2	997	9	0,1161	0,05512	0,05471	0,3913	1110%
3003433	2	999	9	0,09932	0,04921	0,04657	0,3589	957%
3003434	3	536	18	0,1518	0,05392	0,08404	0,3533	1462%
3003436	3	537	12	0,004436	0,001899	0,002221	0,01286	43%
3003437	3	538	13	0,02488	0,009926	0,01296	0,0659	240%
3003430	3	539	22	0,01340	0,004132	0,000	0,02737	130%
3003439	3	540	30	0,1116	0,0312	0,06896	0,2108	1075%
3003441	3	541	70	0,01447	0,002466	0,01064	0,02085	139%
3003442	3	542	20	0,009979	0,003233	0,005775	0,02126	96%
3003443	3	543	16	0,006276	0,002312	0,003409	0,01518	60%
3003444	3	544	20	0,005425	0,001755	0,003142	0,01154	52%
3003445	3	546	10	0,01665	0,007681	0,007983	0,05368	160%
4003468	3	547	24	0,02059	0,006034	0,01247	0,04032	198%
4003469	3	548,1	36	0,01808	0,004331	0,01188	0,0308	174%
4003471	3	548,2	37	0,01916	0,004503	0,01268	0,03227	185%
4003472	3	549	17	0,004655	0,001639	0,002508	0,01074	45%
4003473	3	550	18	0,00394	0,001347	0,002222	0,008827	38%
4003474	4	336	38	0,0254	0,005916	0,01687	0,04256	245%
4003476	4	338	31	0,03327	0,008652	0,02119	0,05973	321%
4003478	4	339	10	0,01022	0,004718	0,0049	0,03297	98%
4003479	4	340	34	0,003911	0,000965	0,002542	0,006785	38%
4003480	4	341	36	0,06522	0,01367	0,03695	0,09558	532%
4003482	4	342	38	0,03804	0,009074	0,02595	0,06544	376%
4003483	4	343	35	0,09149	0,02239	0,05965	0,1579	881%
5001601	4	344	34	0,03783	0,009276	0,02465	0,06530	364%
5001682	4	345	31	0,02151	0,005531	0,01376	0,03833	207%
5001683	4	346,1	34	0,009426	0,002326	0,006126	0,01636	91%
5001684	4	346,2	36	0,003795	0,00091	0,002493	0,006469	37%
5001685	4	348	39	0,004575	0,001051	0,003054	0,007606	44%
5001686	5	50	11	0,001652	0,000736	0,000808	0,005065	16%
5001687	5	51	26	0,002067	0,000584	0,001272	0,003937	20%
5001688	5	52	36	0,05864	0,01395	0,03865	0,09948	565%
5001689	5	53	37	0,002041	0,000481	0,00135	0,003443	20%
6103244	5	54	34	0,03948	0,009658	0,02575	0,06814	380%
6103245	5	55	18	0,002264	0,000775	0,001276	0,005078	22%
6103246	5	56	7	0,006702	0,003763	0,002836	0,03063	65%
6103247	5	57	37	0,00327	0,00077	0,002163	0,005515	32%
6103248	5	58	20	0,00172	0,000558	0,000995	0,003667	17%
6103249	5	59	8	0,07742	0,04333	0,03203	0,3514	740%
6103251	6	100600	11	0,07812	0,03365	0,03906	0,2273	753%
6103256	6	100600,1	34	0,037	0,00906	0,02417	0,06389	366%
6103257	6	100600,2	26	0,05502	0,01539	0,03401	0,104	530%
6103258	6	100600,3	19	0,01324	0,004383	0,007582	0,02877	128%
6103261	6	100601	12	0,00534	0,002278	0,002679	0,01541	51%
6103262	6	100603	21	0,03717	0,01161	0,02188	0,07669	388%
6103264	6	100604	10	0,2708	0,1279	0,128	0,9049	2609%
7002345	6	100605	11	0,2097	0,09246	0,1032	0,6329	2020%
7002347	6	100609	13	0,1556	0,06716	0,07756	0,4559	1499%
7002348	6	100614	12	0,09814	0,04059	0,0501	0,2719	945%
7002349	7	2568	35	0,005838	0,001417	0,003818	0,01003	56%
7002350	7	2569	32	0,1178	0,03129	0,07441	0,2146	1135%
7002351	7	2570	40	0,006837	0,001547	0,004589	0,01127	66%
7002352	7	2572	31	0,03579	0,009195	0,0229	0,06373	345%
7002353	7	2573	36	0,07621	0,01848	0,04987	0,1308	734%
7002354	7	2574	35	0,006816	0,001654	0,004459	0,01171	66%
7002355	7	2575	34	0,03964	0,009772	0,02577	0,06874	362%
7002357	7	2576	37	0,009104	0,002143	0,006024	0,01535	80%

LI95: Límite inferior del intervalo de confianza al 95 %; **LS95:** Límite superior del intervalo de confianza al 95 %.

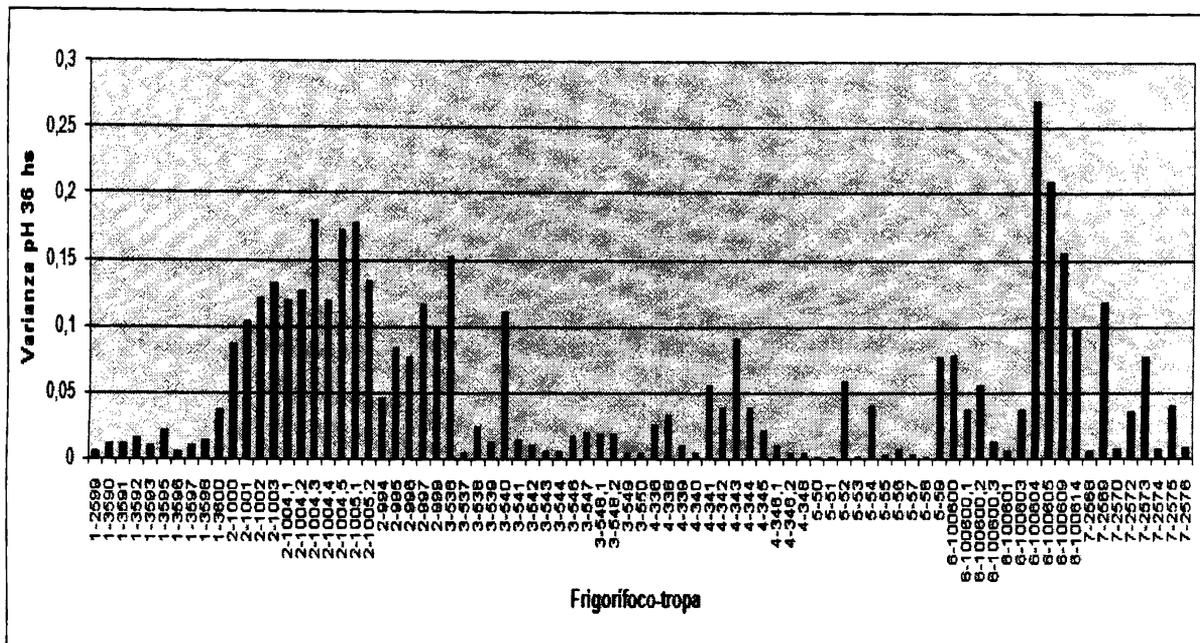


Figura VIII. Valores de varianza estimada entre animales dentro de cada tropa de cada frigorífico para los valores de pH a las 36 h post - mórtem.

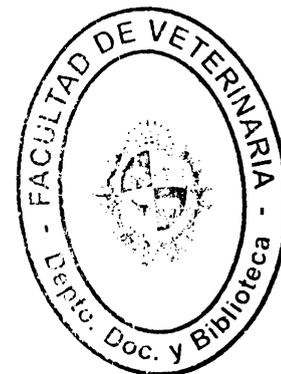
Respecto a los datos presentados en la Figura VIII, se observa que la mayor varianza estimada se atribuyó a la tropa 100604 correspondiente al Frigorífico 6, explicando la variación registrada en los valores de pH. Las restantes tropas de esta planta de faena, mostraron también lecturas de pH con una alta variabilidad. También en el Frigorífico 2, la variación entre animales resultó elevada, mientras que el Frigorífico 1 se mostró menos variable.

Cuadro 7. Comparación de varianzas entre lecturas de pH a las 36 h post - mórtem registradas entre frigoríficos.

	S ²	S	LI 95	LS 95	
Entre frigoríficos	0,00801	0,004955	0,00317	0,04558	100%
Entre tropas dentro de frigoríficos	0,003231	0,000822	0,002075	0,005718	40%

S²: Varianza muestral; S: Desvío estándar muestral; LI95 %: Límite inferior del intervalo de confianza al 95 %; LS95 %: Límite superior del intervalo de confianza al 95 %.

En el Cuadro 7, a partir de las estimaciones puntuales (S²) en la muestra, se puede deducir que la varianza entre tropas fue menor que la varianza entre frigoríficos, siendo un 40 % la varianza entre tropas en relación a la varianza entre frigoríficos (0,003231/0,00801 x 100). Estos resultados muestrales no permiten hacer inferencia a lo que sucede en la población, ya que los límites de confianza (rango) son muy amplios y se superponen. Por lo tanto esto se puede explicar a nivel de la muestra, pero no a nivel de la población, no significando que en ésta última no ocurra, sino que simplemente nuestra muestra no lo permite afirmar.



8.4 PARTICIÓN RECURSIVA

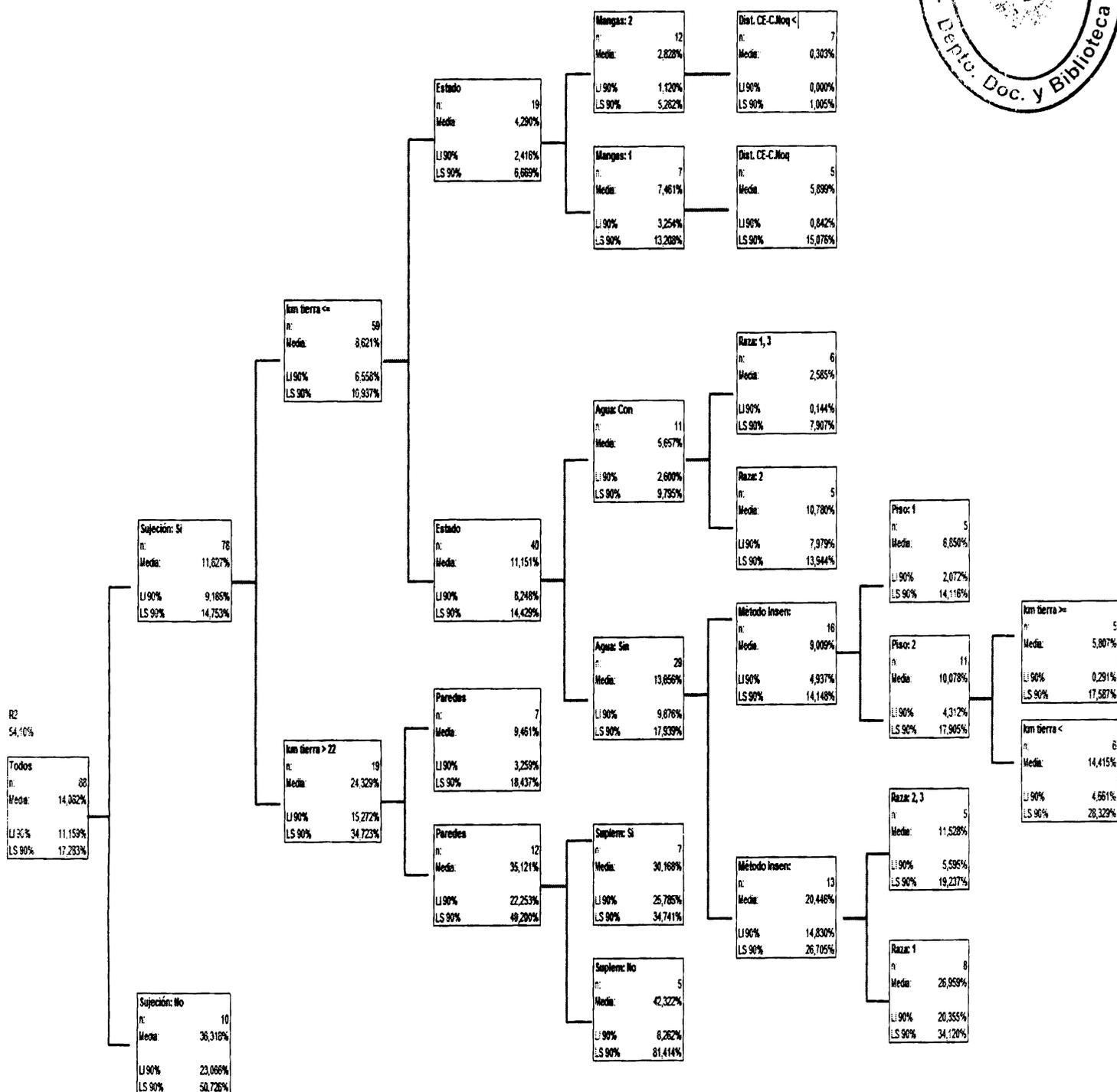


Figura IX. Partición recursiva de probabilidad de obtención de $\text{pH} \geq 5,8$ en la canal.

N: Número de camiones; **LI90 %:** Límite inferior del intervalo de confianza al 90 %; **LS90 %:** Límite superior del intervalo de confianza al 90 %. **Razas:** 1=A.Angus, 2=Cruza, 3=Hereford; **Método Insensibilización:** Arriba=Eléctrica, Debajo=Neumática; **Paredes de corrales de espera:** Arriba= Estado Regular, Debajo=Buen Estado; **Km tierra:** Derecha=17, Izquierda=<22; **Estado del camión:** Arriba=Malo, Debajo=Bueno; **Piso de corrales de espera:** 1=Con Antideslizante, 2=Sin Antideslizante; **Mangas:** 1=Grandin, 2=Recto; **Distancia CE-C.Noq.:** Arriba=<100m, Debajo= \geq 100m.

El análisis de la información presentada en la Figura IX se basó en que existe un porcentaje de cada variable que se explica por la asociación con otra variable. En éste caso, el 54 % de la varianza total de los datos (R^2 como coeficiente medio de la partición total), estuvo representada por la partición obtenida. Es decir, que cuando no se obtuvo ninguna partición, $R^2 = 0$. Una partición explica la variabilidad, y el R^2 de esa partición establece cuanto contribuye a explicar la variabilidad del pH.

La probabilidad de obtención de valores de $\text{pH} \geq 5,8$ resultó de 36,3 % para el caso de que en el cajón de noqueo no hubiera sujeción del animal.

Se destaca también que la secuencia de eventos que alcanzó la mayor probabilidad de obtención de valores de $\text{pH} \geq 5,8$ (42,3 %), fue la siguiente (considerando un orden cronológico): animales no suplementados durante los 60 días previos a la faena, que recorrieron > 22 km de caminos de tierra durante su transporte desde el establecimiento a la planta, cuya espera para la faena transcurrió en corrales con paredes en buen estado y que fueron sujetados en el cajón de noqueo. En tanto, en caso de que el ganado fuera suplementado y luego siguiera la misma secuencia, la probabilidad de obtener canales con pH de rechazo ($\geq 5,8$) fue de 30,2 %.

Cuando los animales fueron transportados por > 22 Km y su espera transcurrió en corrales con paredes de estado regular y fueron sujetados en el cajón de noqueo, la probabilidad de obtener un pH de rechazo fue de 9,5 %.

Por otra parte se apreció que la menor probabilidad (0,3 %) ocurrió cuando los animales fueron transportados por < 22 km en caminos de tierra, en camiones de estado malo a regular, que en la planta fueron conducidos a través de mangas de diseño recto, la distancia desde los corrales de espera al cajón de noqueo fue < 100 m y fueron sujetados en el cajón de noqueo. En los casos en que la distancia fue ≥ 100 m y las mangas eran de diseño Grandin la probabilidad tampoco resultó relevante (5,9 %).

Existió una probabilidad de 10,8 % de que aquellas tropas que presentaron como raza predominante el biotipo cruza, que durante el encierro previo al embarque contaron con agua, que recorrieron una distancia ≤ 22 km por camino de tierra desde el establecimiento al frigorífico, en camiones en buen estado y fueron sujetados en el cajón de noqueo, muestren valores de pH superiores o iguales a los límites aceptables. Mientras que si los animales fueron principalmente de raza Hereford y Aberdeen Angus la probabilidad de presentar $\text{pH} \geq 5,8$ fue de 2,6 %.

En el caso de que el ganado fuera mayormente de raza Aberdeen Angus, no se le ofreciera agua en el encierro previo en el establecimiento, fueran transportados por < 22 km por camino de tierra desde el predio al frigorífico, en camiones en buen estado, contaran con sujeción en el cajón de noqueo y la insensibilización fuera de tipo neumático, la probabilidad de obtener un pH de rechazo fue de 27 %. En el caso de que las razas predominantes fueran Hereford y cruza, la probabilidad resultó ser de 11,5 %.

Por otra parte si a los animales no se les ofrecía agua durante la espera en el establecimiento, su transporte por caminos de tierra era ≤ 22 km en camiones en buen estado, eran alojados en la planta en corrales de espera con piso sin antideslizante, se sujetaran en cajón de noqueo y se empleara, para la insensibilización, el método eléctrico, la probabilidad de obtener valores de $\text{pH} \geq 5,8$ resultó de 10,1 %. Si continuamos esta secuencia, se encontró que si la distancia recorrida por caminos de tierra estaba entre 17 y 22 km, la probabilidad ascendía a 5,8 %. No obstante, si los km eran menos de 17, la probabilidad de obtener valores

de pH $\geq 5,8$ se incrementaba a 14,4 %. A pesar de esto, si los corrales de espera presentaban piso antideslizante la probabilidad fue de 6,9 %.

9. DISCUSIÓN

9.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Existió un efecto frigorífico que afectó el pH de la carne a las 36 h post - mórtem. No obstante, y a pesar de que el mes en que se realizó la encuesta pudo haber incidido en alguna forma (variaciones climáticas), no se descarta la incidencia de otros factores no relevados en el estudio. La mayor parte de las encuestas se realizaron durante los meses de verano, aunque 2 de éstas se desarrollaron fuera de la referida estación del año por motivos ajenos a la organización del trabajo. En el presente estudio se consideró el pH a las 36 h post - mórtem, a diferencia de los trabajos científicos consultados, que consideran las mediciones de pH a las 24 h post - mórtem (Carduz, 1996; Sánchez *et al.*, 1997; Soares de Lima y Xavier, 1997; Warner *et al.*, 1998; Ferguson, 2000; Gallo *et al.*, 2000; Gallo *et al.*, 2001; Rhee y Kim, 2001; Dransfield *et al.*, 2003; INIA, INAC y CSU, 2003; María *et al.*, 2003; Villarroel *et al.*, 2003; Courdin y Fernández, 2004; Franco y Feed, 2004; INIA e INAC, 2008; Jeleníková *et al.*, 2008).

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de la Figura V y del Cuadro 2, se podrían atribuir los datos registrados a que en los Frigoríficos 2 y 6, el trabajo experimental se desarrolló bajo condiciones climáticas adversas. Se consideró la variable clima ya que no se logró aislar otro factor relacionado con dichos resultados. Esto se sustenta de acuerdo a la bibliografía consultada en que el desempeño productivo del ganado bovino de leche y carne es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los que - en su conjunto - afectan su balance térmico (Arias *et al.*, 2008). Es así que la ocurrencia de temperaturas extremas dentro de los camiones es reconocida como un factor de estrés importante durante el transporte de animales (Grandin, 2000 c; Arias *et al.*, 2008; Alende *et al.*, 2009). Estos resultados podrían sugerir que, debería evitarse realizar el transporte en condiciones climáticas extremas, tanto por frío o por calor, procurando favorecer la ventilación dentro del vehículo (Alende *et al.*, 2009). El clima frío y húmedo en el momento antes del sacrificio se reconoce como un factor de tensión que ejerce un efecto negativo sobre el pH del músculo. La carne oscura aparece con mayor frecuencia entre las 24 y las 48 h posteriores a cambios severos en el clima. Por ello, los animales deberían ser transportados, dentro de lo posible, de noche o temprano a la mañana (Grandin, 2000 c). De este modo se evitarían los cambios más severos en el clima. Es preferible evitar el transporte en condiciones climáticas adversas para disminuir la incidencia de valores de pH $\geq 5,8$.

9.2 ESTUDIO DE CORRELACIONES

La correlación lineal, positiva y alta que se registró entre los valores de pH tomados de cada media canal a las 36 h post - mórtem, coincide con Jeleníková *et al.* (2008), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en el pH de la media canal izquierda y derecha a las 24 y 48 h post - mórtem.

9.3 ESTUDIO DE VARIABILIDAD

Se encontró que la variabilidad entre frigoríficos resultó elevada en relación a la varianza dentro de una misma planta. Además, se pudo apreciar que se registró una varianza entre animales dentro de tropas, que fue mayor a la varianza entre tropas. En el caso de los Frigoríficos 2 y 6 se presentaron las mayores varianzas, dentro de cada tropa. Se descartaron la mezcla de animales de diferente procedencia y el porcentaje de animales astados como variables relacionadas a estos resultados. La mezcla de animales de diferente procedencia afectó a un 19,8 % de los animales en el Frigorífico 2 y a un 7,7 % en el Frigorífico 6. Respecto a esto Grandin (2000 c), ha reportado que la mezcla de lotes les implica - a los animales - casi 2 semanas para reacomodarse en su nuevo grupo, ya que ocurre una situación de lucha por la jerarquía dentro del nuevo grupo conformado. Al mezclarse animales de distinta procedencia antes de la faena, las montas y empujones agotan las reservas de glucógeno de los músculos, pudiendo tardar una semana en ser recuperadas. En el caso hipotético que resultara inevitable mezclar lotes en un mismo camión, se aconseja emplear separadores entre lotes y evitar que los lotes se mezclen cuando llegan a la planta de faena (Forrest *et al.*, 1979; IPCV, 2006; Alende *et al.*, 2009).

El porcentaje de animales astados fue de 20,9 % y 23,6 % para los Frigoríficos 2 y 6, respectivamente. Esto afecta la calidad de la carne, ya que la presencia de animales astados en una tropa aumenta la incidencia de lesiones superficiales y profundas en las reses (Ramsay, *et al.*, 1976; Alende *et al.*, 2009), ocasionando un alto porcentaje de contusiones en el lomo, que pueden atravesar el cuero y afectar los músculos (Grandin, 1995).

Por su parte, la mezcla de categorías dentro de tropas sí resultó relevante para el Frigorífico 2, ya que en éste se constató que un 59 % de los animales pertenecían a tropas con esta característica. Se ha reportado que resulta mayor el estrés generado cuando se mezclan animales de diferentes categorías y tamaños (IPCV, 2006). Por esta razón una condición indispensable para el transporte es armar lotes de animales que sean uniformes en tamaño y sexo. Se considera que la mezcla de animales grandes con chicos genera el riesgo de que estos últimos resulten aplastados o pisoteados mientras que la mezcla de hembras y machos da lugar a montas y puede generar riesgo de carnes DFD y de machucos (Forrest *et al.*, 1979; Alende *et al.*, 2009).

Los cálculos expresados anteriormente se pueden apreciar en el Anexo 13.2.

9.4 PARTICIÓN RECURSIVA

El 54 % de la variabilidad de las lecturas de pH estuvo explicado por el método de análisis utilizado en el presente trabajo.

Para la secuencia de eventos que resultó en la mayor probabilidad de obtención de valores de pH de rechazo (42,3 %), se encontró que la variable suplementación 60 días previos a la faena fue relevante, ya que en caso de efectuarse ésta práctica se logró una reducción de 12,1 % en la probabilidad de obtención de $\text{pH} \geq 5,8$, con respecto a la ausencia de suplementación. A pesar de que ésta práctica no es habitual durante el verano, la falta de forraje debida a la ausencia de precipitaciones, ocasionó que se suplementaran a los animales. En este sentido, Immonen *et al.* (2000), ITGG (2002), Santini (2003) y Gallo (2003) señalan

que una adecuada alimentación estaría directamente relacionada con los niveles de glucógeno, especialmente en las 2 a 3 semanas previas a la faena. Estos autores han constatado que novillos faenados en invierno suplementados con granos durante el período de engorde, registraron niveles más elevados de glucógeno previo a la faena, frente a aquellos alimentados solo con pradera en primavera. Por tanto, las dietas con altos niveles de energía permiten incrementar las reservas de glucógeno en el músculo y de ésta manera lograr adecuados descensos de pH. Sin embargo, el acostumbramiento diario de los animales al contacto con el hombre, sería lo que provocaría que los animales reaccionaran de mejor modo ante situaciones de estrés, no resultando significativa la movilización de glucógeno previo a la faena y minimizando el efecto de la alimentación previa (Grandin, 1997; Franco y Feed, 2004; Amtmann *et al.*, 2006). En ésta misma secuencia y contrariamente a lo esperado (Grandin, 1991; del Campo *et al.*, 2007) se registró que el buen estado de los corrales de espera previo al sacrificio y la sujeción en el cajón de noqueo, afectaron negativamente el pH final.

Cuando los animales fueron transportados por < 22 km, en camiones en estado malo a regular, alojados en corrales de espera en buen estado, la distancia desde los corrales de espera al cajón de noqueo fue < 100 m y fueron sujetados en el cajón de noqueo se obtuvo la menor probabilidad de incidencia de lecturas de pH $\geq 5,8$ (0,3 %). Trabajos previos al presente experimento también señalan que transportes breves (de hasta 4 h) tienen escaso efecto sobre el pH a las 24 h post -mórtem (Grandin, 2000 b; Gallo, 2003; Warriss, 2003; Bianchi y Garibotto, 2004). María *et al.* (2003), señalan que el transporte por un tiempo de 6 h no afectaría significativamente la calidad instrumental de la carne. Estos mismos autores agregan que los transportes tranquilos por cortas distancias pueden reducir las reservas de glucógeno, aunque esto no siempre se vea reflejado en el pH final si las condiciones de transporte son buenas y el estrés es leve. En base a lo anteriormente expuesto, se podría establecer -como hipótesis- que la variable km recorridos en caminos de tierra resultaría determinante en el pH final, ya que a menores distancias recorridas en caminos de tierra, menores serían las posibilidades de que surgieran alteraciones en las concentraciones de glucógeno. Esta información debería analizarse en conjunto con otros factores relacionados al transporte que afectan el pH final, tales como: el estado de los caminos y carreteras, distancia total recorrida, duración del viaje, número de paradas realizadas y clima durante el viaje. En la misma secuencia en que se obtuvo una menor probabilidad de pH alto, se encontraron 2 factores que contribuirían a la obtención de valores elevados de pH a las 36 h post -mórtem, tales como: el estado regular-malo de los camiones y el diseño recto de las instalaciones a través de las cuales se conducen los animales en la planta desde el corral de espera al cajón de noqueo. De hecho, en otros estudios el movimiento del ganado dentro del camión durante la aceleración y desaceleración del mismo resulta ser un factor más crítico que la distancia (Ramsay *et al.*, 1976). El movimiento de la hacienda dentro del camión no se incluyó en el presente trabajo. Para el caso del diseño de las instalaciones es ampliamente conocido que las paredes y el portón del corral de encierro deberían ser macizos, el corral de encierro redondo y la manga curva para facilitar el movimiento del ganado hacia el cajón de noqueo ya que toma en cuenta el comportamiento natural de los animales y les impide ver el final de la manga al momento de ingresar a la misma (Grandin, 1991). En tanto, cuando la distancia entre el cajón de noqueo y el corral de espera fue ≥ 100 m y las mangas presentaban diseño Grandin, la probabilidad de lecturas de pH $\geq 5,8$ fue de 5,9 %.

Esto permite deducir que la distancia entre el cajón de noqueo y el corral de espera resultó más relevante que el diseño de los corrales.

Cuando el cajón de noqueo no presentó sujeción, la probabilidad de obtención de valores de pH $\geq 5,8$ fue de 36,3 %. En este sentido, se ha reportado que una adecuada sujeción en el cajón de noqueo es necesaria para lograr una correcta insensibilización (Grandin, 1991). Bianchi y Garibotto (2004), establecen que si el cajón de noqueo no cuenta con un mecanismo de sujeción adecuado, en la mayoría de los casos se debe realizar más de una descarga eléctrica por animal, extendiendo el período entre la insensibilización y el degüelle, que no debería superar los 30 s.

Para una misma secuencia de eventos, en la que animales de distinta raza recibieron igual tratamiento, se encontró que el biotipo cruza (todas las posibles) presentó una mayor probabilidad de obtención de pH final de rechazo, frente a las razas Hereford y Aberdeen Angus. Esta diferencia encontrada entre razas es coincidente con los resultados de las investigaciones realizadas por Faustman y Cassens (1991), Page *et al.* (2001), Gallo (2003), ITGG (2009), Mariño *et al.* (2009). No obstante, Tarrant (1990), Franco *et al.*, (2002) y Franco y Feed (2004) han reportado que el genotipo no incide en la presencia de canales con pH final elevado.

Al considerarse la misma sucesión de eventos que implicó que al ganado no se le ofreciera agua durante el encierro previo en el establecimiento, fueran transportados por < 22 km por camino de tierra desde el predio al frigorífico, en camiones en buen estado, contarán con sujeción en el cajón de noqueo y la insensibilización fuera de tipo neumático, la probabilidad de obtener un pH de rechazo fue de 20,5 %. En tanto, cuando la insensibilización fue de tipo eléctrica la probabilidad bajó a 9 %. Esto coincide con Grandin (2006), quien recomienda la insensibilización eléctrica frente al perno cautivo. En el presente trabajo se encontró que la insensibilización eléctrica reduce a la mitad la probabilidad de obtener pH de rechazo.

Por otra parte si a los animales no se les ofrecía agua durante la espera en el establecimiento, su transporte por caminos de tierra era ≤ 22 km en camiones en buen estado, eran alojados en la planta en corrales de espera con piso sin antideslizante, sujetos en cajón de noqueo y se empleaba, para la insensibilización, el método eléctrico, la probabilidad de obtener valores de pH $\geq 5,8$ resultó de 10,1 %. A pesar de esto, si los corrales de espera presentaban piso antideslizante la probabilidad fue de 6,9 %. La presencia de piso antideslizante en corrales de espera disminuye la probabilidad de obtener pH $\geq 5,8$, evitando caídas y resbalones de los animales (Grandin, 1991; Bianchi y Garibotto, 2004).

Cuando el ganado se transportó por menos de 22 km en caminos de tierra en camiones en buen estado y fueron sujetos al momento de la insensibilización, se encontró que aquellos animales que fueron privados de agua durante el encierro previo al embarque, obtuvieron una probabilidad de presentar un pH final de rechazo de 13,7 %. Mientras que al suministrárseles agua la probabilidad bajó a 5,7 %. En este sentido, se ha establecido la importancia del acceso al agua durante el encierro previo al embarque (Sánchez, 2002; Castro y Robaina, 2004; Alende *et al.*, 2009; Gallo, 2010).

10. CONCLUSIONES

- El Frigorífico resultó ser un factor importante en la variación de los valores de pH final a nivel de la canal. No obstante, resultó imposible diferenciar el efecto per se del Frigorífico respecto al mes en que se realizó la encuesta. Por otro lado, el diseño no contempló todos los factores que pudieron incidir en la lectura de pH final, determinando que éste efecto sea considerado con reserva.
- La mezcla de categorías dentro de tropas resultó relevante para el Frigorífico 2, encontrándose que un 59 % de los animales pertenecían a tropas mezcladas, favoreciendo esto la aparición de canales con $\text{pH} \geq 5,8$ a las 36 h post - mórtem.
- La variable suplementación 60 días previos a la faena resultó relevante, ya que en aquellos animales en que se realizó, se encontró una reducción de 12,1 % en la probabilidad de obtención de $\text{pH} \geq 5,8$ a las 36 h post – mórtem, con respecto a la ausencia de suplementación.
- La ausencia de sujeción en el cajón de noqueo fue una variable que favoreció la aparición de canales con pH final de rechazo.
- Para una misma secuencia de eventos, en la que animales de distinta raza recibieron igual tratamiento, se encontró que el biotipo cruza (todas las posibles) presentó una mayor probabilidad de obtención de pH final de rechazo, frente a las razas Hereford y Aberdeen Angus.
- El método de insensibilización empleado incidió en la presentación de lecturas de $\text{pH} \geq 5,8$, debido a que al emplearse el método neumático la probabilidad superó ampliamente a la del método eléctrico.
- La disponibilidad de agua durante el encierro previo al embarque afectó la aparición de registros de pH de rechazo, siendo la probabilidad mayor cuando no se les ofreció agua a los animales.

Las características del trabajo realizado presentaron algunas limitantes que no permitieron identificar claramente todas las variables bajo estudio, ya sea por problemas ajenos al diseño elaborado (por ejemplo: el efecto frigorífico se confundió con la estación del año) o por la imposibilidad de detectar relaciones causa-efecto o corroborar la veracidad de alguno de los factores en base a mediciones objetivas, frente a la respuesta subjetiva dada por el componente de la cadena involucrado (por ejemplo: suplementación previa a la faena vs determinación visual de estado corporal de los animales al descargarlos en la planta). Además, no se consiguió efectuar el seguimiento de cada individuo incluido en el estudio, desde su arribo a la planta de faena hasta la medición de pH a las 36 h post - mórtem. Por este motivo sería recomendable repetir el trabajo con animales individualmente identificados. De este modo, se lograría asociar la información recabada en la encuesta con los valores de pH a las 36 h post - mórtem de forma individual, obteniéndose así resultados específicos para cada variable de estudio.

11. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

En base a las conclusiones del presente trabajo, se podrían sugerir las siguientes recomendaciones:

- Evitar embarcar y transportar animales bajo condiciones climáticas adversas, seleccionando para cada momento del año, el horario menos perjudicial para los animales.
- No mezclar animales de diferente procedencia, categoría, sexo y peso antes, durante y luego del transporte.
- Suministrar una alimentación adecuada 60 días previos a la faena, con el fin de mantener niveles apropiados de glucógeno.
- Efectuar una adecuada sujeción del animal en el cajón de noqueo para lograr una correcta insensibilización.
- Realizar una correcta insensibilización para lograr que al momento del sangrado el animal se halle totalmente inconsciente.
- Proporcionar espacio y agua a cada animal antes del embarque y durante la espera en la planta frigorífica.
- Evitar mantener al ganado por períodos prolongados sobre el medio de transporte, una vez que éste arribó a la planta.

La mayor parte de las implicancias prácticas anteriormente expuestas dependen del transportista de hacienda y del personal de la planta frigorífica. No obstante, muchas veces es el productor el perjudicado en caso de presentarse características no deseables en la canal, como consecuencia del manejo por parte de otros actores de la cadena cárnica.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Aalhus, J.L., Price, M.A. (1991) Endurance-exercised growing sheep: Post-mortem and histological in skeletal muscles. *Meat Science* 29(1):43-56.
2. Albertí, P., Panea, B., Ripoll, G., Sañudo, C., Olleta, J.L., Hegueruela, I., Campo, M.M., Serra, X. (2005) Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. *Monografías INIA: Serie Ganadera N° 3*. p. 216-225.
3. Alende, M., Volpi Lagreca, G., Pordomingo, A.J. (2009) Aspectos relativos al transporte de bovinos por carretera: *Bienestar Animal*. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/comercializacion/51-transporte.pdf. Fecha de consulta: 22/05/10.
4. Amtmann, V.A., Gallo, C., van Schaik, G., Tadich, N. (2006) Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 38(3):259-263.
5. Arias, R.A., Mader, T.L., Escobar, P.C. (2008) Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria* 40:7-22.
6. Beltrán, J.A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, P., Alberti, P., Roncáles, P. (1997) Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science* 45(2):201-207.
7. Bianchi, G., Garibotto, G., van Lier, E., Franco, J., Feed, O., Peculio, A., Bentancur, O., Courdín, V., Fernández, M.E. (2004) Efecto del transporte y tiempo de espera en frigoríficos sobre los niveles de cortisol plasmático, características de la canal y de la carne de corderos pesados. *Agrociencia* 8(2):89-98.
8. Bianchi, G., Garibotto, G. (2004) *Bienestar Animal. Relevamiento de Puntos Críticos en Uruguay*. Montevideo. INAC. Serie Técnica N° 37. p.17-30.
9. Bidner, T.D., Schupp, A.R., Mohamad, A.B., Rumore, N.C., Montgomery, R.E., Bagley, C.P., McMillin, K.W. (1986) Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Hereford-Brahman Steers finished on all-forage or a high-energy diet. *Journal of Animal Science* 62:381-387.
10. Bolzoni, M., Ferrante, V., Canali, E., Carezzi, C. (1997) Comportamento delle vitelle. Osservazioni su vitelle da rimonta in box di grupo. *Obiettivi e Documenti Veterinari* 18:73-80.
11. Bouchard, T.J., Lykken, D.T., Mc Gue, N.L., Segal, N.L., Tellegen, A. (1990) Sources of human psychological differences; the Minnesota Study of Twins Reared Apart. *Science* 250:223-228.

12. Carduz, A.I. (1996) Análisis de factores que afectan el pH de la carne en condiciones comerciales. Tesis de grado. UdelaR. Facultad de Veterinaria. Montevideo. Uruguay. 76 p.
13. Carduza, F., Grigioni, M. G., Irurueta, M. (2000) Evaluación organoléptica de calidad en carne. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/vertex.php?id=131&palabra=carduz>. Fecha de consulta: 24/03/10.
14. Castro, L.E., Robaina, R.M. (2004) Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de carne. Montevideo. Uruguay. INAC. Serie de Divulgación N° 1. p.7-17.
15. Courdin, V., Fernández, M.E. (2004) Efecto de la duración del transporte y del tiempo de espera en frigorífico sobre los niveles de metabolitos indicadores de estrés y la calidad de canal y carne de corderos corriedale y cruza. Tesis de Grado. UdelaR. Facultad de Veterinaria. Montevideo. Uruguay. 69 p.
16. del Campo, M., Soares de Lima, J., Vaz Martins, D., Montossi, F. (2007) Efecto de diversos sistemas de alimentación en el bienestar y calidad de carne de novillos en Uruguay. INIA Tacuarembó. Serie técnica N°168. p. 51-59.
17. Depetris, J. (2000) Calidad de la carne vacuna. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/12-calidad_de_la_carne_vacuna.pdf. Fecha de consulta: 14/04/10.
18. Devine, C.E., Payne, S.R., Peachey, B.M., Lowe, T.E., Ingram, J.R., Cook, C.J. (2002) High and low rigor temperature effects on sheep meet tenderness and ageing. *Meat Science* 60:141-146.
19. Dickson, D.P., Barr, G.R., Johnson, L.P., Wieckert, D.A. (1970) Social Dominance and Temperament of Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 53:904-907.
20. Dirección de Mercados Agroalimentarios Ganaderos (2005) Noticias de los Mercados de la Carne Vacuna. Disponible en: http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/dma/ganaderia/Quincenal_Bovino_inf/16-30_octubre_2005.pdf. Fecha de consulta: 08/04/10.
21. Dransfield, E., Martin, F., Bauchart, D., Abouelkaram, S., Lepetit, J., Culioli, J., Picard, B. (2003) Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. *Animal Science* 76:387-399.
22. Eldridge, G.A., Winfield, C.G. (1988) The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28(6):695-698.
23. Farm Animal Welfare Council (1992) Five Freedoms. Disponible en: <http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>. Fecha de consulta: 26/06/2010.

24. FAO (2007) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Manejo pre sacrificio y métodos de aturdimiento y matanza. En: Buenas Prácticas para la Industria de la Carne. Roma. p.1-19.
25. Faustman, C., Cassens, R.G. (1990) The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods* 1:217-243.
26. Faustman, C., Cassens, R.G. (1991) The effects of cattle breed and muscle type on discoloration and various biochemical parameters in fresh beef. *Journal of Animal Science* 69:184-193.
27. Fehlhaver, K., Janetschke, P. (1995) *Higiene Veterinaria de los Alimentos*. 2ª ed. Zaragoza. Acribia. 669 p.
28. Feldman, B.F., Zinkl, J.G., Jain, N.C. (2000) *Schalm's Veterinary Hematology*. 5ª ed. Iowa. Lippincott Williams & Wilkins. 1347 p.
29. Ferguson, D.M. (2000) Pre-Slaughter Strategies to Improve Beef Quality. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*. Animal Production in Australia; Supplement 13:20-22.
30. Fisher, A. D., Crowe, M. A., Prendiville, D. J., Enright, W. J. (1997) Indoor space allowance: effects on growth, behaviour, adrenal and immune responses of finishing beef heifers. *Animal Science* 64:53-62.
31. Forrest, J.C., Aberle, E.D., Judge, M.D., Merkel, R.A. (1979) *Fundamentos de ciencia de la carne*. 2ª ed. Zaragoza. Acribia. 364 p.
32. Franco, J., Feed, O., Aguilar, I., Gimeno, D., Navajas, E. (2002) Calidad de la carne: pH y terneza. *INIA Tacuarembó. Serie de actividades de difusión* 295:63-67.
33. Franco, J., Feed, O. (2004) Importancia de los Factores Productivos, Tecnológicos y de Manejo en la Calidad de la Canal y de la Carne Vacuna. Primer Seminario Técnico: "Calidad de Carne Ovina y Vacuna: Impacto de Decisiones Tomadas en Distintos Segmentos de la Cadena". Paysandú, Uruguay. p. 34-45.
34. 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* 30:4-10.
35. Gallo, C., Pérez, V.S., Sanhueza, V.C., Gasic, Y.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.
36. Gallo, C., Espinoza, M.A., Gasic, J. (2001) Efecto del transporte por camión durante 36 horas con o sin período de descanso sobre el peso vivo y algunos aspectos de calidad de carne en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 33(1):1-8.

37. Gallo, C. (2003) Carnes de Corte Oscuro en Bovinos. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/informaciontecnica/carne_y_subproductos_/50-carnes de corte oscuro.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/informaciontecnica/carne_y_subproductos_/50-carnes-de-corte-oscuro.htm). Fecha de consulta: 27/03/09.
38. Gallo, C. (2004) Bienestar Animal y Calidad de Carne Durante los Manejos Previos al Faenamiento en Bovinos. XXXII Jornadas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. p.147.
39. Gallo, C., Tadich, N. (2005) Transporte Terrestre de Bovinos: Efectos sobre el Bienestar Animal y la Calidad de la Carne. *Agro-Ciencia* 21(2):37-49.
40. Gallo, C. (2010) Bienestar animal y buenas prácticas de manejo animal relacionados con la calidad de carne. En: Bianchi, G., Feed, O. Introducción a la ciencia de la carne. Montevideo. Hemisferio sur. p.75-113.
41. Garriz, C. (2001) Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14calidad_organoleptica de_la_carne_vacuna.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14calidad_organoleptica_de_la_carne_vacuna.pdf). Fecha de consulta: 14/04/10.
42. Giménez, M. (2006) El Bienestar Animal y la Calidad de Carne: Buenas prácticas de manejo del ganado. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/files/ct1.pdf>. Fecha de consulta: 30/03/10.
43. González, J.M. (2000) El Estrés Calórico en los Bovinos. Disponible en: http://www.udca.edu.co/zoociencia/est_calorico.html. Fecha de consulta: 22/05/10.
44. Grandin, T. (1991) Recomendaciones sobre el transporte y las instalaciones para el encierro del ganado. Disponible en: <http://mecanoganadero.com.ar/articulos/grandin/Recomendaciones.html>. Fecha de consulta: 19/09/09.
45. Grandin, T. (1997) The design and construction of facilities for handling cattle. *Livestock Production Science* 49:103-119.
46. Grandin, T. (2000 a) Las contusiones en el ganado engordado a corral y a campo. Disponible en: <http://www.grandin.com/spanish/contusiones.ganado.html>. Fecha de consulta: 22/05/10.
47. Grandin, T. (2000 b) El transporte del ganado: guía para las plantas de faena. Disponible en: <http://www.grandin.com/spanish/transporte.ganado.html>. Fecha de consulta: 22/05/10.
48. Grandin, T. (2000 c) Guía para resolver problemas usuales en el manejo de los animales. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com.ar/etología_y_bienestar ar//bienestar_en_bovinos/36-guia_para_resolver_problemas_usuales.pdf](http://www.produccionbovina.com.ar/etología_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/36-guia_para_resolver_problemas_usuales.pdf). Fecha de consulta: 19/09/09.

49. Grandin, T. (2003) Good Management Practices for Animal Handling and Stunning. Disponible en: <http://www.grandin.com/ami.audit.guidelines.html>. Fecha de consulta: 27/09/10.
50. Grandin, T. (2006) Progress and challenges in animal handling and slaughter in the U.S. *Applied Animal Behaviour Science* 100:129-139.
51. Grompone, M.A. (2010) Composición química de los tejidos: lípidos. En: Bianchi, G., Feed, O. Introducción a la ciencia de la carne. Montevideo. Hemisferio Sur. p.75-113.
52. Guardia, V., Robaina, R., Pigurina. (2004) Productos Comerciales de la faena y desosado del ganado vacuno. (INAC). Serie Técnica N° 33. p. 8-10.
53. Hall, S.J.G., Bradshaw, R.H. (1998) Welfare aspects of the transport by road of sheep and pigs. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 1:235-254.
54. Herrera, C. (2008) Análisis descriptivo de factores asociados a la presentación de contusiones y pH elevado en canales de bovinos de distinta procedencia geográfica. Disponible en: <http://intranet.uach.cl/dw/canales/repositorio/archivos/28/3504.pdf>. Fecha de consulta: 08/04/10.
55. Hofmeyr, C.D., Green, J.M., Warner, R.D., Shaw, F.D. (1998) Low voltage stimulation can improve the tenderness on beef loins. *Animal Production in Australia* 22:297.
56. Huertas, S.M., Gil, A.D. (2003) Efecto del Manejo Prefaena en la Calidad de las Carcasas Bovinas del Uruguay. XXXI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú. Uruguay. p. 15-18.
57. Huertas, S.M. (2004) Puntos críticos que afectan el bienestar de los animales. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/prado/2004/bienestar%20animal.htm>. Fecha de consulta: 22/10/09.
58. Huertas, S.M. (2006) Bienestar de los bovinos en etapas que circundan a la faena. Identificación, caracterización y cuantificación de las lesiones traumáticas que afectan al ganado de carne en las etapas que circundan a la faena. Tesis de maestría en salud animal. UdelaR. Facultad de Veterinaria. Montevideo. Uruguay. 53 p.
59. Immonen, K., 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.
60. InfoPIC (2009) Boletín informativo porcino producido por PIC España Mejora genética de la calidad de la carne. Disponible en: http://www.pic.com/Images/Users/2/pigimprover/ProfitImprover/CuttingEdge/literature/ProductImages/Banners/Romania/TechMemos/CompetitorInformation/Russia/Spain/InfoPIC_5.pdf. Fecha de consulta: 30/08/09

61. Instituto Nacional de Carnes (INAC); Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA); Colorado State University (CSU) (2003) Auditoría de la Calidad de la Carne Vacuna. "Un compromiso de mejora continua de la carne vacuna del Uruguay". Montevideo. Monteverde. 28 p.
62. Instituto Nacional de Carnes (INAC) (2009) Faena mensual de bovinos, ovinos, porcinos y equinos (cifras en cabezas). Disponible en: http://www.inac.gub.uy/servlet/com.binnov.portal.servlet.GetHttpFile/10_Todas_las_especies_Mes_Micro_informe_1.pdf?typefile=d&contentid=1016&version=1&filename=10_Todas_las_especies_Mes_Micro_Informe_1.pdf. Fecha de consulta: 19/03/09.
63. Instituto Nacional de Carnes (INAC) (2009) Disponible en: http://www.inac.gub.uy/servlet/com.binnov.portal.servlet.GetHttpFile/LISTA_DE_FRIGORIFICOS.pdf?typefile=d&contentid=421&version=1&filename=LISTA_DE_FRIGORIFICOS.pdf. Fecha de consulta: 05/06/09.
64. Instituto Nacional de Carnes (INAC) (2010) Informe Estadístico Año Agrícola. Disponible en: <http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/5615/1/publication.pdf>. Fecha de consulta: 30/09/10
65. Instituto de Promoción de Carne Vacuna de Argentina (IPVC) (2006) Manual de Bienestar Animal. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/files/ct1.pdf>. Fecha de consulta: 10/04/10.
66. Instituto Técnico y de Gestión Ganadero (ITGG) (2009) Factores que afectan a la calidad de la canal y de la carne bovina en la explotación ganadera. Disponible en: <http://www.itgganadero.com/docs/itg/docs/monograficos/Calidadcarnevac/45-53-c.pdf>. Fecha de consulta: 16/04/10.
67. Instituto Técnico y de Gestión Ganadero (ITGG) (2009) Manual de Calidad de Carne de Vacuno. Disponible en: <http://www.itgganadero.com/docs/itg/docs/monograficos/Calidadcarnevac/35-43-c.pdf>. Fecha de consulta: 14/04/10.
68. Janloo, S., Dlezal, H., Garden, B., Owens, F., Peterson, J., Moldenhauer, M. (1998) Impact of withholding feed on performance and carcass measurements of feedlot steers. *Animal Science Research Report* 21:109-113.
69. Jeleníková, J., Pipek, P., Staruch, L. (2008) The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science* 80:870-874.
70. Kendall, T.M., Koohmarine, M., Arbona, J.R., Williams, S.E., Young, L.L. (1993) Effect of pH and ionic strength on bovine m-calpain and calpastatin activity. *Journal of Animal Science* 71(1):96-104.
71. Knight, T.W., Lambert, M.G., Cosgrove, G.P., Anderson, C., Death, A.F. (1998) Effect of exercise and gender on muscle glycogen concentration in beef cattle. *Animal Production in Australia* 22:301.

72. Knowles, T.G., Warriss, P.D., Brown, S.N., Edwards, J.E. (1998) Effects of stocking density on lambs being transported by road. *The Veterinary Record* 142:503-509.
73. 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. *The Veterinary Record* 145:575-582.
74. Koohmarine, M. (1994) Muscle proteinases and meat ageing. *Meat Science* 36 (1-2):93-104.
75. Lacourt, A., Tarrant, P.V. (1985) Glycogen depletion patterns in myofibres of cattle during stress. *Meat Science* 15:85-100.
76. Lagomarsino, X., Brito, G., San Julián, R. (2008) 2ª Auditoría de Calidad de la Carne. *Revista INIA*; 16:2-9.
77. Lawrie, R.A. (1998) *Ciencia de la Carne*. 3ª ed. Zaragoza. Acribia. 380 p.
78. Le Neindre, P., Trillat, G., Sapa, J., Menissier, F., Bonnet, J.N., Chupin, J.M. (1995) Individual differences in docility in Limousin cattle. *Journal of Animal Science* 73: 2249-2253.
79. Manteca, X., Piedrafita, J. (2001) Aspectos genéticos del bienestar animal. ITEA. Volumen extra. Nº 22. Tomo 1. p. 209-211.
80. María, G.A., Villarroel, M., Sañudo, C., Olleta, J.L., Gebresenbet, G. (2003) Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science* 65: 1335-1340.
81. María, G.A. (2005) Transporte de ganado bovino, bienestar animal y calidad de carne. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/etología_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/96-transporte_de_ganado_bovino.pdf. Fecha de consulta: 30/08/09.
82. Mariño, G., Vilca, M., Ramos, D. (2009) Evaluación del pH en canales de toros Holstein (*Bos taurus*) y Nelore (*Bos indicus*). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172005000100013. Fecha de consulta: 14/09/09.
83. Marsh, B.B., Lochner, J.V., Takahashi, G., Kragness, D.D. (1981) Effects of early post-mortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Science* 5:241-248.
84. Martínez, J. (2005) Calidad de carne: potenciales aportes benéficos a la salud humana. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/boletines/proanima/procarne3305.htm>. Fecha de consulta: 04/03/10.

85. MGAP-DIEA (2008) Valor de la producción bruta de la actividad agropecuaria, por año, según subsector (en millones de pesos constantes de 2007). Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/Diea/Anuario2008/Anuario-2008-cd_049.html. Fecha de consulta: 15/03/09.
86. MGAP-DIEA (2008) Existencias de vacunos y ovinos y unidades ganaderas, por año agrícola, según categoría (en miles de cabezas). Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2009/pages/DIEA-Anuario-2009-cd_039.html. Fecha de consulta: 10/02/10.
87. MGAP-DIEA (2008) Faena de vacunos, por categoría, según año (en cabezas). Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2009/pages/DIEA-Anuario-2009-cd_046.html. Fecha de consulta: 10/02/10.
88. MGAP-DIEA (2008) Faena mensual de vacunos en establecimientos habilitados y no habilitados, por categoría, según mes (en cabezas). Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2009/pages/DIEA-Anuario-2009-cd_047.html. Fecha de consulta: 10/02/10.
89. Mitchell, G., Hattingh, J., Ganhao, M. (1988) Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter. *The Veterinary Record* 123:201-205.
90. Moberg, G.P. (1987) A model for assessing the impact of behavioral stress on domestic animals. *Journal of Animal Science* 65:1228-1235.
91. Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P.E., Raats, J.C. (2009) Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. *Meat Science* 81:653-657.
92. OIE (2009) Estatus Sanitario Oficial. Disponible en: http://www.oie.int/es/es_index.htm. Fecha de consulta: 22/04/09.
93. O'Sullivan, A., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., O'Sullivan, K., Kerry, J.P. (2003) Effect of pre-slaughter rations of forage and/or concentrates on the composition and quality of retail packaged beef. *Meat Science* 63:279-286.
94. Page, K.L., Wulf, D.M., Schwotzer, T.R. (2001) A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science* 79:678-687.
95. Pérez, M.L., Escalona, H., Guerrero, I. (1998) Effect of calcium chloride marination on calpain and quality characteristics of meat from chicken, horse, cattle and rabbit. *Meat Science* 48 (1-2):125-134.
96. Petherick, J.C., Venus, B.K., Doogan, V.J., Holroyd, R.G. (2000) Effect of Grouping Feedlot Steers by Temperament on Performance and Carcass Traits. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*. *Animal Production in Australia*; Supplement 13:189.

97. Petherick, J.C., Philips, C.J.C. (2009) Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. *Applied Animal Behaviour Science* 117:1-12.
98. Price, J.F., Schweigert, B.S. (1994) *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. 2ª ed. Zaragoza. Acribia. 668 p.
99. Purchas, R.W. (1989) An assessment of the role of pH in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science* 27:129-140.
100. Purchas, R.W., Keohane, B.E. (1997) Sources of variation in the ultimate pH of *Muscularis longissimus* from prime steers. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 57:271.
101. Ramsay, W.R., Se, B.V., Meischke, H.R.C., Anderson, B. (1976) The effect of tipping of horns and interruption of journey on bruising in cattle. *Australian Veterinary Journal* 22:285-286.
102. Rhee, M.S., Kim, B.C. (2001) Effect of low voltage electrical stimulation and temperature conditioning on postmortem changes in glycolysis and calpains activities of Korean native cattle (Hanwoo). *Meat Science* 58:231-237.
103. Rodes, D., Palacio, J., Santolaria, M.P., Aceña, M., Chacón, G., Gascón, M., García-Belenguer, S. (2001) Efecto de la densidad en las cuadras del matadero sobre el bienestar del ganado vacuno. ITEA. Volumen extra. Nº 22. Tomo 1. p. 209-211.
104. Sánchez, B., Sánchez, L., De la Calle, B., Monserrat, L. (1997) Influencia de factores de variación en los valores de pH y color de la ternera Gallega. ITEA. Volumen extra. Nº 18. Tomo 2. p. 766-768.
105. Sánchez, G. (1999) *Ciencia Básica de la Carne*. Fondo Nacional Universitario. Santafé de Bogotá. 185 p.
106. Sánchez, J.I. (2002) Transporte de ganado bovino. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgZooG009.pdf>. Fecha de consulta: 28/09/10.
107. Santini, F., Rearte, D., Grigera, J. (2003) Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=148&palabra=ayuno>. Fecha de consulta: 30/03/10.
108. Santrich, D. (2006) Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Disponible en: <http://grad.uprm.edu/tesis/santrichvacca.pdf>. Fecha de consulta: 07/04/10.

109. Sañudo, C., Sánchez, A., Alfonso, A. (1998) Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science* 49:S29-S64.
110. Sepúlveda, N., Gallo, C., Allende, R. (2007) Importancia del bienestar animal en producción bovina. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/15-bienestar.pdf. Fecha de consulta: 22/10/09.
111. Soares de Lima, J.M., Xavier, J.E. (1997) Algunos factores que afectan la variación del pH post mórtem en la carne vacuna. Tesis de grado. UdelaR. Facultad de Veterinaria. Montevideo. Uruguay. 78 p.
112. Tarrant, P.V. (1989) Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition in beef. *Irish Journal of Food and Technology* 13:1-21.
113. Tornberg, E. (2000) Why pH is important. Disponible en: <http://www.meatscience.org/Search.aspx?searchtext=tornberg&folderid=0&searchfor=all&orderby=id&orderdirection=ascending>. Fecha de consulta: 24/03/09.
114. Warner, R.D., Walker, P.J., Eldridge, G.A., Barnett, J.L. (1998) Effect of marketing procedure and liveweight change prior to slaughter on beef carcass and meat quality. *Animal Production in Australia* 22:165-168.
115. 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.
116. Warriss, P.D. (2003) *Ciencia de la carne*. Zaragoza. Acribia. 320 p.
117. Watanbe, A., Daly, C.C., Devine, C. E. (1996) The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science* 42(1):67-78.
118. Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M.E., Crouse, J.D., Hunt, M.C., Klemm, R.D. (1990) Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science* 68: 2716-2728.
119. Wikilund, E., Andersson, A., Malmfors, G., Lundström, K. (1996) Muscle glycogen levels and blood metabolites in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus L.*) after transport and lairage. *Meat Science* 42:133-144.
120. Wulf, D.M., O'Connor, S.F., Tatum, J.D., Smith, G.C. (1997) Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *Journal of Animal Science* 75:684-692.
121. Yu, L.P., Lee, Y.P. (1986) Effects of postmortem pH and temperature on bovine muscle structure and meat tenderness. *Journal of Food Science* 51:774-780.

122. Yu, L.H., Lim, D.G., Jeong, S.G., In, T.S., Kim, J.H., Ahn, C.N., Kim, C.J., Park, B.Y. (2008) Effects of temperature conditioning on postmortem changes in physico-chemical properties in Korean native cattle (Hanwoo). *Meat Science* 79:64-70.
123. Zimerman, M. (2007) pH de la carne y factores que lo afectan. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/documentos/animal/genetica/Ct%20534%20%20de%20la%20carne%20y%20factores%20que%20lo%20afectan.pdf>. Fecha de consulta: 24/03/09.

13. ANEXO

13.1 FORMULARIO DE ENCUESTA

Fecha del embarque:

Hora:

Nº de tropa:

ENCUESTA AL CAMIONERO

1. SOBRE LA EMPRESA

AGROPECUARIA

Razón Social:

Ubicación:

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 cantidad:.....
 - Normando cantidad:.....
 - Limousin cantidad:.....
 - A. Angus cantidad:.....
 - Holando cantidad:.....
 - Cruza cantidad:.....
- Categoría:
 - NOVILLOS
 - VACAS
 - TOROS
- Sexo: Macho Hembra
- % de animales astados:.....
- ¿Hubo mezcla de animales para llenar el camión?
Sí No
- ¿Cuántas horas hace que se juntaron los animales para ser embarcados?
..... horas
- ¿Tuvieron acceso al agua durante la espera?
Sí No sabe
No

- ¿Tuvieron acceso a la sombra durante la espera?
Sí
No
No sabe
- ¿Se utilizaron perros o picanas o algún otro elemento punzante para guiar los animales durante el embarque?
Picanas Sí No
Perros Sí No
Otro elemento.....

- ¿Existió alguna dificultad durante el embarque?
Sí No
Comentarios:.....
.....

3. SOBRE EL VIAJE

- A qué hora partió del establecimiento:horas yminutos
- A qué hora llegó al 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

- A la salida del establecimiento el clima fue:
Muy bueno Bueno
Regular Malo
- Durante el viaje:
Muy bueno Bueno
Regular Malo
- Al llegar al frigorífico:
Muy bueno Bueno
Regular Malo

5. SOBRE EL CAMIÓN

- Años de trabajo en el rubro:
- Conocimiento sobre Bienestar Animal: Si 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 izquierda
Lateral derecha

- 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:.....
- ¿Se utilizó algún elemento punzante para guiar los animales durante la descarga?
Sí No
- Cuánto tiempo transcurrió desde que arribó el camión al frigorífico hasta que se descargaron los animales:.....
- Desembarcadero:
 - Piso antideslizante:
Sí No
 - Paredes:
Ciegas
Abiertas
- Tiempo de espera de los animales en el frigorífico hasta su faena:.....

ENCUESTA AL FRIGORÍFICO

- Cuántos animales, en promedio, faena por día:.....

- 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:

Total

Parcial

No tienen

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

.....
.....
.....

- El diseño de los corrales es:

Tipo Grandin

Otro

Indique cuál.....

- El diseño de las mangas es:

Tipo Grandin

Otro

Indique cuál.....

- Tipo de insensibilización:

Forma:.....

.....

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

- Estimulación eléctrica:

Sí No

ENCUESTA AL PRODUCTOR

1. SOBRE LA EMPRESA

AGROPECUARIA

Razón Social:

Ubicación:

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 cantidad:.....
 - Normando cantidad:.....
 - Limousin cantidad:.....
 - A. Angus cantidad:.....
 - Holando cantidad:.....
 - Cruza cantidad:.....
- Categoría:
 - NOVILLOS
 - VACAS
 - TOROS
- Sexo: Macho Hembra
- % de animales astados:
- ¿Hubo mezcla de animales para llenar el camión?
Sí No
- ¿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

- ¿Se utilizaron perros o picanas o algún otro elemento punzante para guiar los animales durante el embarque?

Picanas Sí No

Perros Si No

Otro elemento.....
.....

- ¿Existió alguna dificultad durante el embarque?

Sí No

Comentario:.....
.....
.....
.....

- **Condiciones de alimentación:**

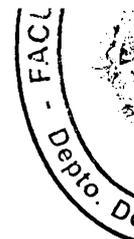
Durante los 60 días previos al embarque de los animales:

- Fueron suplementados
Sí No

- Base forrajera.....

- Manejo:
En franjas
Continuo

13.2 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIABILIDAD



Porcentajes de mezcla de animales de diferente procedencia en los Frigoríficos 2 y 6

Frigorífico	Nº animales	Nº de animales en tropas mezcladas	% mezcla
2	459	91	19,8
6	169	13	7,7

Porcentajes de animales astados el los Frigoríficos 2 y 6.

Frigorífico	Nº animales	Nº animales astados	% astados
2	459	96	20,9
6	169	40	23,6

Porcentajes de animales pertenecientes a tropas con mezcla de categorías en los Frigoríficos 2 y 6.

Frigorífico	Nº animales	Nº animales en tropas c/mezcla	% mezcla de categorías
2	459	270	59
6	169	0	0