

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA DURACIÓN DEL TRANSPORTE Y DEL TIEMPO DE ESPERA  
SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE VAQUILLONAS EN  
PASTOREO**

por

**Carolina OYHARZÁBAL AUNCHAYNA  
Diego Andrés PIOLI DEBAT**



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

**MODALIDAD Ensayo Experimental**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2006**

039 TG  
Efecto de la du  
Oyharzábal Aunchayna, Carolina



FV/26641

TRABAJO FINAL aprobado por:

Presidente de Mesa:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Castro

Segundo Miembro (Tutor):

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Feed

Tercer Miembro:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Mario Franco

Fecha:

\_\_\_\_\_  
24/3/06

Autores:

  
\_\_\_\_\_  
Carolina Oyharzábal Aunchayna

\_\_\_\_\_  
Diego Andrés Pioli Debat

## AGRADECIMIENTOS

- A nuestras familias por el apoyo total y constante durante la realización de nuestra carrera.
- A los doctores Oscar Feed y Juan Franco por su ayuda y tiempo dedicado en la realización de la tesis.
- A la gerencia del Frigorífico Casablanca S.A. y la Caja Notarial de Pensiones y Jubilaciones por la financiación del ensayo.
- Al doctor Mario Franco y a todo el personal del Frigorífico Casablanca S.A. que colaboraron en sus horas de trabajo.
- A Rúben Severino, Pablo García y personal de campo del predio de la Caja Notarial de Pensiones y Jubilaciones.
- A los señores Fernando Baldi y Alejandro Peculio por su colaboración en las tareas de campo y en planta de faena.
- Al ingeniero Oscar Bentancur por su ayuda en la realización del análisis estadístico.
- A nuestros compañeros de "Paysandú 2003" por compartir con nosotros un año imposible de olvidar.
- A todos los docentes de PLAPIPA por su compañía y apoyo brindado.
- Al personal de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) por hacer posible nuestra estadía durante la realización de la tesis.
- A Claudia, por su atención en la cantina de la EEMAC y por su amistad.
- A nuestros amigos Matilde Pérez, Natalia Chans, Mariana García, Guillermo Sosa, Emilio "Delicioso" Delgado, Sergio Fierro, Javier Nuñez, Juan Manzano, Diego Maneiro, Pedro García, Agustín Saa y Pedro Camacho por los momentos compartidos y la amistad brindada sin límites.

# TABLA DE CONTENIDOS

	Página
PAGINA DE APROBACION .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	VII
1. <u>RESUMEN (SUMMARY)</u> .....	1
2. <u>INTRODUCCION Y JUSTIFICACION</u> .....	2
3. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	4
3.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS .....	4
3.2. PROCESO BIOLÓGICO DE EVOLUCION POST-MORTEM DE LA CARNE. CONCEPTOS GENERALES .....	5
3.2.1. <u>Metabolismo energético en el músculo del animal vivo</u> .....	5
3.2.2. <u>La movilización del glucógeno</u> .....	6
3.2.3. <u>Almacenaje de energía</u> .....	6
3.2.4. <u>Transformación del músculo a carne</u> .....	6
3.2.5. <u>Importancia del pH</u> .....	10
3.3. APARICION DE CORTES DFD .....	12
3.3.1. <u>Características de la carne DFD</u> .....	15
3.3.2. <u>Aparición de carne DFD en los diferentes países</u> .....	19
3.3.3. <u>Factores que influyen en la aparición de DFD</u> .....	19
3.3.3.1. Tipo de dieta .....	19
3.3.3.2. Peso, conformación y engrasamiento de la canal .....	20
3.3.3.3. Mezcla de animales .....	21
3.3.3.4. Sexo, categoría .....	22
3.3.3.5. Tipo genético .....	23
3.3.3.6. Clima y época del año .....	24
3.4. TRANSPORTE Y TIEMPO DE ESPERA PRE-FAENA .....	26
3.4.1. <u>Tiempo de espera</u> .....	26
3.4.2. <u>Transporte</u> .....	30
3.4.2.1. Pérdidas durante el transporte .....	30
3.4.2.2. Estrés en el transporte .....	31
3.4.2.3. Pérdida de peso .....	31
3.4.2.4. Densidad de carga .....	32
3.4.2.5. Tiempo de transporte .....	33
3.4.3. <u>Tiempo de transporte y tiempo de espera pre-faena</u> .....	37
4. <u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	40
4.1. LUGAR Y FECHA DE REALIZACION .....	40
4.2. ANIMALES .....	40
4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	40

4.4. TRANSPORTE Y MANEJO .....	41
4.5. MANEJO EN PLANTA Y FAENA .....	41
4.6. ANALISIS DE CALIDAD DE CARNE.....	42
4.6.1. <u>Determinación del pH a las 24 horas post-mortem</u> .....	42
4.6.2. <u>Capacidad de retención de agua (CRA)</u> .....	42
4.6.3. <u>Pérdidas por cocción (PPC)</u> .....	43
4.6.4. <u>Terneza instrumental</u> .....	43
4.7. MODELO ESTADISTICO .....	44
<b>5. <u>RESULTADOS</u></b> .....	<b>46</b>
5.1. PERDIDAS DE PESO VIVO DURANTE EL TRANSPORTE .....	46
5.2. PESO DE CANAL CALIENTE .....	46
5.3. PERDIDAS POR FRIO EN LA CANAL .....	46
5.4. pH A LAS 24 HORAS POST-MORTEM .....	47
5.5. TERNEZA INSTRUMENTAL .....	48
5.6. CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA Y PERDIDAS POR COCCION .....	49
<b>6. <u>DISCUSION GENERAL</u></b> .....	<b>50</b>
6.1. PERDIDAS DE PESO VIVO DURANTE EL TRANSPORTE .....	50
6.2. PESO DE LA CANAL CALIENTE .....	50
6.3. PERDIDAS POR FRIO EN LA CANAL .....	51
6.4. pH A LAS 24 HORAS POST-MORTEM .....	52
6.5. TERNEZA INSTRUMENTAL .....	54
6.6. CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA Y PERDIDAS POR COCCION .....	55
<b>7. <u>CONCLUSIONES</u></b> .....	<b>56</b>
<b>8. <u>CONSIDERACION FINAL</u></b> .....	<b>56</b>
<b>9. <u>BIBLIOGRAFIA</u></b> .....	<b>57</b>

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro I. Valores de pH final en 13 músculos de carcasas con pH final normal y carcasas con alto pH final .....	15
Cuadro II. Características de la canal para carcasas normales o DFD .....	16
Cuadro III. Características de palatabilidad de las carnes DFD y normales y comparación de la ternura sensorial con la fuerza de corte (W-B) .....	18
Cuadro IV. Incidencia Reportada de DCB .....	19
Cuadro V. Evolución del pH de la carne y glicemia de bovinos faenados con diferentes tiempos de espera .....	29
Cuadro VI. Pérdidas de peso (%), pH <sub>24</sub> , proporción de canales con pH $\geq$ 5.8 y número de cortes oscuros por apreciación visual en las canales de los novillos sometidos a diferentes tiempos de transporte previo al sacrificio en los experimentos de otoño-invierno (OI) y primavera-verano (PV) .....	34
Cuadro VII. Efecto del tiempo de transporte en la pérdida de peso vivo. (Media $\pm$ error estándar) .....	46
Cuadro VIII. Efecto de la duración de transporte y el tiempo de espera en frigorífico en el peso de la canal caliente y pérdidas por frío. (Media de $\pm$ error estándar) .....	47
Cuadro IX. Efecto del tiempo de transporte y el tiempo de espera en frigorífico sobre el pH a las 24 horas post-mortem. (Media $\pm$ error estándar) .....	47
Cuadro X. Efecto de la duración del transporte y de la espera en frigorífico en la ternura de la carne con 3 y 7 días de maduración. (Media $\pm$ error estándar) .....	48
Cuadro XI. Efecto de la duración del transporte y del tiempo de espera en frigorífico sobre la capacidad de retención de agua y las pérdidas por cocción de la carne .....	49

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura I. Relación entre la concentración final de lactato y el pH final en el <i>longissimus dorsi</i> .....	7
Figura II. Evolución del pH post-mortem en el músculo <i>longissimus dorsi</i> bovino.	11
Figura III. Relación del pH final (pH f) con la concentración de glucógeno presente en el músculo <i>longissimus dorsi</i> a la muerte .....	13
Figura IV. Fuerza de corte Warner-Bratzler del músculo <i>longissimus</i> cocinado ...	16
Figura V. Distribución de los grupos de vaquillonas para la realización de cada tratamiento .....	41
Figura VI. Evolución de la terneza instrumental de la carne (con 3 y 7 días de maduración) con respecto al tiempo de espera en el frigorífico. (Media $\pm$ error estándar) .....	48

## 1. RESUMEN

Setenta y dos vaquillonas cruzas con un promedio de 352  $\pm$ 32 Kg. de peso vivo, engordadas en pasturas cultivadas fueron aleatoriamente asignadas a los diferentes tratamientos, utilizando un diseño de arreglo factorial de 2 tiempos de transporte (1.5 y 4.5 horas) y 3 tiempos de espera prefaena (4, 16 y 40 horas); con el objetivo de estudiar el efecto sobre las pérdidas de canal y los principales parámetros de calidad de la carne. No se evidenciaron diferencias significativas en las pérdidas de peso vivo por el efecto del tiempo de transporte (22  $\pm$ 1.5 Kg. vs 25  $\pm$ 1.4 Kg.) ( $p > 0.05$ ). En el peso de la canal caliente el efecto significativo solo ocurrió por el tiempo de espera con valores de 185  $\pm$ 1.34 Kg. en la espera de 4 horas y disminuyó a 179.8  $\pm$ 1.34 Kg. y 180.0  $\pm$ 1.35 Kg. en las esperas de 16 y 40 horas, respectivamente ( $p < 0.05$ ). No hubieron diferencias significativas en los valores de pH en el *longissimus dorsi* (LD) a las 24 horas post-mortem, evidenciándose un aumento en la probabilidad de encontrar  $\text{pH} \geq 5.7$  con mayores tiempos de espera. No se encontraron tampoco diferencias significativas en los valores de terneza, capacidad de retención de agua (CRA) y pérdidas por cocinado (PPC) en el LD con ninguno de los tratamientos. Se concluye que los tiempos de transporte evaluados (1.5 y 4.5 horas) no afectaron las pérdidas de canal ni los parámetros de calidad evaluados en el LD. Tiempos de espera iguales o superiores a 16 horas afectaron el peso canal, aunque sin efecto en el pH, terneza, CRA y PPC en el LD.

## SUMMARY

Seventy two heifers crosses with an average of 352  $\pm$ 32 Kg. of liveweight, put on weight in cultivated pastures were randomly assigned to the different treatments, using a factorial arrangement design of 2 times of transport (1.5 and 4.5 hours) and 3 lairage times (4, 16 and 40 hours); with the objective of studying the effect on carcass losses and the main meat quality parameters. Significant differences were not evidenced in liveweight losses for the effect of transport time (22  $\pm$ 1.5 Kg. vs 25  $\pm$ 1.4 Kg.) ( $p > 0.05$ ). In the hot carcass weight the significant effect just was for lairage time with values of 185  $\pm$ 1.34 Kg. for 4 hours and it decreased to 179.8  $\pm$ 1.34 Kg. and 180.0  $\pm$ 1.35 for 16 and 40 hours lairage time, respectively ( $p < 0.05$ ). There were not significant differences for  $\text{pH}_{24}$  hour post-mortem values in the *longissimus dorsi* (LD), being evidenced an increase in the probability of find  $\text{pH} \geq 5.7$  with longer lairage times. There neither were not significant differences in the values of instrumental tenderness, water holding capacity (CRA) and meat cooked losses (PPC) in the LD with none of the treatments. In conclusion, the transport times evaluated (1.5 and 4.5 hours) did not affect neither the carcass losses nor the quality parameters evaluated in the LD. Equal or superiors at 16 hours lairage times affected the carcass weight, although, without any effect in pH, tenderness, CRA and PPC in the LD.



## 2. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La producción de carne vacuna ha sido históricamente uno de los pilares de la economía nacional y junto al sector ovino constituye el rubro principal ocupando más del 80% de la superficie del país. El complejo de carne vacuna generará más de la cuarta parte del PBI (Producto Bruto Interno) del sector agropecuario y en el agroindustrial cerca del 20% (DIEA, 2004). Dentro del sector exportador es uno de los más importantes, siendo de los principales generadores de divisas para el país. Las exportaciones de carne vacuna enfriada y congelada generaron en el año 2003 el 17.3% del total de las exportaciones nacionales (DIEA, 2004); en el año 2004-2005 se exportó el 80.9% como carne congelada, el 13.8% como carne enfriada y el 5.3% como carne elaborada y salada (INAC, 2005).

El mercado mundial de carnes estará cada vez más orientado en satisfacer los requerimientos de los consumidores en términos de calidad del producto. Por lo tanto la Cadena Cárnica Vacuna del Uruguay deberá diseñar estrategias para diferenciar y agregar valor al producto.

A nivel nacional se acentúa la importancia de estudiar el tema calidad de carne con más profundidad ya que existen antecedentes sobre la ocurrencia frecuente de problemas como ser pH inadecuado, grasa amarilla, machucamientos, etc. Estos defectos elevan los costos de producción, elaboración y comercialización de los productos cárnicos desde la producción hasta el consumidor. El pH de la carne a las 18 horas post faena en diferentes frigoríficos fue  $\geq 5.8$ ,  $\geq 5.9$  y  $\geq 6.0$ , en un 22.7, 14.6 y 10.3%, respectivamente. Solo por cortes oscuros la pérdida estimada es de U\$S 14.48 por animal faenado, considerando un promedio de faena anual de 1.800.000 vacunos, la Cadena Cárnica Vacuna deja de percibir por año aproximadamente 26 millones de dólares (INIA, INAC, CSU, 2003).

En el año 2004, se aprobaron varios proyectos para difusión y capacitación de las Buenas Prácticas de Manejo en el medio rural por los Servicios Agropecuarios del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Huertas y col (2005) realizaron jornadas de difusión sobre Buenas Prácticas de Manejo, en la cuales participaron los diferentes actores de la Cadena Cárnica del Uruguay. Destacan que es posible percibir que se está ante un cambio importante de mentalidad que posibilitará al país mantener los mercados más exigentes con sus carnes de muy buena calidad y respetando el bienestar animal.

La generación de conocimiento científico sobre este tema sería un gran beneficio tanto para el sector productor como para el industrial. Los antecedentes nacionales se realizaron en base a monitoreos de tropas a nivel de frigoríficos, en donde aparecen como los factores más importantes en la incidencia de cortes oscuros: el tiempo de espera (tiempo que transcurre desde que llega la tropa al frigorífico hasta que es faenada) y el tiempo de transporte (Carduz, 1996; Soares de Lima y Xavier, 1997). Carduz (1996) encontró que el 42% de los transportes fueron menores de 3 horas y el 58% de los animales esperaron 24-36 horas en el frigorífico antes de la faena. En base a estos antecedentes es necesario profundizar en el estudio de estos factores,

cuantificándolos con el objetivo de definir protocolos de manejo pre y post-faena para minimizar las pérdidas en la cadena de producción.

El objetivo general de la tesis es estudiar el efecto del tiempo de transporte y el tiempo de espera sobre la calidad de la canal y de la carne de vaquillonas en pastoreo.

Los objetivos particulares son estudiar el efecto del tiempo de transporte y tiempo de espera sobre:

- a - peso vivo;
- b - peso de la canal caliente y fría;
- c - pH muscular 24 horas post- mortem;
- d - capacidad de retención de agua y pérdidas por cocción de la carne;
- e - terneza instrumental de la carne.

### 3. REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 3.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS

Refiriéndonos al título de esta tesis debemos definir en primer lugar lo que es calidad de la carne.

La calidad de la carne bovina puede abordarse de diferentes puntos de vista y no es definida igual en todos los países. Dikeman (1984), concluye que a nivel mundial tiene cuatro aspectos: características visuales que son usadas para clasificar carcasas y afectar la decisión de los consumidores al elegir la carne; características comestibles como terneza, jugosidad y sabor; características nutricionales en cuanto a la proporción de nutrientes, digestibilidad y facilidad de absorción y características de seguridad relacionadas al riesgo de enfermedad o envenenamiento, residuos químicos, antibióticos, hormonas, etc. Por lo tanto, un bife de óptima calidad puede ser definido como aquel que es atractivo a los consumidores; que es muy tierno, sabroso y jugoso al ser cocinado, con alta cantidad de proteínas y que está libre de microorganismos patógenos, así como de residuos de pesticidas, herbicidas, hormonas o antibióticos. Además, Dikeman destaca que en varios países, el color y el pH de la carne son características importantes para la evaluación de la calidad visual.

Los valores elevados de pH a las 24 horas de la faena se corresponden con la ocurrencia de cortes oscuros o cortes DFD (dark, firm, dry - oscuro, firme y seco), que resultan desagradables por los consumidores debido a que es percibida como carne no fresca o proveniente de animales viejos, lo que se asocia con menor terneza. Además los altos valores de pH reducen los tiempos de conservación lo que constituye un gran problema para la industria frigorífica (Warriss, 2001).

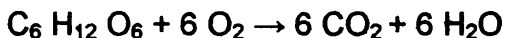
Según Price y Scheweigert (1994) la carne se considerará de buena calidad si presenta un aspecto atractivo tanto cruda como cocinada, si es apetitosa, nutritiva, saludable y sabrosa en su estado final. Si se trata de productos cárnicos procesados se define en gran parte por parámetros funcionales como: Capacidad de Retención de Agua (CRA), poder emulsificante, moldeabilidad, adhesión, dispersión, desarrollo de flavor y textura. Por lo tanto la calidad es la medida de los rasgos que el consumidor percibe y evalúa, y depende en gran medida del uso final al que se va a dedicar el material. También concluyen que la composición de la carne se establece completamente durante la vida del animal, mientras que su calidad se ve fuertemente afectada por factores tanto ante como post-mortem. Muchos parámetros durante la vida del animal pueden ejercer una influencia significativa tanto sobre la calidad como sobre la composición: edad, sexo, nutrición, distribución de grasa, funcionalidad muscular, estrés, etc. La calidad depende tanto de la composición como de la estructura, la primera influida por las condiciones en vida del animal y la segunda por la naturaleza de los primeros tratamientos post-mortem realizados en la canal.

## 3.2. PROCESO BIOLÓGICO DE EVOLUCIÓN POST-MORTEM DE LA CARNE. CONCEPTOS GENERALES

### 3.2.1. Metabolismo energético en el músculo del animal vivo

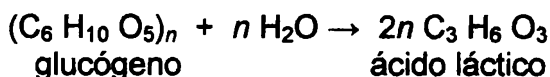
La principal función del músculo es la contracción. La energía para esta actividad proviene de un nucleótido, el adenosin trifosfato (ATP) cuya función es extraer el calcio del retículo sarcoplásmico. En el músculo vivo el combustible para producir el ATP son los ácidos grasos libres (AGL), la glucosa que se encuentra en la sangre y el glucógeno que se almacena directamente en las fibras musculares. En un animal en ayuno, los niveles de AGL circulantes que provienen de los triglicéridos depositados en el cuerpo son bajos y la más usada es la glucosa. El glucógeno se moviliza solo cuando los niveles de AGL y glucosa no proveen energía suficiente para la contracción muscular.

El glucógeno y la glucosa producen ATP a través de la glucólisis, la descarboxilación oxidativa y la fosforilación oxidativa. Esto permite completar la oxidación de una molécula de glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) con seis moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) a seis moléculas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y seis de agua ( $H_2O$ ).



En la glucólisis, una molécula de glucosa con seis átomos de carbono se rompe en dos moléculas de piruvato con tres átomos de carbono cada uno, este proceso genera 2 o 3 moléculas de ATP y 4 hidrogeniones ( $H^+$ ) que van a reducir el nicotin adenin dinucleótido (NAD). En la descarboxilación los átomos de carbono del piruvato son degradados a  $CO_2$  y se producen 20  $H^+$  que van a realizar el transporte de electrones. Este proceso es conocido como Ciclo de Krebs o del ácido tricarbónico donde el piruvato primero es convertido a acetil CoA. En este punto es donde los ácidos grasos pueden entrar al sistema siendo convertidos primero a acetil CoA por una  $\beta$ -oxidación. El último proceso es la fosforilación oxidativa, donde los 24  $H^+$  generados por la glicólisis y la descarboxilación oxidativa son oxidados en el sistema citocromo. Por cada par de  $H^+$  se producen 3 moléculas de ATP, por lo tanto por cada molécula de glucosa se generan 36 moléculas de ATP, más las 2 producidas en la glicólisis.

La glicólisis se produce en el sarcoplasma y las enzimas que catalizan los otros procesos están localizadas en la mitocondria (Warriss, 2001). Todo este proceso requiere condiciones aeróbicas, necesitando 6 moléculas de  $O_2$  para oxidar cada molécula de glucosa. Bajo condiciones anaeróbicas solo se produce la glicólisis, y en esas condiciones el piruvato se transforma en ácido láctico, siendo la reacción catalizada por la enzima lactato deshidrogenasa.



### 3.2.2. La movilización del glucógeno

Es importante que el glucógeno muscular pueda usarse para obtener la energía para la contracción rápida. La hormona adrenalina que es secretada en respuesta a un estrés externo, produce la glucogenólisis a través de una serie de pasos que resultan en la activación de la enzima fosforilasa, y esta es la encargada del primer escalón de este proceso. La fosforilasa se encuentra presente en gran cantidad en el músculo y cataliza el pasaje de glucosa a glucosa 1 fosfato, siendo este el primer paso de transformación de glucógeno en ácido láctico. Existe en dos formas, una forma activa (fosforilasa A) y una inactiva (fosforilasa B); la conversión de una forma a la otra es realizada por la enzima proteinkinasa que es a su vez activada por el AMP cíclico producido cuando la adenilciclase es convertida a una forma activa por la adrenalina. Por lo tanto, cuando el glucógeno se precisa rápidamente para la producción de energía, se moviliza por glicólisis a través de la activación de la fosforilasa que puede resultar de la secreción de adrenalina durante el episodio estresante (Warriss, 2001).

En situaciones no estresantes, la fosforilasa B es activada por otros mecanismos, que incluyen el aumento de metabolitos como el AMP, fósforo inorgánico y la disminución de la concentración de ATP. Durante la estimulación normal del músculo por el sistema nervioso los iones de calcio también promueven la activación de la fosforilasa. Cuando un impulso nervioso dispara un potencial de acción a la membrana plasmática, el calcio difunde en la célula y activa dos proteínas, la troponina C que causa la contracción del músculo y la calmodulina que se combina con la proteinkinasa activándola y catalizando la conversión de fosforilasa B a fosforilasa A (Tarrant, 1988).

### 3.2.3. Almacenaje de energía

La concentración de ATP en el tejido es muy baja, solo suficiente para unos pocos movimientos o contracciones. Una concentración típica podría ser 5-7 mmol/Kg. de músculo (Warriss, 2001), que sólo alcanzaría para unos pocos segundos; sin embargo la concentración es mantenida efectivamente por la reacción:



Esta reacción es reversible, pero el equilibrio es a la derecha con pH neutro, por lo tanto el ATP es utilizado rápidamente y se genera más, tanto como lo que haya de CP. Está catalizado por la enzima CK (creatinkinasa) que es abundante y activa en el músculo. Los niveles de CP en el músculo son mucho más altos que los de ATP aunque pueden caer durante el ejercicio exhaustivo.

### 3.2.4. Transformación del músculo a carne

Cuando el animal muere el sistema circulatorio falla por lo que cesa el aporte de oxígeno, glucosa y AGL a los músculos. Cualquier metabolismo subsiguiente deberá ser anaeróbico y el ATP puede ser solo regenerado del glucógeno por glicólisis, resultando el proceso menos eficiente. Según Marsh (1981), citado por Franco (1997),

la disminución de la concentración de ATP desencadena la conversión del glucógeno muscular en ácido láctico, el cual se acumula debido a la imposibilidad de ser eliminado lo que hace que se acidifique gradualmente el músculo.

El valor del pH muscular en distintos momentos durante la transformación de músculo en carne como en su valor final afecta varios parámetros relacionados con la calidad de la carne, especialmente el color, la capacidad de retención de agua (CRA) y la textura (Franco, 1997). En un músculo como el *longissimus dorsi* de un animal bien alimentado y sin estresar el valor de pH generalmente cae de 7.2 a 5.5 (Warriss, 2001).

Hultin (1993), citado por Franco (1997) afirma que el pH final debe alcanzarse a través de una glicólisis lenta y completa. Esta disminución lenta del pH aumenta la actividad de las proteasas dependientes del Calcio. Según Warriss (2001) el proceso de acidificación normalmente lleva 4 – 8 horas en cerdos, 12 – 24 horas en ovinos y 15 – 36 horas en vacunos.

El pH final es inversamente proporcional a la concentración de lactato (ver Figura I). La concentración de glucógeno inicial es limitante cuando está por debajo de los 10 mg/g de músculo; si el glucógeno no es limitante la producción de ácido láctico cesa cuando el sistema enzimático no puede funcionar por el bajo pH (Warriss, 2001).

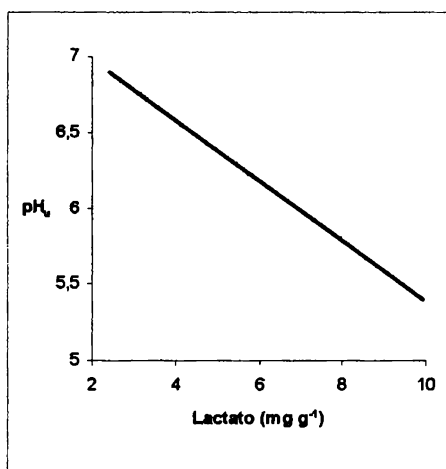


Figura I. Relación entre la concentración final de lactato y el pH final en el *longissimus dorsi*. Adaptado de Warriss, (2001).

Las proteínas musculares tienden a desnaturalizarse cuando el pH cae, esto produce una disminución en su capacidad de retener agua, ya que las proteínas miofibrilares, miosina y actina, llegan a su punto isoeléctrico, que es el pH en el cual tienen iguales cargas positivas y negativas, por lo que las fibras se atraen y no dejan espacio para la acumulación de agua, y se produce la exudación de fluido de las fibras musculares.

En un músculo descansado, el ATP sirve para mantener el estado de relajación previniendo la formación de actomiosina y solo cuando el ATP es hidrolizado a ADP ocurre la contracción. La concentración de ATP es mantenida por la degradación de glucógeno hasta que no haya más sustrato o hasta que disminuya el pH y las enzimas no puedan funcionar inhibiéndose la glucólisis. El nivel de CP también cae a medida que es usado para regenerar ATP de ADP. Cuando el nivel de ATP cae a un nivel muy bajo (5 mmoles/Kg. de músculo) que se requieren para mantener la relajación, el calcio difunde hacia el citoplasma y las cabezas de miosina se unen irreversiblemente a los filamentos de actina y forman la actomiosina (Warriss, 2001); según Olsson y col. (1994), citado por Franco (1997) en estas condiciones el retículo sarcoplásmico no tiene posibilidad de controlar los niveles de calcio debido al deterioro de los sistemas regeneradores de energía del músculo en condiciones anaeróbicas y de temperatura elevada. En conclusión la extensibilidad del músculo se pierde, los puentes cruzados se forman permanentemente y hay en efecto una contracción muy fuerte que se denomina "Rigor mortis".

Cada fibra muscular entra en rigor muy rápidamente una vez que se terminó el ATP, pero la variación individual entre fibras permite un desarrollo gradual del endurecimiento en todo el músculo, a medida que más y más fibras se vuelven inextensibles. El tiempo que demora en desarrollarse el rigor estará obviamente relacionado a factores que afectan el nivel de glucógeno y de CP al momento de la muerte y al rango de metabolismo muscular post-mortem (Warriss, 2001). Por ejemplo, en los animales que el glucógeno ha disminuido por sufrir un gran estrés previo a la faena, ocurre más rápido, y el grado de desarrollo sería reducido si la carcasa se enfriara rápidamente.

Se destaca que el grado de rigor está determinado solamente por la cantidad de ATP, no por el valor de pH del músculo. Es posible tener rigor en músculos en los cuales el pH es aún alto si el animal ha sido estresado prefaena, esto es referido como el rigor alcalino. El rigor lleva diferentes tiempos de desarrollo en distintas especies, desde 4 horas. en el pollo a más de 24 horas. en el vacuno (Etherington citado por Warriss, 2001). Cuanto más músculos se encuentran en rigor mortis toda la carcasa se vuelve rígida y firme, esta firmeza es ayudada en extremo por la grasa, por lo que la carcasa se vuelve más firme a medida que se enfría.

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

Según Kopp (1976), citado por Franco (1997), la maduración se define como el momento post-mortem a partir del cual se verifica un aumento de terneza. Se mantiene la carne a temperaturas justo por encima del punto de congelación (entre 0 y 5 °C) durante unos pocos días o varias semanas para mejorar la palatabilidad; este proceso disminuye la dureza y desarrolla el flavor (Price y Scheweigert, 1994). Con tiempos mayores de maduración luego de la muerte la fragmentación miofibrilar aumenta y la carne se vuelve más tierna cuando es cocinada.

El tiempo en el cual el músculo se ablanda varía con la temperatura en las diferentes especies, siendo más rápida a altas temperaturas y a altos pH (Price y Scheweigert, 1994). Estas diferencias permiten recomendar diferentes tiempos de maduración previo al cocinado de la carne.

Mantener la carne refrigerada es caro, se precisa mucho lugar de almacenaje, altos costos de refrigeración, hay pérdida de peso por evaporación de agua de la superficie de la carcasa, etc., lo que hace que los frigoríficos minimicen todo lo posible este proceso; esto ha llevado a desarrollar un compromiso comercial para producir carne con terneza aceptable en un periodo razonable de tiempo. El tiempo de maduración puede incluir la refrigeración que recibe la carne en la distribución y venta.

El aumento de terneza puede ser atribuido a dos tipos de procesos: a cambios en los componentes del tejido conectivo de la carne o al debilitamiento de las miofibrillas. Nishimura (1998), citado por Warriss (2001) sugirió que la maduración sucede en dos fases; hay una primera fase rápida causada por cambios en los componentes miofibrilares y una segunda fase más lenta causada por el debilitamiento estructural del tejido conectivo intramuscular. Sin embargo los cambios en los primeros son generalmente los más importantes y en realidad solo muy pequeños cambios pueden detectarse en los componentes del tejido conectivo como el colágeno. Como cambios en la primera fase encontramos que las uniones de los filamentos finos (actina) a los discos Z muestran alguna ruptura y hay un aumento en la cantidad de componentes nitrógeno solubles en agua (Warriss, 2001).

El músculo no se vuelve más extensible durante el proceso de maduración y además no está asociado con la disociación de la actomiosina, los filamentos finos y gruesos permanecen juntos por los puentes cruzados de miosina, por lo tanto la mayor terneza no se debe a la habilidad de separarse los filamentos unos de otros, sino que se debe a la degradación de las uniones GAP (Price y Scheweigert, 1994). Estos autores afirman que la terneza resulta de actividades de enzimas proteolíticas presentes en los músculos. Su función normalmente es la ruptura y reciclado de proteínas que ocurre continuamente en todos los tejidos vivos. Warriss (2001) describe dos tipos de enzimas involucradas, las catepsinas y las calpaínas, de las cuales se piensa que son más importantes las calpaínas en carnes rojas. Las catepsinas están en los lisosomas en el sarcoplasma, son descargadas post-mortem y tienen una actividad máxima en condiciones medianamente ácidas. Se sabe que degradan la troponina-T, algunos puentes de colágeno y mucopolisacáridos de la sustancia base del tejido conectivo. Solo degradan actina y miosina por debajo de pH 5 lo que es imposible que ocurra bajo condiciones normales en la carne. Las calpaínas son activadas por iones de calcio y tienen una actividad máxima en condiciones neutrales y alcalinas; originalmente se les llamaba Factor Activado por el Calcio Sarcoplásmico (CASF). Hay dos formas, las m-calpaínas activadas por altas (milimolar) concentraciones de calcio (1 - 2 mM) y las  $\mu$ -calpaínas que son activadas por bajas (micromolar) concentraciones (50 - 100  $\mu$ M). Por lo tanto hay dos sistemas proteolíticos involucrados (calpaínas y catepsinas), dependiendo su mayor o menor actuación de la velocidad de disminución del pH post-mortem y de la temperatura (Bailey, 1989, citado por Franco, 1997). Ambas son inhibidas por la calpastatina, la alta actividad de esta enzima reduce la proteólisis



extendida de los músculos; las sustancias que inhiben esta segunda actividad también inhiben el proceso de terneza (Warriss, 2001). Shackelford y col. (1991), determinaron que la proteólisis es mayor en *Bos taurus* y que el ganado *Bos indicus* tiene actividades más altas de calpastatina en sus músculos por lo que la carne de los primeros es más tierna. El estrés previo a la faena puede aumentar los niveles de calpastatina y produce una carne más dura a través de una reducción en la maduración (Sensky y col., 2001), quienes además sugieren que las variaciones en la cantidad de calpastatina que presenta un músculo están sujetas a regulaciones ambientales y genéticas. La respuesta al estrés se refleja por la estimulación  $\beta$ -adrenérgica, esto aumenta la calpastatina que es la enzima inhibidora de las calpaínas y catepsinas; como resultado final se obtiene una disminución en la terneza de la carne.

Luego que se acaba el ATP y se desarrolla el *rigor mortis*, la membrana del retículo sarcoplásmico y la mitocondria no secuestran los iones de calcio, estos son liberados al sarcoplasma y bañan las miofibrillas. El aumento en la concentración de calcio activa las  $\mu$ -calpaínas permitiendo que suceda la proteólisis.

La actividad de las calpaínas es promovida por altos niveles de calcio, alto pH y temperatura y reducida actividad de la calpastatina. Según Warriss (2001) el efecto de la temperatura es particularmente importante; de los 0 a los 40 °C el rango de actividad es más del doble por cada 10 °C que aumenta, por lo que manteniendo la carne a altas temperaturas post-rigor se puede promover una rápida maduración; y señala que a 10 °C el bife puede ser adecuadamente madurado en 4 días y por 10 días a 1 °C.

En términos generales, durante la etapa de maduración se producen una serie de fenómenos que redundan positivamente en las características sensoriales y en las aptitudes tecnológicas de la carne, como ablandamiento, ligero incremento de la CRA y desarrollo de sabores y aromas característicos por acúmulos de productos nitrogenados de degradación y acción de enzimas proteolíticas, formando aminoácidos libres y pequeños péptidos.

### 3.2.5. Importancia del pH

El pH estima el nivel de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos de la carne, circunstancia que lo convierte en el parámetro de referencia para evaluar la glucólisis muscular post- mortem y las desviaciones de la calidad de la carne durante la misma. Su evolución tras el sacrificio va a tener un profundo efecto sobre las propiedades tecnológicas de la carne (Garrido y Bañón, 2000), así como en la terneza, el color, el flavor y la vida útil (Wythes y Shorthose, 1984).

En los bovinos el pH inicial del músculo *longissimus dorsi* es de 7.08 alcanzando valores de 5.5-5.7 a las 48 horas post-mortem (Pearson y Young, 1989, citados por Garrido y Bañón, 2000). Según Tarrant (1988), la buena calidad de la carne de ovinos y bovinos tiene un pH final cercano a 5.5. A valores de pH de 5.8 y más, la calidad de la carne fresca enfriada se ve afectada por el crecimiento microbiano. Esta menor vida útil de la carne es atribuida a un menor contenido de ácido láctico y glucosa (Gill y Newton,

1981, citados por Tarrant, 1988), por consiguiente la carne debe tener un pH menor a 5.8 para poder ser envasada al vacío para la exportación (Price y Scheweigert, 1994).

El metabolismo muscular post-mortem puede seguir un curso anormal debido a trastornos fisiológicos o a diversos factores exógenos. Una intensa glucólisis muscular antes o después del sacrificio va asociada normalmente a carnes de calidad deficiente, las denominadas carnes DFD de cerdos y rumiantes (oscuras "Dark", firmes "Firm" y secas "Dry") y las carnes PSE porcinas (pálidas "Pale", blandas "Soft" y exudativas "Exudative") (Briskey, 1964, citados por Garrido y Bañón, 2000).

En la Figura II se muestra la velocidad de descenso del pH en el músculo *longissimus dorsi* bovino para las carnes normales y DFD. Normalmente se toma una primera medida de referencia tras el sacrificio, denominada pH inicial, pH<sub>45</sub> si es a los 45 minutos post-mortem o pH<sub>0</sub>. Como puede verse, será necesario que transcurra más tiempo para que se establezcan diferencias significativas en el valor del pH entre carnes normales y DFD, por ello, para detectar estas últimas se utiliza una segunda medida de pH a las 24 horas post-mortem denominada pH<sub>24</sub>, pH<sub>u</sub> o pH final (Garrido y Bañón, 2000).

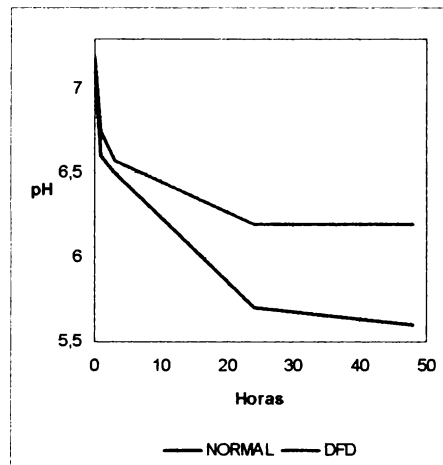


Figura II. Evolución del pH post-mortem en el músculo *longissimus dorsi* bovino. Fuente: Garrido y Bañón (2000).

El pH se mide generalmente en el músculo *longissimus dorsi*, debido a que este valor muestra, según Munns y Burell (1965), citados por Tarrant y Sherington (1980), una alta correlación entre carcasas con valores de pH final de 6.0 o mayores en el *longissimus dorsi* y cortes oscuros en la carne. Tarrant y Sherington (1980), adoptaron este procedimiento debido a que este músculo fue encontrado como el músculo frecuentemente más afectado por altos valores de pH y también mostró los más grandes incrementos sobre los valores normales. Otros factores que fueron tomados en cuenta para tomar esta decisión fueron la importancia comercial del mismo y su uso frecuente en este tipo de investigación.

### 3.3. APARICION DE CORTES DFD

Las carnes DFD se producen cuando los animales son estresados previo a la faena y las reservas musculares de glucógeno están disminuidas. El rápido descenso del glucógeno muscular en el músculo vivo puede ser disparado por un mecanismo adrenérgico o por un mecanismo contráctil, o por ambos mecanismos actuando en conjunto, mientras que el ayuno prolongado produce un descenso lento. Los dos mecanismos rápidos son activados por el sistema nervioso simpático y somatomotor, respectivamente, y cuando esto sucede se produce el máximo descenso del contenido de glucógeno (Tarrant, 1988).

Cualquier condición o fenómeno que suponga un desequilibrio en la vida se considera como estresante y al resultado se lo denomina estrés. Estresantes son: el miedo, fatiga, anoxia, anestesia, alimentación inadecuada, hacinamiento, inmovilidad forzosa, niveles anormales de intensidad de luz, sonido, humedad, presión o cambios de temperatura. La respuesta al estrés está mediada por hormonas del eje adrenal-pituitario-hipotalámico dependiendo de la naturaleza del agente causante (Price y Scheweigert, 1994). Warriss (2001) también describe algunos ejemplos que causan estrés crónico, como largos períodos de ayuno, fatiga causada por muy largos transportes bajo pobres condiciones o por las peleas que ocurren cuando se mezclan animales que no se conocen previamente. Por otro lado Crouse y col. (1984), citado por Knowles (1999), considera que el estrés es causado por cansancio físico inducido por peleas, por un transporte prolongado o por el estrés emocional debido al reagrupamiento, pero el ayuno sólo usualmente no causa estrés, a no ser que sea muy prolongado.

La acidificación que ocurre en el músculo post-mortem es causada por la formación de ácido láctico a partir del glucógeno almacenado, el cual si es desgastado por un estrés crónico prefaena se formará menos ácido láctico y la carne no se acidificará normalmente, por lo que el pH final será elevado (Tarrant, 1990). Otro problema frecuente en la industria de la carne son las carnes PSE que proceden de cerdos estresados en el momento del sacrificio y se caracterizan por una glucólisis post-mortem acelerada que provoca un brusco descenso del pH antes de que la canal pueda ser enfriada con eficacia. La combinación de bajo pH y alta temperatura es crítica para el desarrollo de carnes exudativas, ya que provoca una desnaturalización de las proteínas musculares mayor de lo normal (Garrido y Bañón, 2000). Como consecuencia de esto, la textura es más blanda, aumenta la exudación y la reflexión de luz, presentan una CRA menor de lo normal, y por lo tanto, un menor rendimiento tecnológico.

Generalmente la carne de corte oscuro es definida por el valor del pH en un tiempo específico, determinado por un pH último medido después de las 12 a 48 hs post-mortem (dependiendo de la especie) de más de 6 (Warriss, 2001). Otros autores la definen con un pH final mayor a 6.2 (Tomberg, 2000). Scanga y col. (1998) y Jones y Tong (1989) también determinaron un pH final mayor a 6. Por otro lado Tarrant (1981), citado por Price y Scheweigert (1994) y Mc Nally y Warriss (1996) consideran un pH de 5.8 como el punto en el cual la alteración se manifiesta. Beltrán y col. (1997),

establecieron que si el valor final de pH está entre 5.8 y 6.3 la carne es considerada DFD moderada, y si es mayor a 6.3 la misma es considerada DFD.

En el ganado descansado la concentración de glucógeno en los grandes músculos es cercana a 80  $\mu\text{moles/g}$  (expresado en  $\mu\text{moles}$  de glucosa equivalente por gramo de tejido húmedo) y puede superar los 100  $\mu\text{moles/g}$  con una alimentación alta en energía. Para alcanzar un pH 5.5 el contenido de glucógeno muscular debe ser por lo menos de 57  $\mu\text{moles/g}$  (Tarrant, 1988). Wulf y col. (2002) encontraron que cuando el músculo tiene menos de 100  $\mu\text{mol/g}$  de potencial glucolítico (glucógeno + glucosa + glucosa 6 fosfato + lactato) se asocia con un pH final más alto, también asociaron directamente la cantidad de glucógeno presente en el momento de la muerte con la forma en que disminuía el pH. Si el músculo tiene por encima de dicho valor, el potencial glucolítico no tiene efecto en el pH final, sino que éste está determinado por la inhibición de las enzimas glucolíticas. Vieron que había grandes variaciones en el potencial glucolítico entre las carcasas normales, por lo que desde un punto de vista práctico un animal necesitaría mucho más estrés para presentar DFD que otros, habiendo una gran variación individual. Según Warriss (2001), los músculos que producirán carne con pH normal contienen alrededor de 10 – 20 mg/g (1-2 %) de glucógeno, cuando esta cantidad disminuye por debajo de 8 mg/g (0.8%) resulta en la elevación del pH y cuanto más disminuya más alto será el pH final, como se observa en la Figura III.

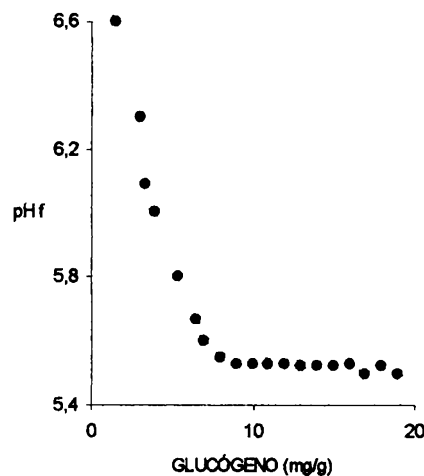


Figura III. Relación del pH final (pH f) con la concentración de glucógeno presente en el músculo *longissimus dorsi* a la muerte. Fuente: Warriss (2001).

El alto pH resulta en poca desnaturalización de las proteínas, el agua es fuertemente ligada y se forma un pequeño exudado. Se produce un encogimiento del entramado de las miofibrillas y el músculo presenta una estructura traslúcida cerrada que absorbe los reflejos de luz, lo que hace que la carne aparezca oscura. La estructura cerrada reduce la difusión de oxígeno de la superficie hacia el interior del músculo y el oxígeno que se encuentra dentro es usado por la alta actividad citocromo que hay por el

alto pH. Esto resulta en una muy pequeña superficie en la carne con mioglobina oxigenada rojo brillante, que permite que el color púrpura de la mioglobina reducida del interior se trasluzca apareciendo al fin la carne más oscura que lo normal.

Existen diferencias en la susceptibilidad a la aparición de DFD entre los diferentes músculos del animal (Cuadro I), reportándose en la bibliografía una mayor frecuencia de DFD en la musculatura trasera (Warris, 1990; Tarrant, 1988; Tarrant y Sherington, 1980). Esa diferencia en la susceptibilidad puede reflejar la composición de la fibra muscular (Warriss, 1990). Lacourt y Tarrant (1985), citados por Warriss (1990), han mostrado que los patrones de bajada del glucógeno son diferentes en las fibras musculares rápidas y lentas. Tarrant (1988), indica que los valores más altos de pH particularmente ocurren en los músculos *longissimus dorsi* y *semitendinosus*. Warris (2001) a su vez sostiene que el músculo LD tiende a ser el más afectado junto con los grandes músculos del cuarto trasero, y explica dos probables razones; primero que la musculatura tanto del lomo como del cuarto trasero son más usadas durante las interacciones físicas que ocurren entre animales (particularmente en comportamientos de topetazos y montas), y segundo porque los patrones de depleción del glucógeno son diferentes en fibras blancas y rojas, siendo mayor en las segundas que se encuentran a su vez en mayor proporción en estos músculos.

Tarrant (1988), también explica las diferencias entre los distintos tipos de fibras y afirma que las fibras rápidas pierden más glucógeno cuando los animales son mezclados en corrales, y por el contrario las lentas pierden más glucógeno por el estrés inducido por la administración de adrenalina, lo que indica que estas últimas responden más a la adrenalina circulante. Para Tarrant y Sherington (1980), como para Ordoñez y col. (1988), citados por Garrido y Bañón (2000), la caída del pH también dependerá del tipo de fibras predominantes, y a su vez de la actividad muscular antes del sacrificio. En relación al tipo de fibras los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de pH 5.5, mientras que si existe una mayor cantidad de fibras de contracción lenta (rojas) el pH no baja de 6.3. Pearson y Young (1989), citados por Garrido y Bañón (2000) mencionan por ejemplo que el *psoas* del bovino alcanza un pH de 5.8 a las 2.5 horas, mientras que los músculos *longissimus dorsi* y *semimembranosus* necesitan 3.7 y 5.4 horas respectivamente para alcanzar este valor. Otro factor a tener en cuenta para estos autores es la temperatura del músculo, la cual también modula la velocidad de la glucólisis post-mortem, de modo que temperaturas elevadas (alrededor de 40°C) aceleran el descenso del pH, siendo necesarias menos horas para alcanzar el pH final.

Cuadro I. Valores de pH final en 13 músculos de carcasas con pH final normal y carcasas con alto pH final.

Músculo				
	Promedio	n	Promedio	n
LD	6.32	283	5.59	34
ST	6.26	230	5.55	34
SM	5.93	269	5.54	34
AD	5.92	232	5.55	34
GM	5.79	203	5.55	34
PM	5.65	226	5.56	34
BF	5.64	231	5.54	34
TB	5.74	161	5.66	34
TZ	5.88	126	5.76	31
IS	5.82	138	5.72	34
SS	5.90	138	5.83	34
SC	6.23	122	6.20	34
LC	5.90	180	5.86	34

Fuente: Modificado de Tarrant y Sherington (1980).

LD = *M. longissimus dorsi*; ST = *M. semitendinosus*; SM = *M. semimembranosus*; AD = *M. adductor*; GM = *M. gluteus medius*; PM = *M. psoas major*; BF = *M. biceps femoris*; TB = *M. triceps brachii*; TZ = *M. trapezius*; IS = *M. infraspinatus*; SS = *M. supraspinatus*; SC = *M. semispinalis capitis*; LC = *M. longus colli*.

### 3.3.1. Características de la carne DFD

La carne DFD es referida también como cortes oscuros (DC, dark cutting) o carne de cortes oscuros bovinos (DCB, dark cutting beef). Su nombre describe las características de los músculos en comparación con la carne normal, no hay una definición aceptada universalmente de su condición en términos de medidas objetivas con instrumentos.

Como ya se ha mencionado el pH final de la carne DFD es más alto que el de la carne normal, esta diferencia de pH determina la mayoría de las características que la definen.

El color de la carne es uno de los criterios más importantes que utilizan los consumidores para seleccionarla, si es demasiado pálida o demasiado oscura es discriminada en preferencia a la carne de color normal (Topel y col, 1976, Wachholz y col., 1978 citados por Warriss, 2001). Por ello, la comercialización de la carne DFD conlleva ciertas dificultades, ya que el consumidor asocia su color oscuro a animales viejos o a carne almacenada en malas condiciones (Wythes y Shorthose, 1984; Prändl y col. 1994; Sornay y col, 1981, citados por Garrido y Bañón, 2000). Como ya fue explicado el color más oscuro de la carne DFD no se debe a su contenido de mioglobina, ya que éste es normal en este tipo de carne.

Wulf y col. (2002) determinaron en el músculo *longissimus* de 47 carcasas, que aquellas con cortes oscuros tienen menores valores en la lectura del color, pH final

mayor y menor potencial glucolítico que las carcasas normales (Cuadro II). Las mayores diferencias de color se encontraron para los músculos *longissimus lumborum*, *gluteus medius*, *semimembranosus* y *semitendinosus* ( $p=0.0001$ ) a los 7 días de maduración.

Cuadro II. Características de la canal para carcasas normales o DFD.

Peso carcasa caliente (Kg.)	329	337	39	0.5620
L*d	41.1	34.8	2.9	0.0001
a*e	25.0	18.8	1.8	0.0001
b*f	11.1	6.7	1.3	0.0001
pH final	5.46	6.06	0.16	0.0001
Potencial glucolítico ( $\mu\text{mol/g}$ )	122	71	23	0.0001

Fuente: Adaptado de Wulf y col. (2002).

<sup>d</sup>L\*: 0 = negro, 100 = blanco.

<sup>e</sup>a\*: valor menor = más verde, valor mayor = más rojo.

<sup>f</sup>b\*: valor menor = más azul, valor mayor = más amarillo.

Shackelford y col. (2001) señalan que para los consumidores de carne la característica determinante de mayor satisfacción es la ternura. Wulf y col. (2002), observaron que las carcasas DFD obtuvieron valores de fuerza de corte mayores en el *longissimus lumborum* (46%), *gluteus medius* (33%), *semimembranosus* (36%) que carcasas normales, presentando a su vez una mayor y considerable variación como se aprecia en la Figura IV. La ternura de estos músculos que determinaron por el panel sensorial les dio resultados similares, marcando a las carcasas DFD como más duras.

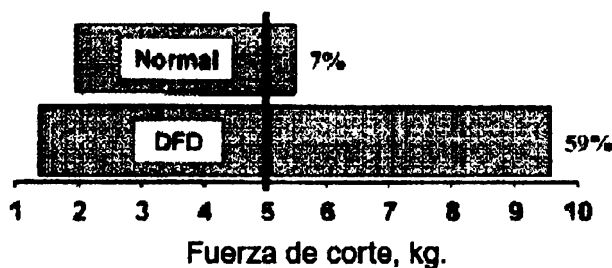


Figura IV. Fuerza de corte Warner-Bratzler del músculo *longissimus* cocinado. Cada barra representa el valor de fuerza de corte con una desviación estándar de  $\pm 2$ . Los valores que están a la derecha de la línea vertical en el valor de 5.0 Kg. representan el porcentaje estimado de las carcasas que tienen fuerza de corte mayor a 5.0 Kg. (calculado como el valor de  $Z \times 100$  para la probabilidad de que una observación sea mayor a 5.0, Steel and Torrie, 1980). Fuente: Adaptado de Wulf y col. (2002).

Hay estudios que han encontrado una relación curvilínea entre el pH final y la ternura de la carne, siendo la dureza maximizada a un pH final de 5.8 a 6.0 (Purchas, 1990). A pH inferior a 5.5 se darían las óptimas condiciones para la actividad de las enzimas proteolíticas lisosomales, determinando mayor ternura en la carne. A medida que aumenta el pH hasta valores cercanos a 6.2 existirían efectos sobre la contracción muscular determinando un acortamiento en la longitud de los sarcómeros, resultando la

carne más dura. Finalmente pH superiores a 6.2 favorecen la proteólisis provocada por las calpaínas que tienen actividad óptima a pH cercanos a la neutralidad (Purchas, 1990). Wythes y Shorthose (1984) también señalan que cuando el pH final aumenta de 5.5 a 6.0 el músculo es firme, por encima de 6.0 se vuelve tierno y es blando a valores de 6.5. Por otro lado Price y Scheweigert (1994) destacan como ventaja la alta capacidad de retención de agua y mayor terneza de este tipo de carnes como un atributo para el procesado, fabricación, fileteado y exposición de productos cárnicos. La información recabada es muy diversa en lo que se refiere a esta característica, probablemente debido a que depende de muchos factores como la edad y raza del animal, tipo de músculo, manejo y enfriamiento de la res (Dikeman, 1984).

El efecto del uso de la estimulación eléctrica post-mortem no está claro en el problema de cortes oscuros, también se encuentran en la bibliografía muchas conclusiones dispares. Warriss (1990) cita dos trabajos, uno realizado por Dutton y col. (1982) quien no encontró beneficios, y el otro realizado por Fabiannson y col. (1982) donde observaron que la incidencia de DCB era menor en las carcasas estimuladas eléctricamente. Se esperaría que el mayor efecto de la estimulación sea el aumento del rango de glucólisis y la consecuente disminución del pH, lo que podría no ocurrir con niveles inadecuados de glucógeno. La estimulación previene la sobreestimación de la incidencia de DCB y hay evidencia que también tiene un efecto en el aspecto de su bioquímica y ultraestructura pero sin influir en la terneza como lo hace en un músculo normal (Fabiannson y col 1985, citado por Warriss, 1990).

La mayor capacidad de retención de agua de la carne DFD se debe a una mayor integridad de las proteínas musculares (Garrido y Bañón, 2000). Esta característica va a determinar la jugosidad de la carne. Los factores que la influyen son: el grado de terminación del animal, los procedimientos de cocción y en menor medida, la tasa de disminución del pH, la temperatura post-mortem y el pH final de la carne (Dikeman, 1984). Tarrant (1988) señala como una ventaja la mayor CRA de este tipo de carne desde el punto de vista tecnológico, pero agrega que no sería suficiente debido a los defectos de color y vida útil en los productos de carne fresca.

Wulf y col. (2002) detectaron con un panel sensorial que la clasificación de la carne como DFD no afectó la jugosidad ni la intensidad del sabor ( $p > 0.05$ ), sin embargo la palatabilidad fue menor y la describieron con sabor a "maní", "rancio" y "amargo". En el Cuadro III se observa la apreciación obtenida en ese trabajo y comparan las características de palatabilidad entre carnes normales y DFD. Se destaca la dureza de las carnes DFD que coincide con los valores hallados para fuerza de corte mediante Cizalla Warner-Bratzler y la diferencia significativa para la palatabilidad (calidad del sabor), siendo más alta para las carnes normales.



Cuadro III. Características de palatabilidad de las carnes DFD y normales y comparación de la ternura sensorial con la fuerza de corte (W-B).

Fuerza de corte <i>longissimus</i> (Kg.)	3.72	5.47	1.24	0.0002
Panel sensorial <i>longissimus</i>				
Ternura	6.27	5.10	1.09	0.0032
Jugosidad	6.18	5.92	0.52	0.1493
Intensidad del sabor	5.86	5.80	0.37	0.6316
Calidad del sabor	5.82	5.18	0.52	0.0008
Dura o peor	0%	27%	0.001	
Medianamente dura o peor	0%	36%	0.001	
Muy tierna o mejor	44%	9%	0.033	

Valores del panel sensorial: 8=extremadamente tierno, jugoso, intenso y gustoso; 1=extremadamente duro, seco, suave y sin gusto. Fuente: Adaptado de Wulf y col. (2002).

Este tipo de carnes además tiene una baja vida útil (Newton y Gill, 1981, citados por Warris, 2001; Prändl y col., 1994) y esto es causado por dos razones: al bajar el glucógeno ante-mortem la carne va a presentar bajos niveles de carbohidratos, lo que restringe el crecimiento de las bacterias productoras de ácido láctico, por lo que aumenta el crecimiento de las bacterias que metabolizan aminoácidos y proteínas, produciéndose productos de desecho con olores desagradables; además el alto pH promueve el crecimiento bacteriano por lo que el riesgo de descomposición es un problema serio en los productos crudos procesados. Garrido y Bañón (2000), afirman también que el elevado pH incrementa el riesgo de sufrir alteraciones por microorganismos. Sin duda el principal defecto de las carnes con elevado pH es su gran susceptibilidad al deterioro microbiano, lo cual compromete su conservación (Monin, 1988, citados por Garrido y Bañón, 2000).

Como fue mencionado anteriormente, las carnes DFD presentan un color más oscuro que la carne fresca normal y menor palatabilidad, lo que el consumidor asocia con carne de mala calidad. La capacidad de retención de agua es mayor, característica que aprecian las industrias procesadoras de alimento por su mayor rendimiento, y con la ternura aún no se ha llegado a una conclusión por su gran variabilidad en los resultados obtenidos. En el punto que todos coinciden es en la baja vida útil de este tipo de carnes, lo que dificulta la exportación de cortes refrigerados envasados al vacío.

### 3.3.2. Aparición de carne DFD en los diferentes países

Como se observa en el Cuadro IV, se han visto grandes diferencias de incidencia entre países y entre diferentes tipos de ganado. Warriss (1990) estableció que estas diferencias reflejan diferentes técnicas de manejo previo a la faena, particularmente en toros jóvenes, pero también los diferentes tipos de población muestreada y el criterio de pH utilizado para definir DFD. Además, Warriss (2001) afirma que usando índices objetivos se tiende a hacer mayores estimaciones de prevalencia de DFD en una población que usando mediciones subjetivas, acota que tal vez esto es un reflejo de la menor sensibilidad de los valores subjetivos donde solo son reconocidos los ejemplos extremos.

Cuadro IV. Incidencia Reportada de DCB.

Canadá	Christopherson y col., 1980	Toros	9,6-18,0
Alemania	Matzke y col., 1985	Toros	6,2
Canadá	Munss y Byrrell, 1966	Todos	5,4-9,3
Suecia	Fabiansson y col., 1984	Todos	3,4-13,2
Irlanda	Tarrant y Sherington, 1980	Todos	3,2
Finlandia	Poullanne y Alto, 1980	Toros	26,3
		Vacas	13,6
		Vaquillonas	12,6
Bélgica	Dezeure-Wallays y col., 1984	Toros	3,6
		Novillos	2,4
		Vacas	7,2
Reino Unido	Brown y Bevis, 1988	Toros	8
		Novillos	3,7
		Vacas	5,9
		Vaquillonas	1,4
		Termeros	3,7

Fuente: Modificado de Warriss (1990).

### 3.3.3. Factores que influyen en la aparición de DFD

#### 3.3.3.1. Tipo de dieta

El ganado engordado a pastura es frecuentemente menos manejado que los de feedlot, se esperaría que estos animales más acostumbrados al manejo se estresen menos con el manejo necesario para enviarlos al frigorífico (Shorthose, 1988).

En un trabajo nacional, Carduz (1996) realiza un relevamiento de datos a nivel de planta de faena. Entre los datos recabados se encuentra el tipo de alimentación que recibieron los animales en los últimos dos meses previo al embarque, concluye que los animales alimentados con pradera producen carne con menor pH que los alimentados con campo natural, además afirma que con este tipo de alimentación se atenúan los efectos de otros factores como el tiempo de espera y duración del transporte sobre el

pH. La alimentación con pradera dio una disminución significativa del pH y propone realizar más estudios comparativos sobre estos tipos de alimentación en las condiciones de nuestro país.

En un estudio Mc Veigh y col. (1982), determinaron un efecto de la dieta en el contenido de glucógeno muscular. Las vaquillonas alimentadas con grano de cebada tuvieron niveles significativamente más altos que las alimentadas sólo con heno, y luego de inyectar adrenalina el contenido de glucógeno muscular disminuyó en todos los grupos. El glucógeno residual fue significativamente más alto en los músculos de vaquillonas alimentadas con grano con respecto a las que consumieron heno ( $p < 0.01$ ) o la que ayunaron ( $p < 0.05$ ). La tasa de recuperación del glucógeno en los grupos alimentados fue significativamente ( $p < 0.01$ ) mayor que en el grupo ayunado (7.6 mmol/g/día con cebada, 6.1 mmol/g/día con heno y 1.5 mmol/g/día en ayuno). A partir de los resultados concluyeron que tanto el contenido de glucógeno muscular como las tasas de recuperación están influenciados por el tipo de alimentación (alto vs bajo consumo de energía) y por el ayuno.

Berge y col. (1993) compararon el efecto de distintos aportes de proteína en la dieta sobre la composición y calidad de la carcasa de 45 novillos. Las dietas tenían el mismo nivel de energía (silo y grano de maíz) y 3 niveles de proteína (bajo, medio y alto). Los valores de pH a las 24 horas estuvieron dentro del rango normal (mínimo 5.41, máximo 5.54) para los 3 tratamientos, no encontrando diferencias significativas entre ellos.

Bidner y col. (1981), no encontraron diferencias significativas en el pH post-mortem ni en el color del *longissimus dorsi* de 56 novillos Angus y Hereford-Angus que habían sido alimentados con 4 tipos de dieta: a) pastura; b) pastura+grano; c) pastura+grano+70 días de feedlot; d) pastura+74 días en feedlot.

Warner (1987), citado por Shorthose (1988), reportó que el ganado alimentado a pastura con asignación por debajo de los requerimientos para mantenimiento por muchas semanas tuvo una cantidad menor de glucógeno muscular que los que estaban ganando peso, sin embargo los valores de pH final fueron similares.

### 3.3.3.2. Peso, conformación y engrasamiento de la canal

Shorthose (1988) en un análisis de datos reportados, encontró una correlación negativa entre el grado de cobertura grasa y espesor de la misma con el pH final de la carcasa. Según él, esto indica que los animales más flacos son menos capaces de enfrentar el estrés prefaena.

Jones y Tong (1989), realizaron una subdivisión según el peso de la carcasa y observaron mayor incidencia de DCB en aquellas más livianas ( $\leq 275$  Kg.). Poulanne y Aalto (1981), citados por Jones y Tong (1989), encontraron una asociación entre el aumento del peso de la carcasa y la grasa con menores frecuencias de cortes oscuros. Similares hallazgos fueron los de Murray (1989), quien encontró que el peso de la carcasa estaba inversamente relacionado con la incidencia de carnes oscuras. Las

carcasas que pesaban menos de 272 Kg. tuvieron el doble de incidencia (5.1%) que aquellas que pesaban más de 318 Kg. (2.6%), observando además un aumento en la aparición de carne oscura en las carcasas con pobre grado de musculación. Concluyó que la cobertura de grasa, el peso y la conformación de la carcasa afectaron el color muscular. Con carcasas más pequeñas y más magras hubo mayor frecuencia de carnes oscuras y atribuyó sus resultados en gran medida a que la mayor cobertura grasa retarda la velocidad de enfriamiento de la carcasa; al igual que Soares de Lima y Xavier (1997), quienes también encontraron que la mayor cobertura grasa de la carcasa produjo valores significativamente más bajos de pH a las 24 horas y efecto sobre la proporción de rechazos por alto valor de pH.

Todos estos factores están relacionados entre si. Los animales con mayor condición corporal, mayor peso vivo y mejor conformación son los que han sido alimentados con una dieta de alto contenido energético, que indican indirectamente la concentración de glucógeno que hay en el músculo. Por otro lado la cobertura grasa como explican algunos autores, aísla la carcasa y el enfriamiento de la misma ocurre más lentamente, lo que permite disminuir más el pH que en una carcasa con poca cobertura grasa. La bibliografía parece estar de acuerdo en que una mejor condición corporal de los animales, mayor peso, etc. resultan en un pH menor.

### 3.3.3.3. Mezcla de animales

La mezcla de animales es otro de los factores que aparece en la bibliografía como causantes de la disminución del glucógeno antes de la faena. Según Warriss (1990) el estresante más potente que produce cortes oscuros es la mezcla de animales no conocidos, que resulta en un comportamiento agonista como topetazos, monta en los machos, etc. Se produce machucamiento y considera que el ganado con cuernos es un problema particular. La mezcla resulta en peleas hasta que un nuevo reagrupamiento social es establecido. Puede ocurrir en cualquier punto de la cadena de transporte, ya sea en la carga, durante el transporte en sí mismo, en la descarga en el frigorífico e incluso en el propio establecimiento.

Jones y Tong (1989) encontraron mayor incidencia de DFD, cuando transportaron lotes de ganado mezclados que cuando transportaban animales que provenían del mismo establecimiento.

La actividad de monta es el comportamiento más asociado con la bajada del glucógeno muscular y los cortes oscuros en el ganado, como resultado del ejercicio físico realizado fundamentalmente por los músculos del cuarto trasero. Este comportamiento es estimulado por el reagrupamiento social, como toros jóvenes mezclados en un corral y también por grupos de hembras en celo (Tarrant, 1988; Tarrant, 1990).

Mc Veigh y col. (1982) encontraron que el estrés causado por la mezcla de toros aumentó la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y los constituyentes sanguíneos que responden al estrés. Warriss (1984), mezclando toros de 1 año con animales desconocidos 16 horas antes de la faena observó que las carcasas DFD

( $\text{pH} \geq 6.0$  en el *LD*) provenían de animales que exhibieron más del doble de comportamientos antagónicos y mostraron más comportamientos dominantes que animales que produjeron carcasas normales. Concluyó que la causa de DFD en grupos de toros mezclados es primariamente conductual. Los depósitos de glucógeno muscular son deprimidos cuando los metabolitos de la sangre son insuficientes para cubrir la actividad muscular intensa o prolongada asociada con conductas antagónicas. Luego Kenny y Tarrant (1987) lo ilustraron en un trabajo en el cual una reja electrificada sobre la cabeza fue usada para reducir los comportamientos de monta en toros reagrupados en encierros. El enrejado previno la disminución del glucógeno muscular reduciendo la incidencia de DCB a 0; mientras que los animales que no tenían la reja presentaron niveles de cortisol, AGNE y actividad de la CK más altos, sugiriendo una respuesta fisiológica más vigorosa al reagrupamiento.

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

#### 3.3.3.4. Sexo, categoría

El porcentaje de carnes DFD varía a su vez según la categoría de las reses estudiadas. Aunque es un problema que presenta una mayor incidencia en toros jóvenes, puede ocurrir en todas las categorías (Warriss, 1990). Los toros y las vacas son más propensos a producir carne con pH final alto que los novillos y vaquillonas (Shorthose, 1988). Esta diferencia podría ser debida a la mayor edad a la faena de los toros y vacas, pero también señala que existe la evidencia de que toros jóvenes faenados a la misma edad que novillos, tuvieron pH final más alto que los últimos.

Carragher y Matthews (1996) explican que los animales jóvenes, sexualmente inmaduros tienen pocas características de comportamiento que afecten la calidad de la carne, no son agresivos, ni territoriales ni son activos sexualmente, sin embargo, Warriss (1990) reportó una incidencia de un 15% en terneros, pero no dio razones para explicarlo.

Según Wythes y Shorthose (1984), los toros son más propensos a producir cortes oscuros que las vacas o los novillos, pudiendo ser debido en parte a que los toros son más excitables y a mayor interacción social aunque se conozcan, además de la mayor edad promedio de los toros a la faena. Warriss (1984) explica que los toros que muestran DCB tienen comportamientos más dominantes y agonísticos prefaena y tienen un nivel más alto de CK circulante que indica mayor actividad física. Matzke y col. (1985), citado por Warriss (1990), demostraron que toros mantenidos en corrales individuales pre-faena produjeron cuatro o cinco veces menos cortes oscuros que cuando eran mantenidos de a dos.

Las vaquillonas en estro son particularmente propensas a los cortes oscuros, ya que cuando fueron faenadas tuvieron un 40% de incidencia con un pH > 6.0 (Kenny y Tarrant, 1984, citados por Warris, 1990). Mientras que Munns y Burrell, (1966), citados por Shorthose (1988), tuvieron una incidencia de pH alto similar en novillos y vaquillonas (5.8 y 5.7% respectivamente en un frigorífico canadiense, y 6.2 y 5.6% en otro). Jones y Tong (1989), tuvieron mayor incidencia de DFD en novillos que en vaquillonas. Kenny y Tarrant (1988), citados por Tarrant (1988) realizaron observaciones en el comportamiento de vaquillonas de carne en la planta de faena y encontraron una asociación significativa entre la presencia de celo previo a la faena y los cortes oscuros en las carcasas (tuvieron una disminución en el glucógeno muscular y presentaron cortes oscuros). La variación en el pH final se asoció significativamente con la actividad de monta y llegaron a concluir que por cada monta perdían 0,56  $\mu$ moles de glucógeno muscular, destacando la importancia de controlar la actividad física en el ganado. Grandin (1988) menciona que en EEUU las vaquillonas alimentadas con grano presentan niveles de cortes oscuros similares a los novillos y que en algunos feedlots suministran un progestágeno (MGA<sup>®</sup>, acetato de melengestrol) en el alimento de las vaquillonas para incrementar la ganancia de peso y prevenir que entren en celo. Los cortes oscuros ocurren cuando el MGA<sup>®</sup> es retirado del alimento para la faena, las vaquillonas entran en celo y tienen elevados niveles de cortes oscuros.

Los autores coinciden en que la categoría con mayor incidencia de DFD son los toros, ya sea por su carácter o su actividad sexual, que determinan dominancia dentro de los grupos, situación que se ve exacerbada cuando se introducen animales nuevos a un grupo. Las vacas también tienen alta incidencia. Algunos afirman que la edad tanto de machos como de hembras es un factor importante. Por otra parte, las vacas y vaquillonas en celo también serían más susceptibles por su comportamiento sexual.

### 3.3.3.5. Tipo genético

Muchos estudios han reportado que hay una heredabilidad significativa para el carácter de los animales domésticos, lo que sugiere que se pueden seleccionar los mismos por ésta característica (Dickson y col., 1970, citados por Carragher y Matthews, 1996). Se considera que cada raza tiene su temperamento, sin embargo éste también está influenciado por otros factores como la competencia, encierros, y la experiencia previa de los animales al manejo, además siempre habrá excepciones para cualquier generalización que se realice sobre este tema (Neidre y col., 1995, citados por Carragher y Matthews, 1996). La importancia del temperamento con respecto a la calidad de la carne es más obvia durante el manejo pre-faena donde los animales se encuentran frente a nuevas situaciones y nuevas personas que los manejan. En estas situaciones estresantes los animales más dóciles son menos propensos a lastimarse o disminuir la reserva de glucógeno muscular (Vanderwert y col., 1985, citados por Carragher y Matthews, 1996).

Warriss y col. (1995) evaluando el efecto del transporte encontraron que novillos de tipo Continental tuvieron actividades más altas de CK que los cruza Hereford-Friesian, lo que asociaron con la mayor muscularidad de los primeros, y además el continuo aumento de la CK durante el viaje indicaría mayor sensibilidad al estrés.

En un trabajo en el cual mezclaron toros de 21 meses de edad, de 3 razas diferentes con el objetivo de observar las respuestas conductuales y relacionarlas con el valor de pH, Franc y col. (1988) concluyeron que la raza influyó en el valor de pH. Las diferencias fueron atribuidas a los diferentes comportamientos de las distintas razas. Observaron que los toros Hereford presentaron la mayor frecuencia de topadas, pero las menores frecuencias de monta, mientras que los toros Black-pied lowland fueron los que menos toparon. Con respecto a la actividad de monta, las frecuencias más altas fueron registradas en toros Bohemian-pied. Por otro lado, los toros Hereford fueron los más montados; los menores valores de pH se encontraron en los músculos de toros Hereford y los más altos en los de Bohemian-pied. Por el contrario, Shorthose (1988), a partir de la revisión de varios trabajos, concluyó que la raza no afecta significativamente el pH final en el *longissimus dorsi*. Sañudo y col. (1999), citados por Garrido y Bañón (2000) coinciden con este autor y afirman que la raza no sería un factor importante de variación del pH final de la carne del ganado bovino, cuyo valor estaría más ligado al manejo de los animales antes del sacrificio.

Shackelford y col. (1994), comparando más de 20 cruzas encontraron mayores rechazos por color en los novillos cruce Piamontesa y cruce Chianina. Asimismo, Lorenzen y col. (1992) citados por Shackelford y col. (1994), reportaron una menor incidencia de DFD en *Bos indicus* que en *Bos taurus*. La conclusión que plantearon estos autores es que existe variación genética en la incidencia de DFD, pero es pequeña en relación a la variación ambiental.

Soares de Lima y Xavier (1997), estudiaron el efecto del genotipo sobre el pH<sub>24</sub> y encontraron que los novillos de la raza Holando tuvieron significativamente mayor valor de pH ( $p < 0.0005$ ) que los de las razas Hereford y Cruzas Cebuinas, pero consideraron que los novillos Holando muestreados fueron muy pocos ( $n=38$ ) como para estimar esas diferencias con exactitud.

Hay una gran variación en los resultados para el genotipo, ya que depende no solo del temperamento sino también del trato, las instalaciones, las personas que los manejan y la experiencia previa de los animales a esos manejos.

#### 3.3.3.6. Clima y época del año

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

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

Jones y Tong (1989) encontraron una asociación de cortes DFD con un promedio de temperatura más caliente, sin embargo Fischer (1981), citado por Jones y Tong (1989) no tuvo efecto en la incidencia de cortes oscuros transportando el ganado a 2, 12 y 36 °C.

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

Brown y col. (1990) encontraron un aumento en la incidencia de DCB entre Julio y Octubre, con una disminución gradual en el resto del año. Los autores consideraron que las condiciones climáticas del Reino Unido no son tan severas como para ser responsables de éste aumento, por lo que lo atribuyeron a la disminución en calidad, digestibilidad y contenido de carbohidratos solubles del pasto al avanzar la estación de crecimiento. Jones y Tong (1989) también habían encontrado un efecto significativo del mes de embarque en la incidencia de DFD, en Marzo y Abril registraron las mayores frecuencias (1.54 y 1.24% respectivamente) y en Diciembre registraron las mínimas (0.45%). Establecieron que los cortes oscuros estuvieron asociados a temperaturas levemente más cálidas, pero no fueron influenciadas por la precipitación diaria.

En Uruguay, Carduz (1996), no observó un comportamiento claro de la estación del año en un relevamiento en frigorífico sobre 6458 animales muestreados; obtuvo una tendencia a producirse los valores más altos de pH en la carne en verano y en invierno. Sin embargo, Soares de Lima y Xavier (1997) encontraron un efecto significativo de la época del año sobre el pH a las 24 horas. Reportaron los mayores valores de pH en invierno comparado con el otoño (6.05 vs 5.83, respectivamente) así como mayores rechazos de canales por alto pH (78% vs 47%, en invierno y otoño, respectivamente). Mencionan que dichas diferencias podrían ser explicadas por la temperatura mínima promedio en invierno y a que los animales podrían estar en balance energético negativo debido a las retenciones de las haciendas realizadas por los productores con el objetivo de lograr mejor precio en post-zafra, situación que se agrava si los animales provienen de campo natural.



Como se aprecia en la bibliografía, parece no estar claro el efecto de la temperatura ambiental ni del clima en la incidencia de DFD, sin embargo la mayoría de los autores detectaron una relación con la época del año, ya sea por el clima más riguroso o por la menor calidad del alimento cuando son sistemas pastoriles.

### 3.4. TRANSPORTE Y TIEMPO DE ESPERA PRE-FAENA

#### 3.4.1. Tiempo de espera

El tiempo de espera es el tiempo que transcurre entre el arribo de la tropa al frigorífico y el momento de la faena, y es otro de los factores que inciden en la aparición de carnes DFD.

El tiempo de espera permite descansar al animal, recuperándose del viaje y adaptándose al nuevo ambiente, de este modo puede recuperar las concentraciones de glucógeno muscular (Wythes y Shorthose, 1984). Es importante destacar el tiempo que le lleva al músculo esa recuperación. Se necesitan entre 3 y 11 días para llegar a las concentraciones iniciales, dependiendo del sexo del animal, el mecanismo de deplección y la comida ofrecida en el período de recuperación (Mc Veigh y col, 1979, Lacourt y Tarrant, 1980, Mc Veigh y Tarrant, 1980, citados por Warriss, 1990). El descanso es efectivo cuando los animales no son perturbados por los ruidos y las actividades del frigorífico, si se dan estas condiciones las concentraciones de glucógeno muscular se recuperan y el pH final llega a 5.5 (Wythes y Shorthose, 1984). La evidencia sugiere que hay un pequeño efecto cuando los períodos de descanso son de más de 3 días (Shorthose y col., 1972). Tadich y col. (2003) encontraron que los valores de cortisol en novillos confinados en ayuno por 16 horas fueron mayores que los que estuvieron confinados durante 3 horas y Tadich y col. (2005) reportaron que el encierro aumentó los valores de cortisol en plasma y el hematocrito independientemente de la duración del transporte en novillos.

Cuando en este descanso se mezclan animales de diferentes orígenes las interacciones sociales no permiten una adecuada recuperación (Wythes y Shorthose, 1984). Warriss (1990) afirma que un largo encierro antes de la faena es de los efectos de manejo mejor definido.

El tiempo total que transcurre desde que se encierran los animales en el establecimiento hasta la faena parece afectar la calidad de la carne, en un estudio de 6400 animales la incidencia de pH alto aumentó a medida que el tiempo total aumentaba, cuando pasó menos de 1 día fue de un 6% pero fue de 10, 20 y 25% con 1, 2, y 5 días respectivamente (Shorthose, 1980, citado por Wythes y Shorthose, 1984). Por otro lado, son importantes las pérdidas que ocurren en la canal. Price (1981) encontró que la merma de la carcasa caliente fue de 10 g/Kg. de peso de embarque en toros jóvenes que ayunaron 72 horas y esta disminución fue de 54 g/Kg. cuando realizó el ayuno sin agua por el mismo tiempo. Sin embargo, Kirton y col. (1972) no encontraron disminución en el peso de la carcasa luego de 48 horas de ayuno.

Carr y col. (1971) compararon el efecto de la alimentación o ayuno en el predio hasta la faena, en el peso vivo y el rendimiento de la carcasa de 300 novillos de feedlot. Encontraron una reducción significativa del peso vivo de un 3.07, 4.15 y 5.77% en los que ayunaron por 24, 48 o 72 horas, respectivamente, y las mayores pérdidas ocurrieron en las primeras 24 horas. El peso de la carcasa caliente y fría fueron afectadas significativamente con el ayuno de 3 días, sin embargo el ayuno de 2 días no afectó el rendimiento de la carcasa. La carcasa fría de los novillos ayunados por 3 días pesaron significativamente menos que cualquiera de los otros grupos, pero el peso de la carcasa caliente solo difirió del grupo control y del grupo con alimentación por 3 días, lo que sugiere que este grupo ayunado tuvo mayor merma en el enfriado de la canal que los no ayunados. Concluyen que la ventaja económica de mantener los animales sin comida por 2 días antes de llevar los animales del feedlot a la faena es obvia, mientras no se negocie en base al peso vivo.

Shorthose y col. (1972) compararon el descanso de novillos alimentados por 2 o 4 días con disponibilidad de agua *ad libitum* en el frigorífico, luego de un viaje largo (322 Km. en camión, seguido por 42 horas en tren) en el cual los animales ayunaron 4 días. El pH<sub>24</sub> en el LD fue significativamente mayor en el grupo que esperó con comida y agua por 2 días comparado con los que esperaron por 4 días. Los porcentajes de animales con pH<sub>24</sub> en el LD por debajo de 5.8 fueron significativamente mayores para los grupos que descansaron por 4 días (90 y 95%) comparado con los que descansaron 2 días (60%, los que tenían solo agua y 50% los que tenían agua y comida). Con respecto a las propiedades mecánicas de la carne cocinada (65°C y 90°C) no encontraron diferencias significativas entre los diferentes tiempos de espera. La fuerza de corte (W-B) fue significativamente correlacionada con el pH final determinando una relación curvilínea con un pico a un pH de 6. Los porcentajes de pérdida por cocinado no difirieron significativamente entre los grupos. Concluyen que el aumento del tiempo de espera en el matadero disminuyó el pH<sub>24</sub> del LD y no se encontraron diferencias en las propiedades mecánicas de la carne, ni en las pérdidas por cocinado. Afirman que el efecto de aumentar el tiempo de espera en frigorífico en las propiedades de la carne luego de un viaje largo depende de las condiciones de los animales previo al transporte, las condiciones del transporte, el consumo de alimento y las condiciones de descanso del tiempo de espera. Algo similar encontraron Wythes y col. (1980) detectaron una pequeña pero significativa reducción en el pH del LD en los animales que descansaron 2 días con agua comparados con los que descansaron 1 día previo a la faena luego de un viaje largo (1420 Km.).

Wythes y col. (1984) utilizaron 152 bueyes engordados a pasto para comparar el efecto de la alimentación en frigorífico en los atributos de la carcasa y el pH muscular. Dos grupos se mantuvieron en ayuno, de los cuales faenaron uno a los 3 días de estar en el frigorífico, mientras que al otro grupo se lo faenó a los 5 días junto a los otros dos grupos alimentados (con 3 y con 10 Kg. de heno por día). Los tratamientos no afectaron significativamente el pH del LD. Señalan que pueden ocurrir pérdidas sustanciales en el peso de la carcasa cuando el ganado está por más de 2 días en la planta de faena (aunque solo les dio una tendencia,  $p=0.055$ ). Aunque las diferencias en el peso de la carcasa no difirieron significativamente, los autores sugieren que alimentar en el tiempo de espera es una ventaja porque vieron una fuerte tendencia a aumentar el peso de la

carcasa a medida que aumentaba el nivel de alimentación, reflejando una reducción en el catabolismo tisular.

Jones y col. (1990), trabajando con novillos de feedlot de 493 Kg. de peso y una edad de 15 meses, vieron que diferentes tiempos de ayuno (0, 12, 24, 36 y 48 horas) en el establecimiento previos a la faena no influyeron sobre el pH en el LD, ni a los 45 minutos ni a las 24 horas post-mortem, obteniendo sólo una tendencia a aumentar a mayor período de ayuno. Las pérdidas de peso vivo fueron mayores a medida que aumentaba el tiempo de ayuno, notándose una disminución del peso de muchos órganos. Las pérdidas de peso de la carcasa caliente eran mayores significativamente ( $p < 0.05$ ) a partir de las 24 horas que se les sacó el agua y la comida, obtuvieron una disminución de 17.5 y 36.8 g/Kg. con 12 y 36 horas de espera, respectivamente. Se necesitaría más tiempo para que ocurran las mismas pérdidas cuando se les da sólo agua. Al haber realizado el ayuno sin agua, atribuyen a la deshidratación la menor merma por frío ocurrida en los grupos ayunados comparados con el grupo faenado inmediatamente a la llegada al frigorífico tras 4 horas de viaje. El valor de la fuerza de corte aumentó en 1.4 Kg. en los grupos con 36 y 48 horas de ayuno comparado con el que tuvo 12 horas. Finalmente concluyen que los animales mantenidos por 24 horas o más sin comida y agua no solo hará disminuir el peso de la carcasa, sino que también producirá una carne más dura comparado con animales sin esa restricción.

Flores y Rosmini (1993) evaluaron el efecto de 24 y 48 horas de espera pre-faena sin comida en la evolución del pH muscular en varios momentos post-mortem y la glicemia en el momento del desangrado de 64 novillos Holando de 180 Kg. Como se aprecia en el Cuadro V, los bovinos con menor tiempo de espera manifestaron un descenso del pH más cercano al normal, con una tasa de disminución más lenta, habiendo diferencias significativas entre el  $pH_{12}$  y  $pH_{24}$ , lo que indicó que aún sigue bajando el pH. En cambio los bovinos con más tiempo de espera presentaron un descenso más brusco a partir de  $pH_1$ , pero el  $pH_{12}$  y  $pH_{24}$  no difirieron estadísticamente entre si, lo que indicaría que la disminución del pH de la carne finalizó en este grupo. Además, encontraron una alta correlación entre el valor de glucosa en sangre en el momento del sacrificio y los valores de pH. Los autores concluyeron que el tiempo de espera antes del sacrificio produce un estado de estrés que influye sobre el proceso de maduración de la carne.

Cuadro V. Evolución del pH de la carne y glicemia de bovinos faenados con diferentes tiempos de espera.

Tiempo de espera (horas)	Medición del pH Horas post-faena					Glucosa mmol/L
	0	1	6	12	24	
24	6,84 <sup>a</sup>	6,57 <sup>a</sup>	6,04 <sup>a</sup>	5,78 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	4,8
48	6,93 <sup>a</sup>	6,51 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	5,57	3,3
Diferencia	0,09 <sup>c</sup>	0,06	0,07	0,18 <sup>b</sup>	0,11 <sup>b</sup>	1,5 <sup>b</sup>

Fuente: Flores y Rosmini, 1993.

a: diferencia en igual línea,  $p < 0,001$

b: diferencia en igual columna,  $p < 0,001$

c: diferencia en igual columna,  $p < 0,003$

En un relevamiento en frigorífico, Soares de Lima y Xavier (1997) reportaron un efecto significativo del tiempo de espera sobre el pH a las 24 horas. Los animales que fueron faenados con menor tiempo de espera (12 horas), presentaron valores de pH<sub>24</sub> significativamente más bajos respecto a los grupos que esperaron 36 o 60 horas. Por otro lado, Hargreaves y col. (2004), también realizaron monitoreos en plantas de faena. De 5067 animales muestreados, encontraron un mayor porcentaje de reprobación ( $p < 0,05$ ) por pH  $\geq 5,9$  en las canales provenientes de animales que esperaron más de un día en los corrales de descanso para ser faenados; señalan que el animal pierde gran parte de sus reservas de glucógeno debido a los factores de estrés que se van sumando en los momentos que el animal debería estar descansando en el corral previo a ser sacrificado.

En general la mayoría de los autores referidos afirman que a mayor tiempo de ayuno disminuye el peso de la canal caliente, ya sea en un encierro en el predio (Carr y col., 1971; Jones y col., 1990) o en los corrales de espera en frigorífico (Wythes y col., 1980; Wythes y col., 1984; Soares de Lima y Xavier, 1997; Hargreaves y col., 2004). Esta merma está comprendida entre 10.0 y 40.0 g/Kg. de peso de embarque con tiempos de espera de 12 a 72 horas. Sin embargo, algunos autores no encontraron efecto del ayuno en el peso de la canal caliente (Kirton y col., 1972; Kauflin y col. 1969, citado por Warriss, 1990). Tanto Carr y col. (1971) como Jones y col. (1990) atribuyen las menores pérdidas por frío de la canal a la deshidratación sufrida por los animales que esperaron por más tiempo encerrados.

Soares de Lima y Xavier (1997) y Hargreaves y col. (2004) obtuvieron mayores valores de pH a medida que aumentaba el tiempo de espera en planta. Por otro lado, Wythes y col. (1980) y Flores y Rosmini (1993) encontraron una disminución significativa del pH en los animales que esperaron más tiempo en frigorífico, mientras Wythes y col. (1984) y Jones y col. (1990) no detectaron diferencias.

Shorthose y col. (1972) no encontraron efecto significativo de los tiempos de espera en la termeza ni en las pérdidas por cocinado de la carne; sin embargo Jones y

col. (1990) detectaron un aumento de la fuerza de corte en 1.4 Kg. en los grupos que tuvieron más tiempo de ayuno.

### **3.4.2. Transporte**

Durante el transporte los animales son sujetos a varios factores estresantes. Son extraídos de su ambiente, cargados y descargados de los vehículos, el transporte en sí mismo, y son encerrados en corrales de espera. Además son expuestos a factores como ruidos y olores no familiares, privados de comida y agua, vibraciones y cambios de aceleración, temperaturas extremas, reagrupamiento social, confinamiento y sobrepoblación (Warriss, 1990; Schaefer y col. 1997). Estos factores estresantes frecuentemente afectan las respuestas de comportamiento y fisiológicas en los animales, algunas de las cuales si son extremas contribuyen a reducir la calidad de la carne y la carcasa (Warriss, 1990; Tarrant, 1990; Knowles, 1999). Kenny y Tarrant (1987), confirmaron estrés del transporte mediante observaciones del comportamiento de los animales. Ellos señalan que al inicio del viaje los animales están ansiosos e inquietos, orinan y defecan más frecuentemente, pero a medida que se acostumbran al nuevo ambiente y hay un nuevo reagrupamiento social las interacciones iniciales disminuyen gradualmente, en cambio la frecuencia de orina y los niveles de cortisol aumentan a medida que transcurre el transporte.

El confinamiento necesario asociado con el transporte es por si mismo estresante porque es imposible mantener la distancia preferida entre los animales, la cual cuando es violada puede constituir en un comportamiento agresivo (Warriss, 1990).

El ganado puede ser transportado a través de varios medios, pero a nivel comercial la mayoría es realizada por ruta en camión (Tarrant, 1990; Knowles, 1999) al igual que en nuestro país.

#### **3.4.2.1. Pérdidas durante el transporte**

Las pérdidas económicas más importantes resultan cuando un animal muere durante el transporte o cuando hay pérdidas en el peso de la carcasa si esta es dañada a través del machucamiento, necesitando remover el tejido dañado (Warriss, 1990; Tarrant, 1990). El machucamiento de la carcasa puede ocurrir en cualquier punto de la cadena de venta, desde el manejo en el campo, el transporte hasta el momento del noqueo, siempre antes de la exanguinación. Warriss (1990) dice que generalmente largos tiempos de venta están asociados con mayor cantidad de machucos. Además durante el embarque y desembarque puede haber sobrepoblación y los animales caerse particularmente con pisos resbaladizos, podría también haber uso excesivo de palos por el personal y bajas o altas densidades de carga pueden ser un problema cuando el camión se mueve.

Un alto porcentaje del ganado es vendido a través de ferias, proceso el cual extiende el tiempo de transporte y multiplica el número de ocasiones que el ganado es estresado. Mc Nally y Warriss (1996) encontraron más machucamiento en el ganado proveniente de ferias y afirman que la extensión del machucamiento aumenta con la distancia viajada y con el tiempo de encierro en corrales; también encontraron una correlación positiva entre el aumento del machucamiento y el aumento del pH final del músculo.

En Uruguay se evaluó la incidencia de machucamiento en 20877 animales faenados. Los resultados demostraron que el 60.44% de las canales presentaron algún tipo de machucamiento y en promedio se observaron 1.38 machucones por canal. El 41.4% del total de los machucamientos que registraron fue del tipo mayor (implica remoción de tejido, afectando el producto final) y el 58.6% del tipo menor (implican una mínima remoción de tejido sin afectar el producto final) y de acuerdo a esto estimaron que se pierden U\$S 1.02 por animal faenado debido al machucamiento (INIA, INAC, CSU, 2003).

#### 3.4.2.2. Estrés en el transporte

Para cuantificar el estrés en los animales los investigadores utilizan indicadores de comportamientos fisiológicos y patológicos. La mayor información se encuentra en la respuesta fisiológica que concierne la respuesta del eje hipotálamo-pituitario-adrenal y el sistema simpático-adreno-medular. Las respuestas fisiológicas que ocurren durante el transporte son aumentos en la frecuencia cardíaca y respiratoria y de la temperatura rectal. Aumentan los niveles circulantes de cortisol, reflejando la estimulación del eje pituitario-adrenal; las concentraciones de glucosa y ácidos grasos libres en plasma aumentan probablemente en respuesta a las catecolaminas producidas por la activación del sistema simpático-adrenal. Las concentraciones de enzimas normalmente restringidas o encontradas en altas concentraciones solamente en la musculatura, como la creatin fosfoquinasa (CPK) y lactato deshidrogenasa, aumentan frecuentemente como resultado de la actividad física asociada con el transporte (Mitchell y col., 1988; Warriss, 1990; Tarrant, 1990). También ocurre la elevación del recuento de células blancas (aumento de los neutrófilos y disminución de los eosinófilos, linfocitos y monocitos) y la reducción de inmunoglobulinas séricas. Cambios en la proteína total e iones inorgánicos, que pueden reflejar cambios en la hidratación, determinando hemoconcentración que junto con la contracción esplénica puede aumentar el hematocrito (Leach, 1981, citado por Warris, 1990).

#### 3.4.2.3. Pérdida de peso

Cuando el ganado es juntado, transportado, manejado, etc. sin acceso a comida o agua pierde peso, esta pérdida a su vez está afectada por varios factores y condiciones.

Durante el transporte ocurren dos tipos de mermas. El vaciado del contenido intestinal y pérdida de orina ("desbaste"), y la merma de tejidos que es una disminución en el peso de la carcasa y otros tejidos. Este tipo de merma es recuperado en un corto

período de tiempo luego que el consumo de alimento y agua vuelven a lo normal. La mayor pérdida de peso que ocurre es debida al desbaste. La merma del tejido es primariamente el resultado de la pérdida de fluidos extra e intracelular y está asociada generalmente con largos períodos sin comida y agua, que generalmente ocurren en viajes largos. Estos dos tipos de merma probablemente no ocurren independientemente, el desbaste ocurre primero pero a medida que pasa el tiempo la merma de tejido explica el aumento en la pérdida de peso. Demora más tiempo recuperar la merma de tejido que el desbaste (Barnes y col., 2005). Según Dantzer y Mormede (1970) éstas pérdidas de peso varían entre 1.5% y 8% del peso de partida en cerdos y bovinos.

Los factores que afectan la merma son el tipo de alimentación, el hacinamiento, las condiciones y largo del transporte. Por ejemplo, el consumo de pastura de alta calidad tiene mayor digestibilidad y rapidez del tránsito intestinal con lo que se pierde peso más rápidamente (Castro y Robaina, 2004).

La distancia y el tiempo de transporte son factores de importancia, siendo el tiempo el de mayor influencia en la merma, pero sin embargo se puede esperar alrededor de un 2 % más de merma cuando el ganado es transportado si se lo compara con un lote encerrado sin agua por el mismo tiempo. La mayor pérdida de peso ocurre durante las primeras horas de transporte y luego aumenta gradualmente; se perderá aproximadamente el 1 % del peso vivo por hora en las primeras 3-4 horas y luego 0.25% en las 8-10 horas siguientes (Barnes y col., 2005).

#### 3.4.2.4. Densidad de carga

Hay autores que consideran a la densidad de carga (Kg. de peso vivo/m<sup>2</sup> de jaula) como un factor importante a tener en cuenta en el transporte de ganado en vehículos. La densidad de carga usada en la práctica depende de muchas variables como tamaño, edad y tipo de animal, si el ganado va a faena o no, la distancia a recorrer, el tipo de camión y la temperatura ambiente. El Farm Animal Welfare Council (FAWC) de Inglaterra, recomienda como un valor guía máximo 360 Kg./m<sup>2</sup> para ganado adulto (Knowles, 1999). Tarrant (1988), Tarrant y col. (1988) y Tarrant (1990) señalan que la alta densidad de carga inhibe el movimiento e inhabilita a los animales para que adopten la orientación preferida en el camión con una mayor predisposición a caídas, que se refleja en un aumento del machucamiento de la carcasa, por lo que ellos aceptan una densidad moderada de 400 Kg./m<sup>2</sup> para evitar este peligro. Gallo y col. (2000), por otro lado mencionaron que el mínimo de disponibilidad de espacio señalado en el reglamento de transporte de ganado bovino en Chile es de 500 Kg./m<sup>2</sup>, pero creen que debería disponerse de más de 1 m<sup>2</sup> cada 500 Kg. de peso vivo en viajes de más de 12 horas, ya que vieron que los animales viajaban muy apretados.

Tarrant y col. (1988), midieron la respuesta de novillos al transporte por ruta con baja, media y alta densidad de carga (200, 300 y 600 Kg./m<sup>2</sup>). Vieron que el cortisol, la glucosa, CK en plasma y el machucamiento de la carcasa aumentaron con el aumento de la densidad de carga. La densidad de carga influyó en la orientación de los animales en el camión; a baja densidad preferían estar en forma paralela a la dirección del

camión, con alta densidad se asociaron muchas pérdidas de balance con caídas de los animales y observaron un efecto dominó, cuando un animal caía, éste hacía caer a los demás. Los comportamientos exploratorios y sexuales se vieron inhibidos con alta densidad, con la excepción de montas y empujones que se vieron aumentados en frecuencia a medida que se aumentaba la densidad. Concluyeron que la alta densidad de carga afecta negativamente el bienestar animal y disminuye la calidad de la carcasa, aumentando el grado de machucamiento, cuando es comparada con una densidad media o baja. Por otro lado notaron que las pérdidas de balance estaban explicadas por los eventos de manejo principalmente las frenadas y curvas.

Como se puede apreciar la mayoría de la bibliografía consultada demuestra mediante indicadores sanguíneos de estrés que durante el transporte el ganado es estresado. Pueden ocurrir pérdidas económicas importantes como menor calidad de las carcasas (machucamientos, pérdida de peso, etc.) o incluso la muerte de animales. La pérdida de peso es debida fundamentalmente al desbaste (contenido intestinal y orina) y depende fundamentalmente de la dieta y del tiempo de transporte. La pérdida no es lineal en el tiempo, la mayor parte ocurre en las primeras horas y luego aumenta gradualmente. Es importante tener en cuenta la densidad de carga ya que altas densidades están asociadas a disminución en la calidad de la carcasa y perjudican el bienestar animal.

#### 3.4.2.5. Tiempo de transporte

Largos tiempos de transporte causan una elevación del pH de la carne (Wythes y col., 1981; Tarrant, 1988). Según Tarrant (1988) el transporte corto (4 horas) por ruta no afecta el pH final de la carne, excepto cuando ocurren traumas, como por ejemplo la caída de un animal al piso debido a una alta densidad de carga. Señala, que cuando esto sucedió aumentó el machucamiento y los cortes oscuros como una consecuencia; mientras que el tiempo de transporte largo resultó en pequeños aumentos en el pH final. Esto puede ser revertido por un descanso y alimentación previa a la faena (Shorthose y col., 1972; Wythes y col., 1981).

María (2005) comparó tres tiempos de transporte cortos (30 minutos, 3 y 6 horas) en novillos, registró valores de pH que variaron desde 5.52 a 5.78, todos los valores hallados estaban por debajo de 5.8. Los valores de terneza que halló mediante Warner-Bratzler no fueron influenciados significativamente por el tiempo de transporte y variaron entre 4.63 y 5.59 Kg. a los 7 días de maduración.

En dos ensayos realizados en Chile, uno en primavera-verano (PV; n=68) y otro en otoño-invierno (OI; n=71), Gallo y col. (2000) estudiaron el efecto de cuatro tiempos de transporte (3, 6, 12 y 24 horas) al frigorífico en novillos de 465 Kg. Encontraron que las pérdidas de peso durante el transporte fueron crecientes y significativas entre tratamientos a medida que aumentaban las horas de viaje en PV (Cuadro VI); en tanto en OI este efecto no fue lineal; el grupo transportado por 3 horas tuvo una pérdida de peso mayor que el de 6 horas y similar al de 12 horas. En ambos experimentos el mayor número de contusiones se presentó en el grupo con 24 horas de transporte. El mayor número de canales con pH<sub>24</sub> superior a 5.8 (n=8) lo encontraron en el grupo de



24 horas de transporte en OI, en tanto en PV en el grupo de 3 horas fue en el que obtuvieron más canales con pH superior a 5.8 (n=7). Los autores atribuyen los resultados del grupo de 3 horas en PV a que presentó contratiempos debido a que la ruta elegida estaba en reparación el día del experimento por lo cual tuvieron que detener varias veces el camión y observaron intranquilidad de los animales dentro del mismo. Concluyen que el transporte de novillos por 24 horas en camión provoca mayores pérdidas de peso vivo, mayor presentación de contusiones y más caídas de animales durante el viaje, que el transporte por menor tiempo; mientras que los resultados para pH indican que tanto los viajes prolongados como los viajes cortos pueden provocar aumentos del pH final de la carne dependiendo de las condiciones particulares de cada viaje.

Cuadro VI. Pérdidas de peso (%), pH<sub>24</sub>, proporción de canales con pH ≥ 5.8 y número de cortes oscuros por apreciación visual en las canales de los novillos sometidos a diferentes tiempos de transporte previo al sacrificio en los experimentos de otoño-invierno (OI) y primavera-verano (PV).

OI	3	6.5 <sup>a</sup>	5.55 <sup>a</sup>	0	0
	6	5.0 <sup>b</sup>	5.65 <sup>a</sup>	16.7	0
	12	6.0 <sup>a</sup>	5.61 <sup>a</sup>	5.6	0
	24	10.5 <sup>c</sup>	5.79 <sup>b</sup>	47.1	3
PV	3	4.6 <sup>a</sup>	5.91 <sup>a</sup>	41.2	6
	6	7.3 <sup>b</sup>	5.63 <sup>b</sup>	17.7	1
	12	8.9 <sup>c</sup>	5.59 <sup>b</sup>	5.9	1
	24	11.9 <sup>d</sup>	5.67 <sup>b</sup>	23.5	2

Letras distintas en una columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

Fuente: modificado de Gallo y col. (2000).

Gallo y col. (2001) evaluaron el efecto de un viaje largo (36 horas) en bovinos. Utilizaron 2 grupos de animales (10 novillos y 10 vaquillonas cada uno). Un grupo viajó las 36 horas seguidas, mientras que el otro grupo viajó 24, descansó 8 con agua y heno, y luego viajó 12 más para completar las 36 horas del viaje. De las observaciones que realizaron en el camión vieron que 3 animales cayeron durante el transporte del grupo sin descanso, pudiendo ya indicar que es más agotador viajar por 36 horas seguidas. Observaron que los animales del grupo con descanso, inmediatamente de ser bajados a realizar el mismo, bebieron agua y vieron que a la llegada del frigorífico tuvieron menor promedio de hematocrito que el grupo sin descanso. Las pérdidas de peso vivo (10.1 y 9.7%) para los grupos sin y con descanso, respectivamente, no fueron diferentes estadísticamente y tampoco obtuvieron diferencias significativas en la merma total de peso vivo (durante el transporte y la espera en el matadero) a pesar de que el grupo sin descanso tuvo una leve recuperación del peso durante la espera de 12 horas previo a la faena. El descanso no tuvo efecto en el peso de la canal caliente ni en el rendimiento de la canal. En ambos tratamientos tuvieron alta incidencia (60%) de canales con algún grado de machucamiento, pero los del grupo sin descanso fueron de mayor grado. Los promedios de pH y color fueron similares en los animales con y sin

descanso ( $P > 0.05$ ) y ambos grupos tuvieron 40% de pH igual o superior a 5.8; sin embargo, en los bovinos sin descanso registraron un mayor número de canales con pH mayor a 6.0 y determinaron la presencia de 3 canales con características de "corte oscuro" a la vista, que les indicó que la respuesta de los animales frente al estrés del transporte prolongado sin descanso es muy variable, habiendo animales que soportan el estrés y mantienen pH normales, mientras que en otros se afecta fuertemente la homeostasis, terminando con valores de pH post-mortem muy elevados. Si bien en ambos tratamientos obtuvieron promedios de pH que reflejaron un elevado estrés, concluyeron que el recibir un descanso después de 24 horas de viaje continuo, aminoró las manifestaciones más evidentes de este estrés, como la aparición de carnes de corte oscuro y la cantidad de canales que presentaron pH mayor a 6.0; y que parecería recomendable, tanto desde el punto de vista del bienestar animal como de la calidad de la carne evitar el transporte de bovinos destinados a faena por períodos tan prolongados como 36 horas y acortar los tiempos de transporte máximo, a menos de 24 horas. Concluyen también que cuando el transporte prolongado es inevitable, el descanso luego de 24 horas de viaje, tiene un efecto benéfico en términos de reducir las caídas de los animales, disminuir la presentación de contusiones, de pH elevados y de cortes oscuros.

Tadich y col. (2000) realizaron un ensayo con el objetivo de determinar el efecto de 36 horas de transporte con y sin descanso de 8 horas, sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés. Emplearon 40 novillos y vaquillonas cruzas Angus y Hereford, DL y 2D de edad y 400 Kg. promedio. Todos los parámetros aumentaron significativamente al final del viaje con respecto a los valores basales que obtuvieron en el predio para ambos grupos. Vieron que al llegar a la planta de faena el grupo sin descanso tuvo significativamente mayores valores de volumen globular aglomerado (VGA) y de CK; y el grupo con descanso tuvo mayores niveles significativos de  $\beta$ -hidroxibutirato ( $\beta$ -HBA). En el degüelle vieron que el grupo sin descanso tuvo significativamente mayores niveles de cortisol,  $\beta$ -HBA y CK, mientras que el grupo con descanso tuvo mayores valores significativos de glucosa y no tuvieron diferencias en el VGA. Concluyen que transportes prolongados (36 horas) con o sin descanso provocan estrés, reflejado en el aumento significativo de las concentraciones plasmáticas de las variables sanguíneas entre el predio y el frigorífico y el momento de la sangría, y que por lo tanto conspiran contra el bienestar animal y deberían ser evitados.

En un estudio Tadich y col. (2003) determinaron el efecto del ayuno en bovinos (ya sea en confinamiento o con transporte terrestre en camión), sobre las concentraciones plasmáticas de las variables indicadoras de estrés. Realizaron un experimento en invierno y otro en primavera. Utilizaron 120 novillos Holando DL y 2 D de 450 Kg. de peso vivo. Mantuvieron confinado un grupo en el predio (sin agua ni comida) por 3 horas y otro por 16 horas (confinamiento 3 y 16 h), mientras los otros 2 grupos fueron transportados por el mismo tiempo (transporte 3 y 16 h). Observaron que los novillos transportados por 3 h y el grupo confinado por 16 h tuvieron concentraciones de cortisol significativamente más altas que antes del tratamiento. El VGA varió significativamente, disminuyó en los novillos confinados por 3 h y aumentó en los novillos transportados por 3 y 16 h. El recuento de leucocitos no mostró un patrón consistente pero aumentó en los transportados por 3 y 16 h. Las concentraciones de

glucosa aumentaron significativamente en todos los tratamientos, pero los animales transportados fueron los que tuvieron niveles significativamente más altos. Obtuvieron concentraciones significativamente menores de  $\beta$ -HBA en los animales ayunados por 16 h (tanto confinados como sometidos a transporte) comparados con los demás grupos y con los valores pretransporte. Los novillos confinados y los transportados por 3 h mostraron actividad plasmática de CK significativamente superior a los valores pretransporte. Concluyeron que en general el transporte asociado al ayuno produjo mayores aumentos de las concentraciones sanguíneas de cortisol, VGA, leucocitos y glucosa, siendo más estresante que el confinamiento en ayuno. Por otro lado, tanto el cortisol como los leucocitos, tienden a aumentar rápidamente en las primeras horas de transporte para luego disminuir.

Warriss y col. (1995) transportaron 24 novillos de feedlot para medir el efecto de la duración del viaje en el peso vivo y en los parámetros sanguíneos. Las pérdidas de peso vivo que obtuvieron fueron diferentes significativamente (4.6, 6.5 y 7.0%, para 5, 10 o 15 horas de transporte, respectivamente). Señalan que los niveles de cortisol indicaron que el transporte fue estresante (incluso el de 5 horas) para el ganado, por lo menos durante el embarque y en los primeros estadios del viaje, luego disminuyó por el resto del viaje a medida que los animales se fueron acostumbrando al transporte. Obtuvieron un aumento de la actividad de CPK en todos los grupos en proporción al tiempo de transporte. Por otro lado, el aumento de la albúmina, proteínas totales en plasma y osmolaridad les sugirieron una progresiva deshidratación durante el viaje, que vieron que se recuperó al otro día de tener los animales acceso al agua. Los autores concluyen que un período de transporte de 15 horas bajo buenas condiciones es aceptable desde el punto de vista del bienestar animal si están con buen estado de alimentación, ya que el momento más estresante fue el embarque y los primeros kilómetros de viaje; y que la diferencia de tiempo entre 10 y 15 horas no aumentó mucho más el estrés sufrido.

Wythes y col. (1981) realizaron un ensayo para comparar lotes de vacas que viajaban largas distancias en tren con lotes que esperaban encerradas cerca del frigorífico por el mismo tiempo. Vieron que el transporte por sí sólo no tuvo efecto en el peso de la carcasa, ya que el ganado encerrado cerca del frigorífico por 5 días tuvo el mismo peso de la carcasa que aquellos que viajaron durante ese tiempo, y deducen que el tiempo entre la juntada del ganado en el establecimiento y la faena es más importante que la distancia recorrida. En este ensayo la fatiga inducida por el viaje presumiblemente explicó el pH más alto en las vacas transportadas 870 y 2055 Km. vs 460 Km. Un grupo que no le dieron agua previo a la faena resultó en carcasas más livianas, y explican que se debería a la deshidratación. En cuanto a calidad de la carne atribuyen al transporte como el factor más importante debido a su influencia en el pH muscular.

Batista de Deus y col. (1999) también reportaron efecto de la distancia de transporte sobre el pH final de la carne. Usando novillos Aberdeen Angus de 3.5 años y un peso de 380-450 Kg. criados en régimen extensivo, obtuvieron diferencias significativas en las medias de pH a las 24 horas post-mortem en función de la distancia recorrida; los resultados de pH fueron: 5.6 para 46 Km., 5.67 para 240 Km. y 5.78 para

468 Km. recorridos, siendo diferentes significativamente todos los grupos. También los niveles de ácido láctico muscular a las 24 horas fueron diferentes significativamente entre los 3 grupos, siendo menor a mayor distancia de transporte. Concluyeron que largas distancias de transporte influyen significativamente en el metabolismo post-mortem de los bovinos, aumentando el pH final de la carne y disminuyendo el tenor de lactato muscular.

Con tiempos de transporte largos son mayores las pérdidas que se producen, ya sea por disminución en el peso vivo o en la calidad de la canal. Las pérdidas de peso vivo estuvieron comprendidas entre 4.6 y 7.3% para transportes de 3 a 15 horas de duración. Tanto Tadich y col. (2000) como Tadich y col. (2003) afirman que el transporte aumenta significativamente los parámetros sanguíneos indicadores de estrés por encima de los valores basales. El pH a las 24 horas post mortem difiere significativamente en los trabajos que utilizaron 46, 240 y 468 Km. de distancia recorrida (Batista de Deus y col., 1999); otros autores (Tarrant, 1988; Gallo y col., 2000; María, 2005) afirman que transportes cortos (de 3 a 12 horas) no afectan el pH de la carne, siendo menor a 5.8. María (2005) no encontró efecto del tiempo de transporte en la terneza de la carne.

### 3.4.3. Tiempo de transporte y tiempo de espera pre-faena

Bianchi y col. (2004) estudiaron el efecto del transporte en camión y el tiempo de espera en frigorífico sobre los niveles de cortisol plasmático y las características de la canal y de la carne de corderos pesados criados a pastoreo, utilizando 2 tiempos de transporte (2.5 y 13.5 horas) y 3 tiempos de espera (0, 9 y 21 horas). Independientemente de los tratamientos registraron un incremento significativo en los niveles de cortisol plasmático de los corderos desde el arribo de los animales al frigorífico, llegando al punto máximo en el momento del degüelle ( $77.1 \pm 3.9$  nmol/L). Las características de la canal y de la carne, como el pH<sub>24</sub>, la CRA, las pérdidas por cocción y el color no se vieron afectadas por los tratamientos; mientras que en la textura se registró un incremento con el tiempo de espera de 21 horas, aunque todos los valores registrados se consideran aceptables con una fuerza de corte  $\leq 5$  Kg. Concluyeron que los resultados en los niveles de cortisol sugieren que ni el tiempo de transporte ni la espera en frigorífico, suponen un compromiso serio para el bienestar animal, a menos que las condiciones de transporte no sean adecuadas. Así mismo en situaciones de buena alimentación durante la fase de engorde y terminación de corderos, tampoco las características de calidad de canal y carne resultarán afectadas, salvo que el ayuno previo al sacrificio sea muy prolongado.

Gallo y col. (2003) tuvieron efecto del tiempo de transporte y el tiempo de espera en frigorífico en un ensayo con 80 novillos de año y medio-2 años, de 450 Kg. de peso alimentados con pastura natural mejorada. Mantuvieron los grupos de 10 animales encerrados en planta durante 3, 6, 12 o 24 horas luego de ser transportados durante 3 o 16 horas. Encontraron efecto significativo del tiempo de transporte sobre el peso vivo; los novillos transportados 16 horas tuvieron 8.5 Kg. menos que los de 3 horas de transporte y a medida que aumentaba el tiempo de espera perdieron más peso (0.42 Kg. por cada hora de encierro;  $p=0.019$ ). Obtuvieron menor peso de la carcasa en los

grupos transportados 16 horas (3.03 Kg. menos comparado con el transporte de 3 horas ( $p=0.056$ )), y una tendencia a disminuir 0.10 Kg. por cada hora de encierro. El  $pH_{24}$  fue significativamente superior (0.236 unidades de pH más alto) en los animales de 36 horas de viaje; mientras que el tiempo de espera afectó significativamente ( $p=0.006$ ) el pH, en ambos grupos aumentó 0.013 por cada hora que se mantuvieron encerrados. Hubo también una asociación significativa entre el tiempo de espera y el número de carcasas con  $pH>5.8$ ; lo mismo sucedió para el tiempo de transporte. Los mayores tiempos de espera fueron asociados con un aumento de carcasas clasificadas como cortes oscuros, tanto por apreciación visual ( $p=0.013$ ) como por pH ( $p=0.048$ ); en cuanto al transporte tuvieron una asociación significativa entre el tiempo de transporte y las carcasas clasificadas por su pH ( $p=0.001$ ) pero no por apreciación visual ( $p=0.3$ ). No encontraron efecto de la interacción entre el tiempo de transporte y tiempo de espera para ninguna variable estudiada. Señalan que los resultados de este ensayo muestran una marcada disminución en la calidad de la carcasa producto del transporte largo, que fue a su vez afectada también por largos períodos de encierro; por lo que concluyeron que el aumento del pH muscular y las pérdidas de peso vivo indican que los largos viajes y los períodos de espera tienen efectos adversos, tanto económicos como en el bienestar animal.

Van de Water y col. (2003) estudiaron el efecto de la disposición de los terneros en el camión y otros aspectos del transporte de corta distancia en el bienestar de los animales y los parámetros de calidad de la carne. Utilizaron 158 terneros de 28 semanas de edad y 220 Kg. de peso promedio, transportados desde 12 establecimientos diferentes a la faena (tiempo promedio de transporte  $2.45 \pm 0.38$  horas). Demostraron que hubo un aumento de la frecuencia cardíaca de un 80% durante el embarque y de un 72% durante el desembarque de los animales y que se mantuvo un 38% más alta de lo normal durante el transporte ( $p<0.001$ ), además fue de un 3% más en los animales que viajaban en el compartimiento posterior del camión. El color de la carne de los terneros que viajaban por más tiempo resultó más oscura ( $p<0.01$ ). También encontraron una correlación positiva entre el tiempo de encierro (promedio  $28 \pm 27$  min.) en el frigorífico y la CK; afirman que es causado probablemente por las montas y topetazos en el encierro, lo que indica que este manejo es un período estresante en el cual los animales no se pueden recuperar del todo. Concluyen que estos resultados confirman que el transporte (embarque, transporte y desembarque más un nuevo ambiente) es un evento estresante para los terneros, incluso si es un viaje corto.

Knowles y col. (1999) estudiaron los efectos de 14, 21, 26 y 31 horas de transporte con un descanso de una hora en el camión para beber luego de pasadas 14 horas de viaje. Utilizaron para el ensayo 120 novillos y vaquillonas de feedlot de 570 Kg. de peso vivo. Al llegar a frigorífico sometieron los animales a 72 horas de espera pre-faena con agua y heno. No encontraron diferencias en los valores de pH entre tratamientos, ni de estos comparados con el control. Los valores fisiológicos indicaron que una jornada de 31 horas no fue demasiada exigencia física, pero muchos animales escogieron echarse después de aproximadamente 24 horas presentando niveles de cortisol más alto que los que seguían aún en pie. El 42% de los animales no bebieron durante el descanso en el camión y la pérdida de peso vivo durante el transporte fue

similar en todos los tratamientos (7%), aunque tendió a ser mayor la pérdida a mayor duración del viaje. Obtuvieron un aumento significativo en la actividad de CK en todos los tratamientos. Después de las 72 horas de descansar con agua y heno en frigorífico recuperaron peso, el que fue aproximadamente un 1% por debajo del peso pre-transporte. El cortisol aumentó en las primeras 12 h de descanso en todos los grupos transportados y luego disminuyó hacia el final de las 72 h de descanso. Concluyeron que el viaje de 24 horas como máximo es más apropiado que el de 31 horas; el descanso en el camión como el que se realizó en este estudio no sirve para el propósito que se busca y el descanso por 24 horas en frigorífico es adecuado para la recuperación de los animales después de un viaje de 14 a 31 horas. Como observaron que luego de 24 h de viaje los animales se comenzaban a echar, sugieren que si el ganado va a seguir viajando más de 24 horas se debería hacer un encierro con comida y agua por un período de 24 horas antes de completar el transporte.

Jones y col. (1988) evaluaron el efecto que causaba el ayuno pre-faena, la mezcla de animales no familiares y el transporte por 320 km. Utilizaron 50 animales Hereford (30 machos y 20 hembras) engordados con dieta en base a granos. Obtuvieron menores pesos de carcasa; afirman que las pérdidas de peso de la carcasa ocurren entre las 48 y 72 horas de ayuno, éstas probablemente incluyen la pérdida de tejido graso y contenido de agua de los tejidos. La merma por frío fue mayor en el caso de los animales que tuvieron menos ayuno y no fueron transportados, atribuyen que esto se deba a que este grupo tuvo menor pérdida de humedad de los tejidos con respecto a los otros grupos. Por otro lado, tanto el ayuno como el transporte, tienen menor importancia en la calidad de la carne, ninguno afectó el pH a los 45 minutos o a las 24 horas. La fuerza de corte fue mayor (1.5 Kg.) y el color de la carne fue un poco más oscuro en el grupo que fue mezclado con otros animales, que fue transportado y ayunó en total por 72 horas. Finalmente concluyen que estos procedimientos para la comercialización del ganado producen un gran efecto en el rendimiento de la carcasa y un menor efecto en la calidad de la carne.

Como se puede apreciar, tiempos de transporte muy prolongados afectan la calidad de la canal y las pérdidas de peso vivo, como en el trabajo de Gallo y col. (2003), quienes reportaron una disminución del peso de la canal caliente con 16 horas de viaje. Sin embargo, algunos trabajos con transportes cortos no encontraron diferencias.

Con respecto al tiempo de espera en frigorífico en ayuno, se han encontrado efectos sobre la cantidad y calidad de la canal. Gallo y col. (2003) encontraron una tendencia a disminuir el peso de la canal caliente (0.10 Kg. por cada hora de encierro) y Jones y col. (1988) también reportaron efecto de 48 y 72 horas de ayuno pre-faena en el peso de la canal, así como también en el pH de la canal a las 24 horas post-mortem. Además, con mayores tiempos de espera puede estar afectada la textura de la carne.

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. LUGAR Y FECHA DE REALIZACION**

El presente trabajo se llevó a cabo en agosto del año 2003, en un predio perteneciente a la Caja Notarial de Pensiones y Jubilaciones, ubicado en Ruta 90, km. 68, paraje Piedras Coloradas, 13ª seccional policial en el departamento de Paysandú.

### **4.2. ANIMALES**

Se utilizaron 72 vaquillonas cruza Hereford-Aberdeen Angus y Hereford-Salers, con un peso vivo de  $352 \pm 32$  Kg., entre 20 y 24 meses de edad, alimentadas en base a pradera convencional (*Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Rye grass*) y verdeo invernal (*Avena bizantina*).

### **4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los animales fueron identificados mediante caravanas plásticas numeradas correlativamente y fueron pesados individualmente 48 horas antes del embarque. Luego se estratificaron por peso vivo y grupo racial y se asignaron al azar a un diseño de arreglo factorial 2 x 3 (2 tiempos de transporte x 3 tiempos de espera pre-faena en frigorífico).

Los tiempos de transporte utilizados fueron 1.5 y 4.5 horas, transcurridas entre la salida del predio y la llegada al frigorífico. Los tiempos de espera pre-faena utilizados fueron 4, 16 y 40 horas. Como se muestra en la Figura V cada tratamiento consta de 2 repeticiones con 12 vaquillonas en cada uno.

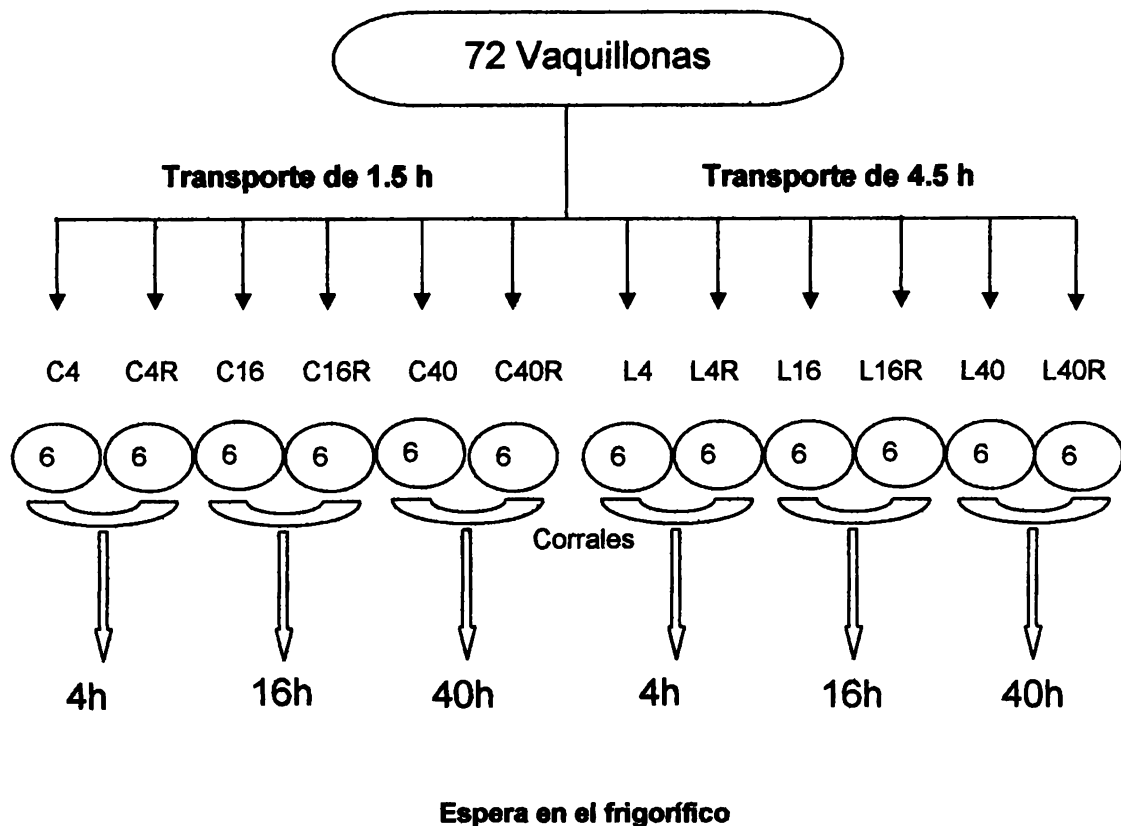


Figura V. Distribución de los grupos de vaquillonas para la realización de cada tratamiento.

#### 4.4. TRANSPORTE Y MANEJO

Los transportes se planificaron de tal manera, que los 2 camiones debiendo cumplir con el transporte largo, hicieron un recorrido de 3 horas sólo con 36 vaquillonas de dicho tratamiento, para luego volver al predio y embarcar las 36 vaquillonas del tratamiento de transporte corto, llevando la totalidad al frigorífico. Se cumplieron de esta manera las 4.5 horas de transporte largo y 1.5 horas de transporte corto. El transporte de ambos grupos se realizó sobre la misma ruta, recorriendo en los tiempos pre-establecidos alrededor de 100 y 300 Km., simulando las condiciones y manejos a que son sometidos los animales en transportes con fines comerciales en nuestro país.

#### 4.5. MANEJO EN PLANTA Y FAENA

En el arribo a frigorífico se observó la llegada de los animales, e inmediatamente de arribadas fueron pesadas individualmente y ubicadas en corrales de descanso según tratamiento de tiempo de espera (12 vaquillonas por corral), durante el cual permanecieron en ayuno con agua a discreción. Los pesos de la canal caliente se



obtuvieron de los registros de la planta y de la canal fría se obtuvieron a las 24 horas post-mortem, mantenidas en cámara de frío forzado a 0-4°C.

Mediante el Sistema Oficial de Clasificación y Tipificación las canales fueron clasificadas como: "VQ-A" (VQ corresponde a la categoría Vaquillona, la misma comprende a los bovinos hembra con 0, 2 o 4 dientes incisivos permanentes que proporcionan una canal caliente de 150 Kg. de peso mínimo; para la conformación el sistema establece los tipos: I-N-A-C-U-R, que va desde un gran desarrollo muscular hasta su marcada carencia. En este caso la letra A corresponde a reses que guardan una adecuada relación carne-hueso y sus líneas, siendo armónicas, aparecen como algo deprimidas, o menos voluminosas que los tipos "I" y "N"). En cuanto al grado de terminación el sistema contempla los grados: 0-1-2-3-4, que indican la carencia total de grasa de cobertura hasta una cobertura excesiva. En este caso el 16% de las canales fueron terminación 1 y el 84% fueron terminación 2

Las faenas se realizaron en el Frigorífico Casa Blanca S.A. (Paysandú) mediante faena tradicional con los procedimientos habituales de la planta.

#### 4.6. ANALISIS DE CALIDAD DE CARNE

Las medidas de los parámetros de calidad de la carne analizados, fueron realizadas en el Laboratorio de Carne de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

##### 4.6.1. Determinación del pH a las 24 horas post-mortem

Se midió el pH de todas las canales a las 24 horas de faenado cada grupo en el músculo *longissimus dorsi*, entre la 10ª y 11ª costilla en la media canal izquierda a una temperatura de 0-4°C. Se utilizó un peachímetro portátil Cole-Parmer modelo 59002 con electrodo de penetración.

Se realizó el cálculo de probabilidad de encontrar canales con pH  $\geq 5.7$  a las 24 horas post-mortem en todos los tratamientos.

##### 4.6.2. Capacidad de retención de agua (CRA)

Para la medición de la CRA se utilizó el método de pérdida por compresión (Pla, 2000), de una muestra del *longissimus dorsi* entre 10ª y 11ª costilla extraída a las 24 horas post-mortem.

Utilizando una balanza electrónica de precisión (0.01 grs.) se pesaron 5 grs. de la muestra, machacada, libre de grasa y de tejido conjuntivo que se colocó entre dos papeles de filtro. La carne con los papeles de filtro se colocaron entre dos placas de vidrio, a las cuales se les aplicó una presión de 2250 g. durante 5 minutos. Luego se retiró la presión y se volvió a pesar sólo la carne.

La CRA se expresa en porcentaje de jugo expelido, calculándose como:  $100 - (\text{peso de la muestra post presión (grs.)} / \text{peso de la muestra antes de la presión (5 grs.)}) * 100$ .

#### 4.6.3. Pérdidas por cocción (PPC)

A través del cocinado es como ocurren las mayores pérdidas de agua de la carne. Según Offer y col. (1988), citados por Pla (2000), dichas pérdidas pueden superar el 40 %.

Se determinaron las PPC utilizando la técnica descrita por Pla (2000), de muestras del *longissimus dorsi* a la altura de la 10ª y 11ª costilla con 3 y 7 días de maduración.

Las muestras luego de maduradas fueron pesadas, envasadas en bolsas de nylon y selladas herméticamente manteniendo siempre la identificación. Luego se sometieron a cocción en baño maría a 75°C durante 45 minutos, para que la temperatura en el centro térmico de la pieza alcance 70°C. Al final de ese tiempo las muestras se sacaron del baño y se enfriaron en agua corriente. Después se extrajeron de las bolsas, se secaron para eliminar el jugo que permanecía adherido y se pesaron para obtener el peso post cocción.

Las PPC se expresan en porcentaje, siendo la diferencia entre el peso antes de la cocción y el peso luego de la cocción en relación al peso antes de la cocción.

#### 4.6.4. Terneza instrumental

Para la determinación de la textura se utilizó el método de Warner-Bratzler (método mecánico de corte o cizalla) descrito por Beltrán y Roncalés (2000), que mide la fuerza necesaria (Kg.) para cortar un cilindro de carne con una cuchilla de borde romo; cuanto mayor es la fuerza más dura es la carne.

Las muestras para determinar la terneza instrumental se obtuvieron del *longissimus dorsi* a la altura de la 10ª y 11ª costilla, con 3 y 7 días de maduración, las que fueron cocinadas a baño maría de 75°C. Después de enfriadas las muestras se procedió a cortar cilindros de forma paralela a las fibras musculares de 1.27 cm. de diámetro y 3-4 cm. de largo, que luego se cortaron perpendicularmente con cizalla Warner-Bratzler.

#### 4.7. MODELO ESTADÍSTICO

El efecto del largo de transporte sobre las pérdidas de peso vivo desde embarque hasta planta de faena, fue analizado usando un modelo lineal de la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \lambda_i + \varepsilon_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  es la variable dependiente "peso de faena"

$\mu$  es la media general

$\lambda_i$  es el efecto del i-ésimo largo de transporte

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (entre grupos de animales)

$\varepsilon_{ijk}$  es el error de muestreo (entre animales)

El efecto del largo de transporte sobre el peso a faena, fue analizado usando un modelo lineal de la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \lambda_i + \beta X_{ijk} + \varepsilon_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  es la variable dependiente "peso de faena"

$\mu$  es la media general

$\lambda_i$  es el efecto del i-ésimo largo de transporte

$\beta$  es el coeficiente de regresión de la covariable  $X_{ijk}$  (peso al embarque)

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (entre grupos de animales)

$\varepsilon_{ijk}$  es el error de muestreo (entre animales)

El efecto del largo de transporte y del tiempo de espera en planta sobre los pesos de canal caliente, fría, canal izquierda, pérdidas de peso vivo, y rendimiento a faena, fue analizado usando un modelo lineal que correspondió a un diseño en parcelas divididas con submuestreo con corrección por la covariable peso vivo al embarque. El mismo fue de la forma:

$$Y_{ijkl} = \mu + \lambda_i + \varepsilon_{ij} + \tau_k + (\lambda\tau)_{ik} + \beta X_{ijkl} + \varepsilon_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  es la variable dependiente: pesos y pérdidas luego de la faena

$\mu$  es la media general

$\lambda_i$  es el efecto del i-ésimo largo de transporte

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (entre grupos de animales de tratamiento largo de transporte)

$\tau_k$  es el efecto del k-ésimo tiempo de espera

$(\lambda\tau)_{ik}$  es la interacción entre largo de transporte y tiempo de espera

$\beta$  es el coeficiente de regresión de la covariable  $X_{ijkl}$  (peso al embarque)

$\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental (entre grupos de largo de transporte y tiempo de espera)

$\varepsilon_{ijkl}$  es el error de muestreo (entre animales)

El efecto del largo de transporte y del tiempo de espera en planta sobre los pesos, pérdidas en planta, fuerza de corte a los 3 y 7 días, pérdidas por cocción a los 3 y 7 días, capacidad de retención de agua y pH fue analizado usando un modelo lineal que correspondió a un diseño en parcelas divididas con submuestreo. El mismo fue de la forma:

$$Y_{ijkl} = \mu + \lambda_i + \varepsilon_{ij} + \tau_k + (\lambda\tau)_{ik} + \varepsilon_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  es la variable dependiente: pesos y pérdidas luego de la faena

$\mu$  es la media general

$\lambda_i$  es el efecto del i-ésimo largo de transporte

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (entre grupos de animales de tratamiento largo de transporte)

$\tau_k$  es el efecto del k-ésimo tiempo de espera

$(\lambda\tau)_{ik}$  es la interacción entre largo de transporte y tiempo de espera

$\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental (entre grupos de largo de transporte y tiempo de espera)

$\varepsilon_{ijkl}$  es el error de muestreo (entre animales)

El efecto del largo de transporte y del tiempo de espera en planta sobre la probabilidad de que los animales presenten valores de pH por encima de 5.7 fue analizada usando un modelo lineal generalizado de la forma:

$$\text{Ln}( p / (1-p) ) = \mu + \lambda_i + \tau_k + (\lambda\tau)_{ik}$$

Donde:

$p$  es la probabilidad de presencia de pH superiores a un mínimo

$\mu$  es la media general

$\lambda_i$  es el efecto del i-ésimo largo de transporte

$\tau_k$  es el efecto del k-ésimo tiempo de espera

$(\lambda\tau)_{ik}$  es la interacción entre largo de transporte y tiempo de espera

Todos los análisis estadísticos fueron efectuados con el paquete estadístico SAS versión 8.3 (SAS Institute Inc.,2000). En los análisis de varianza, las medias de los efectos significativos fueron separadas usando el test de Tukey.

## 5. RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en las interacciones de las variables largo de transporte y tiempo de espera en frigorífico, para ninguna de las características estudiadas.

### 5.1. PERDIDAS DE PESO VIVO DURANTE EL TRANSPORTE

Los resultados del Cuadro VII muestran que no hay diferencias significativas en las pérdidas de peso para las duraciones de transporte de 1.5 y 4.5 horas (22.0 Kg. y 25.0 Kg., respectivamente), evidenciándose una tendencia a una mayor pérdida de peso en el transporte de mayor duración (7.09% vs 6.24%).

Cuadro VII. Efecto del tiempo de transporte en la pérdida de peso vivo. (Media  $\pm$  error estándar).

1.5 h	352.2 <sup>a</sup>	330.2 $\pm$ 1.411 <sup>a</sup>	22.0 $\pm$ 1.504 <sup>a</sup>	6.24
4.5 h	352.5 <sup>a</sup>	327.5 $\pm$ 1.391 <sup>a</sup>	25.0 $\pm$ 1.483 <sup>a</sup>	7.09

Letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $P>0.05$ ).

### 5.2. PESO DE CANAL CALIENTE

En el Cuadro VIII, vemos que la duración del transporte no tuvo efecto significativo sobre el peso de la canal caliente. Sin embargo, hubo una tendencia a disminuir a medida que aumenta la duración del transporte. La espera más corta (4 horas) fue la que tuvo significativamente ( $p<0.05$ ) mayores pesos de canal caliente comparado con esperas más largas pre-faena de 16 y 40 horas. Si expresamos el peso de la canal en relación al peso de embarque (g/Kg. de peso de embarque), se observan 15 g/Kg. más en las canales de las vaquillonas que esperaron 4 horas comparadas con las que esperaron por 16 y 40 horas.

### 5.3. PERDIDAS POR FRÍO EN LA CANAL

Como se observa en el Cuadro VIII, el tiempo de transporte no afectó las pérdidas por frío ( $p>0.05$ ). En cambio, en la variable tiempo de espera se observó que el grupo de vaquillonas que esperaron 4 horas tuvo significativamente ( $p<0.05$ ) mayores pérdidas que los grupos de 16 y 40 horas. Dichas pérdidas estuvieron comprendidas entre 1.54 y 1.78%.

Cuadro VIII. Efecto de la duración de transporte y el tiempo de espera en frigorífico en el peso de la canal caliente y pérdidas por frío. (Media de  $\pm$  error estándar).

1.5 h	182.5 $\pm$ 1.51 <sup>1</sup>		16.27 $\pm$ 0.475 <sup>1</sup>	
4.5 h	180.8 $\pm$ 1.51 <sup>1</sup>		16.03 $\pm$ 0.475 <sup>1</sup>	
4 h	185.1 $\pm$ 1.34 <sup>a</sup>	525.44	17.77 $\pm$ 0.478 <sup>a</sup>	1.78
16 h	179.8 $\pm$ 1.34 <sup>b</sup>	510.59	15.37 $\pm$ 0.478 <sup>b</sup>	1.54
40 h	180.0 $\pm$ 1.35 <sup>b</sup>	511.18	15.31 $\pm$ 0.478 <sup>b</sup>	1.53

Números y letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

#### 5.4. pH A LAS 24 HORAS POST-MORTEM

No hubo diferencias significativas en los valores de pH a las 24 horas post-mortem en ninguno de los tratamientos (Cuadro IX). Se encontró una tendencia en la probabilidad de encontrar un pH  $\geq$  5.7, demostrando un aumento a mayor duración de transporte y a mayor tiempo de espera en frigorífico.

Cuadro IX. Efecto del tiempo de transporte y el tiempo de espera en frigorífico sobre el pH a las 24 horas post-mortem. (Media  $\pm$  error estándar).

1.5 h	5.681 $\pm$ 0.02 <sup>1</sup>	0.15
4.5 h	5.645 $\pm$ 0.02 <sup>1</sup>	0.20
4 h	5.652 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.20
16 h	5.652 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.29
40 h	5.686 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.37

Números y letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ ).

## 5.5. TERNEZA INSTRUMENTAL

No existieron diferencias significativas entre los valores de terneza de los diferentes tratamientos (Cuadro X). Como se puede apreciar en la figura VI, la carne de los grupos que esperaron 16 y 40 horas en el frigorífico tuvo mayor fuerza de corte, tanto a los 3 como a los 7 días de maduración. Además, existe una diferencia mayor a 1 Kg. entre los grupos de 4 y 16 horas de espera, tanto a los 3 como los 7 días de maduración.

Cuadro X. Efecto de la duración del transporte y de la espera en frigorífico en la terneza de la carne con 3 y 7 días de maduración. (Media  $\pm$  error estándar).

1.5 h	7.282 $\pm$ 0.44 <sup>1</sup>	5.103 $\pm$ 0.41 <sup>1</sup>
4.5 h	6.967 $\pm$ 0.45 <sup>1</sup>	5.191 $\pm$ 0.41 <sup>1</sup>
4 h	6.214 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>	4.560 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>
16 h	7.857 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>	5.862 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>
40 h	7.302 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>	5.017 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>

Números y letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ ).  
WB3 = fuerza de corte con 3 días de maduración; WB7 = fuerza de corte con 7 días de maduración.

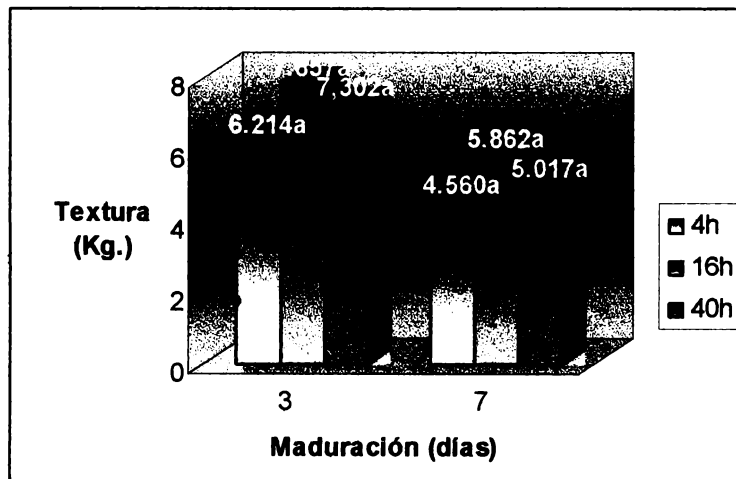


Figura VI. Evolución de la terneza instrumental de la carne (con 3 y 7 días de maduración) con respecto al tiempo de espera en el frigorífico. (Media  $\pm$  error estándar). Letras iguales no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

## 5.6. CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA Y PERDIDAS POR COCCION

En el Cuadro XI vemos que no hubo diferencias significativas en los valores de CRA (expresado como porcentaje de jugo expelido) ni de PPC en ninguno de los tratamientos. Se observó una tendencia a aumentar el jugo expelido a mayor tiempo de espera en frigorífico. Las PPC a los 3 días de maduración estuvieron comprendidas entre 32 y 35%, y entre 28 y 29% con 7 días de maduración.

Cuadro XI. Efecto de la duración del transporte y del tiempo de espera en frigorífico sobre la capacidad de retención de agua y las pérdidas por cocción de la carne.

1.5 h	12.20 ± 0.36 <sup>1</sup>	34.31 ± 1.26 <sup>1</sup>	29.33 ± 0.71 <sup>1</sup>
4.5 h	12.83 ± 0.37 <sup>1</sup>	32.44 ± 1.27 <sup>1</sup>	28.26 ± 0.71 <sup>1</sup>
4 h	11.62 ± 0.44 <sup>a</sup>	32.70 ± 1.54 <sup>a</sup>	28.22 ± 0.73 <sup>a</sup>
16 h	12.99 ± 0.45 <sup>a</sup>	32.17 ± 1.57 <sup>a</sup>	28.68 ± 0.75 <sup>a</sup>
40 h	12.93 ± 0.44 <sup>a</sup>	35.23 ± 1.54 <sup>a</sup>	29.48 ± 0.75 <sup>a</sup>

Números y letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ ).

CRA = Capacidad de Retención de Agua; PPC3 = Pérdidas Por Cocción con 3 días de maduración; PPC7 = Pérdidas Por Cocción con 7 días de maduración.



## 6. DISCUSION GENERAL

Este ensayo procuró cuantificar el efecto del tiempo de transporte y del tiempo de espera en frigorífico sobre el peso vivo y algunas características cuantitativas y cualitativas de la canal y de la carne de vaquillonas. Se trató de que dichas características no se vieran afectadas por otras variables. Para ello se utilizaron animales de la misma edad, sexo y procedencia, con un peso vivo y conformación similar y además los grupos fueron estratificados por tipo genético.

Los tiempos utilizados en nuestro estudio tratan de ser representativos de los tiempos que insumen las distancias recorridas generalmente en el país y los tiempos de espera pre-faena.

Como no se encontró efecto de la interacción entre el tiempo de transporte y el tiempo de espera pre-faena en ninguna de las características estudiadas se analizaron los efectos de dichas variables por separado.

### 6.1. PERDIDAS DE PESO VIVO DURANTE EL TRANSPORTE

Según Dantzer y Mormede (1970), las inevitables pérdidas de peso consecutivas al transporte varían entre 1.5% y 8% del peso de partida en cerdos y bovinos, influyendo en estos porcentajes la duración del transporte y la estación del año, entre otros. Dicha pérdida es debida fundamentalmente a las excreciones fecales y urinarias. En este estudio las pérdidas de peso vivo si bien no fueron diferentes estadísticamente ( $p > 0.05$ ), fueron mayores en el transporte largo (7.09 vs 6.24% para 4.5 y 1.5 horas de transporte, respectivamente). En ambos grupos las pérdidas estuvieron comprendidas dentro de los valores señalados por esos autores. Estos valores son cercanos a los obtenidos por Gallo y col. (2000), quienes también observaron pérdidas de peso vivo crecientes a medida que aumentaba el tiempo de transporte (4.6-6.5% y 7.3%, con 3 y 6 horas de transporte, respectivamente) y a Gallo y col. (2003) que obtuvieron una pérdida de peso vivo de 6.2% en 3 horas de transporte.

Las pérdidas similares entre ambos tratamientos, pueden ser explicadas en base a que la pérdida (desbaste) no es lineal en el tiempo y a que la mayor proporción ocurre en las primeras horas/Km. de transporte (Barnes y col., 2005). Además, por la alta calidad de la pradera consumida por las vaquillonas, mayor digestibilidad y rapidez del tránsito intestinal con lo que se pierde peso más rápidamente (Castro y Robaina, 2004).

### 6.2. PESO DE CANAL CALIENTE

No se observó una disminución significativa en el peso de la canal caliente por efecto del mayor tiempo de transporte. Solo se aprecia una leve tendencia a disminuir a medida que éste aumenta. Gallo y col. (2000) no destacaron diferencias en el rendimiento incluso con un transporte de 24 horas. Gallo y col. (2003) si bien tampoco obtuvieron diferencias significativas en el peso de la canal caliente, después de un viaje de 16 horas las canales pesaron 3.6% menos que en un viaje de 3 horas ( $p = 0.056$ ).

En cuanto al tiempo de espera en frigorífico y por lo tanto al tiempo que los animales estuvieron en ayuno previo a la faena, se observó una reducción significativa en el peso de la canal caliente a mayores tiempos de espera. El peso canal en relación al peso de embarque tuvo una disminución de 14.85 y 14.26 g/Kg. en las vaquillonas con 16 y 40 horas de espera pre-faena, respectivamente, comparado con el grupo de 4 horas. Con un ayuno de 72 horas, Price (1981) encontró que la merma de la carcasa caliente fue 10 g/Kg. en toros jóvenes, lo que es muy similar con el resultado de este estudio. Jones y col. (1988) encontraron pérdidas de 9.8 y 14.5 g/Kg. con 48 y 72 horas de ayuno total, respectivamente. Jones y col. (1990) también obtuvieron menor peso de canal a mayores tiempos de espera. Ellos tuvieron como resultado una disminución de 17.5 y 36.8 g/Kg. con 12 y 36 horas de espera; esa mayor disminución obtenida comparado con nuestro ensayo puede ser debida a mayor deshidratación ya que el ayuno lo realizaron sin agua, como también reportó Price (1981) una disminución de 54 g/Kg. del peso de la carcasa cuando mantuvo los animales sin agua ni comida por 72 horas. Sin embargo otros autores no han reportado ningún efecto en el peso de la canal después de 48 horas (Carr y col. 1971), 72 horas (Kirton y col., 1972) e incluso 96 horas de ayuno (Kauflin y col. 1969, citado por Warriss, 1990). Esto podría deberse al gran tamaño del aparato digestivo de los rumiantes que los hace menos susceptibles a cortos períodos de inanición ya que éste actúa como un reservorio potencial de nutrientes y agua y contrarresta el catabolismo de los tejidos (Warriss, 1990).

En general los tiempos de espera en frigorífico son muy variables e incluso superiores a 36 horas (Carduz, 1996) y por ello existe la posibilidad de disminución del rendimiento de la carcasa que debería ser tomada en cuenta por los productores y los frigoríficos, disminuyendo las horas de espera en los corrales de los predios y las plantas de faena. Además deben ser tenidas en cuenta las horas de viaje que se suman a las horas de ayuno total a que son sometidos los animales previo a la faena.

### 6.3. PERDIDAS POR FRIO EN LA CANAL

Como se observa en los resultados de este ensayo el tiempo de transporte no afectó las mermas por frío.

Durante el enfriado la canal pierde parte del agua retenida y puede perder hasta un 2% de su peso (Pla, 2000). En los distintos grupos de tiempo de espera, las mermas estuvieron comprendidas dentro del valor considerado por ese autor. Fue mayor (aproximadamente 2.4 g/Kg.) en el grupo con 4 horas de espera comparado con los grupos de 16 y 40 horas. Esto podría ser explicado por un mayor contenido de agua en la carcasa de los grupos de la espera corta y por ello a una mayor deshidratación en el enfriado. Similares resultados fueron obtenidos por Jones y col. (1988), quienes reportaron una merma de 2.0 g/Kg. más en el grupo ayunado por 24 horas comparado con 48 y 72 horas de ayuno. Jones y col. (1990) también reportaron una mayor merma por frío con un ayuno de 4 horas, ambos lo atribuyeron a la deshidratación.

#### 6.4. pH A LAS 24 HORAS POST-MORTEM

Para que el envasado al vacío tenga éxito y se logre prolongar el tiempo de vida útil de la carne al máximo, es fundamental contar con carne de buena calidad, lo cual implica que el pH en el momento del envasado tiene que ser igual o inferior a 5.8 (Price y Scheweigert, 1994). De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo esto se logró con todos los tratamientos y no hubo diferencias significativas entre los valores de pH.

Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la probabilidad de registrar canales que presentaran pH  $\geq 5.7$  a las 24 horas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos ( $p > 0.05$ ); no obstante, se registró una tendencia para los diferentes tiempos evaluados, mostrando las vaquillonas con mayor tiempo de transporte o mayor tiempo de espera una probabilidad ligeramente más alta de presentar canales con un pH  $\geq 5.7$ .

Gallo y col. (2000) tampoco obtuvieron diferencias significativas entre 3, 6 y 12 horas de transporte, siendo mayor recién el pH post-mortem en el grupo transportado por 24 horas ( $p < 0.05$ ); los mismos autores en otro ensayo sin embargo encontraron que con el transporte de 3 horas el pH de las canales fue mayor ( $p < 0.05$ ) que con viajes de 6, 12 y 24 horas, pero lo atribuyeron a que durante ese viaje sucedieron contratiempos y el ganado se encontraba más nervioso y se machucó más. Tarrant (1988) señala que el transporte corto (4 horas) por ruta no afecta el pH final de la carne, excepto cuando ocurren traumas, como por ejemplo la caída de un animal al piso debido a una alta densidad de carga. María (2005) no encontró diferencias significativas en el pH del *longissimus dorsi* 24 horas post-mortem, cuando comparó transportes de 30 minutos, 3 y 6 horas en novillos; sus valores se encontraron todos por debajo de 5.8. Bianchi y col. (2004) tampoco encontraron diferencias en el pH a las 24 horas en las canales de corderos pesados que fueron transportados por 2.5 y 13.5 horas. Sin embargo, Batista de Deus y col. (1999) obtuvieron diferencias significativas en el pH a las 24 horas post-mortem en función de la distancia recorrida (5.6 con 46 Km., 5.67 con 240 Km. y 5.78 con 468 Km.;  $p < 0.05$ ). Gallo y col. (2003) encontraron diferencias ( $p = 0.02$ ) entre 3 y 36 horas de transporte; reportaron que el pH fue 0.236 unidades más alto en el grupo transportado por 36 horas. Wythes y col. (1981), reportaron también aumentos de pH con viajes muy prolongados, de 870 y 2055 Km. vs 460 Km. Como se puede apreciar, tanto viajes prolongados como viajes cortos pueden provocar aumentos en el pH final de la carne, dependiendo de las condiciones particulares que pueden generar estrés en cada viaje y además debemos tener en cuenta que los ensayos son realizados en otros países con condiciones diferentes a las nuestras. Por lo tanto, resulta fundamental considerar que además del tiempo de transporte y las características de los animales existen muchos otros factores que pueden afectar el grado de estrés que sufren los animales y que afectan las características de la canal, entre los que cabe mencionar la densidad de carga (Tarrant, 1988), los cambios bruscos de temperatura (Tarrant y Sherrington, 1980), eventos relativos al viaje como aceleración y desaceleración del motor, virajes bruscos, condiciones de las vías utilizadas (Tarrant, 1990; Gallo y col. 2000) y considerar que con viajes prolongados aumentan las posibilidades de sufrir estrés por el mayor tiempo de exposición a condiciones adversas.

Como fue mencionado, los valores de pH a las 24 horas post-mortem no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos de 4, 16 y 40 horas de espera pre-faena en ayuno, evidenciándose solo una tendencia a aumentar a medida que aumentó el tiempo de espera. Lo mismo reportaron Jones y col. (1990) comparando 0, 12, 24, 36 y 48 horas. Bianchi y col. (2004) tampoco obtuvieron diferencias significativas con 0, 9 y 21 horas de espera en corderos pesados, y reportan también una tendencia a obtener mayor pH a mayor tiempo de espera. Wythes y col. (1984) señalan que no hubo diferencias entre 3 y 5 días de espera y Jones y col. (1988) entre 2 y 3 días. Por el contrario, Soares de Lima y Xavier (1997) en un monitoreo de tropas enviadas a frigorífico observaron que aquellas canales provenientes de animales que esperaron menos de 12 horas en planta, obtuvieron significativamente menores valores de pH; en otro relevamiento, Hargreaves y col. (2004) reportaron un mayor porcentaje de rechazos ( $p < 0.05$ ) de canales con  $\text{pH} \geq 5.9$  cuando los animales esperaron más de un día en ayuno para ser faenados; pero en estos estudios no se tienen en cuenta los factores que aumentan la incidencia de cortes oscuros en forma individual. Por el contrario, Flores y Rosmini (1993) obtuvieron una disminución significativa del pH con 48 vs 24 horas de espera, y Wythes y col. (1980) en las canales de los grupos que esperaron 48 horas comparados con los que descansaron 24 horas luego de un viaje de 1420 Km. Explican que esto refleja la recuperación del viaje y el acostumbramiento de los animales al ambiente extraño del frigorífico. Mientras, Tadich y col. (2003) señalan que prolongar la duración de la espera pre-faena, con la finalidad de que las concentraciones de las variables sanguíneas recuperen los valores normales no es una buena medida, ya que la recuperación lograda es escasa y no se justifica si se toman en cuenta los efectos negativos sobre la canal.

Warriss y col. (1995) y Tadich y col. (2003) reportaron un aumento significativo en la concentración de cortisol con 5 y 3 horas de transporte, respectivamente, lo que sugiere estrés.

Con el manejo, los tiempos de transporte utilizados en nuestro ensayo más los tiempos de espera pre-faena en ayuno, suponemos que si bien se pudo haber presentado estrés en las vaquillonas y disminución de las reservas de glucógeno muscular, no fue suficiente para impedir una acidificación normal de la carne. Wulf y col. (2002) señalan que existe gran variación en el potencial glucolítico de carcasas con pH normal, lo que significa que hay animales que necesitarían mucho más estrés para presentar pH altos que otros, y además Lambert y col. (2000) señalan que el ayuno y viajes cortos no disminuyeron la concentración de glucógeno muscular en novillos bien alimentados. Por lo tanto, podemos suponer que las vaquillonas tenían suficiente glucógeno muscular debido a que fueron engordadas en pasturas de alta calidad, al grado de conformación y tipificación de las canales, ya que hay mayor incidencia de pH altos y mayor susceptibilidad al estrés en los animales flacos (Shorthose, 1988; Soares de Lima y Xavier, 1997).

## 6.5. TERNEZA INSTRUMENTAL

Es bien conocido el aumento de la terneza de la carne a medida que se prolonga el tiempo de maduración (Wheeler y col., 1999), quienes lo han podido constatar con períodos de maduración de 3 y 14 días. En nuestro trabajo los valores de terneza indican una carne más blanda a los 7 días comparado con 3 días.

Purchas (1990) señala que existe una relación curvilínea entre el pH y la textura de la carne. A valores de pH inferiores a 5.5 la carne es más tierna, pero a medida que aumenta hasta valores de 6.2 se vuelve más dura. En este ensayo se encontró una tendencia de mayor probabilidad de encontrar  $\text{pH} \geq 5.7$  a medida que aumentó el tiempo de espera. Estos resultados están en el mismo sentido que los encontrados en la fuerza de corte y podrían servir para explicar la menor terneza detectada en la carne de las vaquillonas que esperaron más horas en el frigorífico. Bianchi y col. (2004) atribuyen al mismo efecto los mayores valores de terneza que registraron con la espera más prolongada.

Shackelford y col. (1991) identificaron un umbral de fuerza de corte Warner-Bratzler de 4.59 Kg., Miller y col. (1995) de 4.3 Kg. y Huffman y col. (1996) de 4.1 Kg. de acuerdo a la respuesta de los consumidores. Nuestros valores observados a los 7 días indicaron una fuerza de corte por encima de esos valores umbrales en casi todos los grupos, excepto en los grupos con 4 horas de espera pre-faena, cuyo valor está considerado por debajo del umbral reportado por Shackelford (1991). Si bien los valores obtenidos en los tratamientos de tiempo de espera no son diferentes estadísticamente, existió una diferencia de magnitud considerable para el parámetro evaluado, ya que los grupos con 16 horas de espera pre-faena tuvieron una fuerza de corte mayor (más de 1 kg. de diferencia) que los grupos con 4 horas. Esta diferencia, que se mantuvo incluso con una maduración de 7 días, puede ser detectada por un panel sensorial (Aalhus y col., 2001).

Tadich y col. (2003) y Tadich y col. (2005) coinciden en que el cortisol aumenta con el tiempo de encierro. Tadich y col. (2005) destacan que esto ocurre independientemente de la duración del transporte. Hay evidencias que sugieren que las variaciones en la cantidad de calpastatina que presenta un músculo están sujetas a regulaciones ambientales y genéticas. La respuesta al estrés se refleja por la estimulación  $\beta$ -adrenérgica, esto aumenta la calpastatina que es la enzima inhibidora de las calpaínas y catepsinas; como resultado final se obtiene una disminución en la terneza de la carne (Sensky y col., 2001). El aumento de la dureza detectado en la carne de las vaquillonas que esperaron en frigorífico por 16 y 40 horas en este ensayo, puede ser explicado por un factor de estrés sufrido.

No se observó una influencia significativa ( $p > 0.05$ ) del tiempo de transporte sobre la variable terneza. María (2005) tampoco encontró diferencias, al igual que Bianchi y col. (2004).

## 6.6. CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA Y PERDIDAS POR COCCION

El valor del pH muscular en distintos momentos durante la transformación de músculo en carne como en su valor final afecta varios parámetros relacionados con la calidad de la carne, especialmente el color, la capacidad de retención de agua (CRA) y la textura (Hood y Joseph, 1985, citados por Franco, 1997). En este ensayo no hubo efecto de los tratamientos sobre el pH a las 24 horas. Tampoco la CRA (expresada como porcentaje de jugo expelido) y las PPC se vieron afectadas por ningún tratamiento.

## **7. CONCLUSIONES**

Transportes de 1.5 y 4.5 horas de duración producen similares pérdidas de peso vivo y no afectan el peso de la carcasa caliente.

Esperas pre-faena en ayuno por 16 horas o más en frigorífico producen una disminución significativa del peso de la carcasa caliente.

Los tiempos y condiciones de transporte y espera pre-faena en este ensayo no afectaron significativamente el pH en el *longissimus dorsi* a las 24 horas post-mortem ni los parámetros de calidad de la carne.

Las diferencias (aunque no significativas) mayores a 1 Kg. en las medidas instrumentales de terneza, demuestran un efecto del tiempo o las condiciones de la espera pre-faena. Para confirmarlo se requieren nuevos ensayos similares en los que se incluyan mediciones de indicadores sanguíneos de estrés y ejercicio muscular.

## **8. CONSIDERACION FINAL**

Debido a las diferencias de susceptibilidad al estrés que existen en los animales se requieren más estudios, con otras categorías, que provengan de diferentes sistemas de producción y considerar además del tiempo, las condiciones del transporte y la espera en frigorífico, ya que se pueden presentar diferentes situaciones que conspiran contra el bienestar animal y afecten las características de la canal y de la carne, como es el caso de la terneza, y principalmente el peso de la carcasa caliente, ya que esta última es una de las formas de pago al productor.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Aalhus, J.I.; Janz, J.; Tong, A.; Jones, S.; Robertson, W. (2001) The influence of chilling rate and fat cover on beef quality. *Canadian Journal of Animal Science*; 81: 321-330.
2. Barnes, K.; Smith, S.; Lalman, D. (2005) Managing Shrink and Weighing Conditions in Beef Cattle. OSU. Sitio web: <http://agweb.okstate.edu/pearl/>
3. Batista de Deus, J.C.; Silva, W.P.; Soares, G.J.D. (1999) Efeito da distância de transporte de bovinos no metabolismo post mortem. *Revista Brasileira de Agrociência*; 5 (2): 152-156.
4. Beltrán, J.A.; Roncalés, P. (2000) Determinación de la textura. *En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España pp 169-172.
5. Beltrán, J. A.; Jaime, I.; Santolaria, P.; Sañudo, C.; Alberti, P.; Roncalés, P. (1997) Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*; 45 (2): 201-207.
6. Berge, P.; Culioli, J.; Renerre, M.; Touraille, C.; Micol, D.; Geay, Y. (1993) Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Science*; 35: 79-92.
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 frigorífico sobre los niveles de cortisol plasmático, características de la canal y de la carne de corderos pesados. *Agrociencia*; 8 (2): 89-98.
8. Bidner, T.D.; Scupp, A.R.; Montgomery, R.E.; Carpenter, J.C. (1981) Acceptability of beef finished on all-forage, forage-plus-grain or high energy diets. *Journal of Animal Science*; 53 (5): 1181-1187.
9. Brown, S.N.; Bevis, E.A., Warriss, P.D. (1990) An estimate of the incidence of dark cutting beef in the United Kingdom. *Meat Science*; 27: 249-258.
10. Carduz, A.I. (1996) Análisis de factores que afectan el pH de la carne en condiciones comerciales. Tesis de grado. Montevideo, Uruguay, 76 p.
11. Carr, T.R.; Allen, D.M; Phar, P. (1971) Effect of preslaughter fasting on bovine carcass yield and quality. *Journal of Animal Science*; 32 (5): 870-873.
12. Carragher, J.F.; Matthews, L.R. (1996) Animal behaviour and stress: impacts on meat quality. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 56: 162-167.



13. Castro, L.; Robaina, R. (2004) Manejo previo a la faena y calidad de la carne. *Revista del Plan Agropecuario*, junio 2004; 14-19.
14. Dantzer, R.; Mormede, P. (1970) El estrés en la cría intensiva de ganado. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 118 p.
15. DIEA, M.G.A.P.(2004) Anuario Estadístico Agropecuario 2004, <http://www.mgap.gub.uy/Diea/Anuario2004/index.htm>
16. Dikeman, M.E. (1984) Cattle production systems to meet future consumer demands. *Journal of Animal Science*; 59 (6): 1631-1643.
17. Flores, A.; Rosmini, M.R. (1993) Efecto del estrés por el tiempo de espera antes del sacrificio sobre la glucemia y el pH de la carne en bovinos. *Fleischwirtsch, español*; 2: 16-25.
18. Franc, C.; Bartes, L.; Haynst, Y.; Tomen, Y. (1988) Pre-slaughter social activity of young bulls relating to the occurrence of dark cutting beef. *Animal Production*; 46: 156-161.
19. Franco, J.B. (1997) Características Productivas, Calidad de la Canal y Calidad Instrumental de la Carne de 7 Razas Bovinas Españolas. Tesis de maestría. Zaragoza, España, 252 p.
20. Gallo, C.; Lizondo, G.; Knowles, T.G. (2003) Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *The Veterinary Record*; 152 (12): 361-364.
21. Gallo, C.; Espinoza, M.A.; Gasic, J. (2001) Efectos del transporte por camión durante 36 horas con y sin períodos de descanso sobre el peso vivo y algunos aspectos de calidad de carne en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria*; 33 (1): 43-53.
22. 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.
23. Garrido M.D.; Bañón S. (2000) Medida del pH. *En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España pp 147-155.
24. Grandin, T. (1988) Dark Cutting in Cattle and Sheep. *En: Dark Cutting in Cattle and Sheep. Proceedings of an Australian Workshop*. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation. Agosto, 1988. Australia, pp 38-41.

25. Hargreaves, A.; Barrales, L.; Peña, I.; Larraín, R.; Zamorano, L (2004) Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Ciencia e Investigación Agraria*; 31 (3): 155-166.
26. Huertas, M.; César, D.; Gil, A.D. (2005) Buenas Prácticas de Manejo de Bovinos en la Cadena Cárnica. Experiencia de Difusión y Capacitación en Uruguay. *Jornadas Uruguayas de Buiatría XXXIII*. Paysandú, Uruguay, pp 232-233.
27. Huffman, K.L.; Miller, M.F.; Hoover, L. C.; Wu, C.K.; Brittin, H.C.; Ramsey, C. B. (1996) Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science*; 74: 91-97.
28. INIA, INAC, CSU. (2003) Auditoría de Calidad de la Carne Vacuna. 23p.
29. Instituto Nacional de Carnes (2005), Dirección de Información y Análisis Económico, Informe estadístico año agrícola julio 2004 – junio 2005, Montevideo, Ed. A. Monteverde y Cía. S.A., 76 pp.
30. Jones, S.D.M.; Schaefer, A.L.; Robertson, W.M.; Vincent, B.C. (1990) The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Science*; 28: 131-139.
31. Jones, S.D.M.; Tong, A.K.W. (1989) Factors influencing the commercial incidence of dark cutting beef. *Canadian Journal Animal Science*; 69: 649-654.
32. Jones, S.D.M.; Schaefer, A.L.; Tong, A.K.W.; Vincent, B.C. (1988) The effects of fasting and transportation on beef cattle. 2. Body component changes carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*; 20: 25-35.
33. Kenny, F.J.; Tarrant, P.V. (1987) The physiological and behavioural responses of crossbred Friesian steers to short-haul transport by road. *Livestock Production Science*; 17: 63-75.
34. Kirton, A.H.; Paterson, D.J.; Duganzich, D.M. (1972) Effect of preslaughter starvation in cattle. *Journal of Animal Science*; 34: 555-559.
35. 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.
36. Knowles, T.G. (1999) A review of the road transport of cattle. *The Veterinary Record*; 144: 194-201.
37. Lambert, M.G.; Knight, T.W.; Cosgrove, G.P.; Death, A.F.; Anderson, C.B. (2000) Effects of yarding and transport on muscle glycogen concentration in beef cattle. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 60: 124-125.

38. María, G. (2005) Transporte de ganado bovino, bienestar animal y calidad de carne. Sitio web: [www.exopol.com/general/circulares/240.html](http://www.exopol.com/general/circulares/240.html)
39. Mc Nally, P.W.; Warriss, P.D. (1996) Recent bruising in cattle at abattoirs. *The Veterinary Record*; 138: 126-128.
40. Mc Veigh, J.M.; Tarrant, P.V.; Harrington, M.G. (1982) Behavioral stress and skeletal muscle glycogen metabolism in young bulls. *Journal of Animal Science*; 54 (4): 790-795.
41. Miller, M.F.; Hoover, L. C.; Cook, K.D.; Guerra, A.L.; Huffman, K.L.; Tinney, K.S.; Ramsey, C.B.; Brittin, H.C.; Huffman, L.M. (1995) Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. *Journal of Food Science*; 60: 963-965.
42. Mitchell, G.; Hattingh, J.; Ganhao, M. (1988) Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter. *The Veterinary Record*; 123: 201-205.
43. Murray, A.C. (1989) Factors affecting beef color at time of grading. *Canadian Journal of Animal Science*; 69: 347-355.
44. Pla, M. (2000) Medida de la capacidad de retención de agua. *En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España pp 175-179.
45. Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H. (1994) *Tecnología e Higiene de la Carne*. Zaragoza. Ed. Acribia S.A., 581 p.
46. Price, J.F.; Scheweigert, B.S. (1994) *Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos*, 2º ed. Zaragoza. Ed. Acribia S.A., 581 p.
47. Price, M.A. (1981) Shrinkage in beef cattle. The 60<sup>th</sup> Annual Feeder's Day Report. University of Alberta; pp: 50-52.
48. Purchas, R.W. (1990) An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*; 27: 129-140.
49. SAS Institute Inc., *SAS Procedures Guide, Version 8.3*, Carey, NC: SAS Institute Inc, 2000.
50. Scanga, J.A.; Belk, K.E.; Tatum, J.D.; Grandin, T.; Smith, G.C. (1998) Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *Journal of Animal Science*; 76: 2040-2047.
51. Schaefer, A.L.; Jones, S.D.M.; Stanley, R.W. (1997) The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *Journal of Animal Science*; 75 (1): 258-265.

52. Sensky, P.L.; Parr, T.; Bardsley, R.G.; Buttery, P. (2001) Meat tenderisation- The role of calpains. *Proceeding of the British Society of Animal Science*; 239-242.
53. Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Meade, M.K.; Reagan, J.O.; Byrnes, B.L.; Koohmaraie, M. (2001) Consumer impressions of Tender Select beef. *Journal of Animal Science*; 79: 2605-2614.
54. Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M.; Wheeler, T.L.; Cundiff, L.V.; Dikeman, M.E. (1994) Effect of biological type of cattle on the incidence of the Dark, Firm and Dry condition in the Longissimus muscle. *Journal of Animal Science*; 72: 337-343.
55. Shackelford, S.D.; Morgan, J.B.; Cross, H.R.; Savell, J.W. (1991) Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *Journal of Muscle Foods*; 2: 289-296.
56. Shorthose, W.R. (1988) Dark-cutting meat in beef and sheep carcasses under the different environments of Australia. *En: Dark Cutting in Cattle and Sheep. Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation. Agosto, 1988. Australia, pp 68-74.*
57. Shorthose, W.R.; Harris, P.V.; Bouton, P.E. (1972) The effects on some properties of beef of resting and feeding cattle after a long journey to slaughter. *Proceeding Australian Society Animal Production*; 9: 387-391.
58. Soares de Lima, J.M.; Xavier, J.E. (1997) Algunos factores que afectan la variación del pH post mortem en la carne vacuna. Tesis de grado. Montevideo, Uruguay, 78 p.
59. Tadich, N.; Gallo, C.; Bustamante, H.; Schwerter, N.; Schaik, G. van (2005) Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livestock Production Science*; 93 (3): 223-233.
60. Tadich, N.; Gallo, C.; Echeverría, R.; Schaik, G. van (2003) Efecto del tiempo de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Archivos de Medicina Veterinaria*; 35 (2): 171-185.
61. Tadich, N.; Gallo, C.; Alvarado, M. (2000) Efectos de 36 horas de transporte terrestre con y sin descanso sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria*; 32 (2): 171-183.
62. Tarrant, P.V. (1990) Transportation of cattle by road. *Applied Animal Behaviour Science*; 28:153-170.
63. Tarrant, P.V. (1988) Animal behaviour and environment in the Dark Cutting Condition. *En: Dark Cutting in Cattle and Sheep. Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation. Agosto, 1988. Australia, pp 8-18.*

64. Tarrant, P.V.; Kenny, F.J.; Harrington, D. (1988) The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. *Meat Science*; 24: 209-222.
65. Tarrant, P.V.; Sherington, J. (1980) An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science*; 4 (4): 287-297.
66. Tomberg, E. (2000) Why pH is important. Sitio web: <http://www.meatscience.org/>
67. Van de Water, G.; Verjans, F.; Geers, R. (2003) The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves, pH and colour profiles of veal. *Livestock Production Science*; 82: 171-179.
68. Warriss, P.D. (2001) *Meat Science an Introductory Text*. Wallingford. Ed. Cabi Publishing, 310 p.
69. Warriss, P.D.; Brown, S.N.; Knowles, T.G.; Kestin, S.C.; Edwards, J.E.; Dolan, S.K.; Philips, A.J. (1995) Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. *The Veterinary Record*; 136: 319-323.
70. 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.
71. Warriss, P.D. (1984) The behaviour and blood profile of bulls which produce dark cutting meat. *Journal Science Food Agricultural*; 35: 863-868.
72. Wheeler, T.L.; Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M. (1999) Tenderness classification of beef: III. Effect of the interaction between end point temperature and tenderness on Warner-Bratzler shear force of beef longissimus. *Journal of Animal Science*; 77: 400-407.
73. Wulf, D.M.; Emnett, R.S.; Leheska, J.M.; Moeller, S.J. (2002) Relationships among glycolytic potencial, dark cutting (dark, firm and dry) beef, and cooked beef palatability. *Journal of Animal Science*; 80: 1895-1903.
74. Wythes, J.R.; Shorthose, W.R. (1984) Marketing cattle: its effects on liveweight, carcasses and meat quality. *Australian Meat Research Committee, review*; 46: 1-27.
75. Wythes, J.R.; Smith, P.C.; Arthur, R.J.; Round, P.J. (1984) Feeding cattle at abattoirs: the effect on carcass attributes and muscle pH. *Animal Production in Australia*; 15: 643-646.
76. Wythes, J.R.; Arthur, R.J.; Thompson, P.J.M.; Williams, G.E.; Bond, J.H. (1981) Effect of transporting cows various distances on liveweight, carcass traits and muscle pH. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*; 21: 557-561.

77. Wythes, J.R.; Shorthose, W.R.; Schmidt, P.J.; Davis, C.B. (1980) Effects of various rehydration procedures after a long journey on liveweight, carcasses and muscle properties of cattle. *Australian Journal Agriculture Research*; 31: 849-855.