

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**  
**INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE CARNES**

**EFFECTO DE DOS DENSIDADES DE CARGA Y DOS TIEMPOS DE TRANSPORTE  
SOBRE EL CONTENIDO DE GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR, pH y  
COLOR DE LA CARNE.**

Memoria de Título presentada como parte  
de los requisitos para optar al TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO

**ITALO RICARDO MENCARINI VOISIER**

**VALDIVIA-CHILE**

**2002**

**PROFESOR PATROCINANT:** Dra. Carmen Gallo Stegmaier  
**Nombre**

**Firma**

**PROFESOR COPATROCINANTE:**

**PROFESOR COLABORADOR:** Dr. Héctor Uribe  
**Nombre**

**Firma**

**PROFESORES CALIFICADORES** Dra. Erika Gesche Robert  
**Nombre**

**Firma**

Dr. Rubén Pulido Fuenzalida  
**Nombre**

**Firma**

**FECHA DE LA APROBACION:** 30 julio 2002

Con cariño a mi familia, que siempre está conmigo.

## **INDICE**

<b>1. RESUMEN</b>	1
<b>2. SUMMARY</b>	2
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	12
<b>5. RESULTADOS</b>	16
<b>6. DISCUSION</b>	21
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	26
<b>8. ANEXOS</b>	30
<b>9. AGRADECIMIENTOS</b>	36

## 1. RESUMEN

### EFECTO DE DOS DENSIDADES DE CARGA Y DOS TIEMPOS DE TRANSPORTE SOBRE EL CONTENIDO DE GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR, pH y COLOR DE LA CARNE.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de dos densidades de carga (aproximadamente 400 y 500 kg/m<sup>2</sup>) y dos tiempos de transporte (3 y 16 horas) sobre el contenido de glucógeno hepático y muscular, el pH y el color muscular en novillos destinados al faenamiento. Se utilizaron 120 novillos de la misma procedencia, similar genotipo, peso (490 kg promedio) y edad. Se utilizó un diseño experimental factorial de 2 x 2 (dos densidades de carga y dos tiempos de transporte), con cuatro repeticiones de un mismo experimento (2 en invierno y 2 en verano), en que se usaron 30 novillos cada vez. En cada repetición los animales se identificaron y se pesaron en el predio, para luego asignarlos en bloques según peso, al azar en los distintos tratamientos. Para el transporte se usaron 2 camiones de similar estructura y capacidad, el espacio de carga de cada camión se subdividió en 2 jaulas en las que se ubicaron 7 u 8 animales, para generar las dos densidades de carga establecidas; ambos camiones iniciaron el viaje simultáneamente. Luego del transporte los animales fueron descargados en la planta faenadora y permanecieron en ayuno por 12 horas antes del faenamiento. Para la medición de glucógeno se tomaron dentro de 30 minutos postmortem muestras de aproximadamente 5 g de tejido hepático y muscular (*Longissimus thoracis*), que fueron congeladas inmediatamente en nitrógeno líquido. En el mismo músculo se midió pH y color (Hunterlab) a las 24 horas postmortem, en la canal fría (0-4 °C).

Las concentraciones promedio de glucógeno hepático ( $\mu\text{mol/g}$ ) resultaron significativamente mayores ( $P<0,05$ ) tras el transporte largo pero no hubo efecto asociado a la densidad de carga. Las concentraciones promedio de glucógeno muscular ( $\mu\text{mol/g}$ ) no se afectaron por el tiempo de transporte ni por la densidad de carga utilizada ( $P>0,05$ ). En los novillos sometidos a transporte de 16 horas se obtuvo promedios de pH significativamente mayores ( $P<0,05$ ) que en aquellos sometidos a transporte corto de 3 horas no observándose un efecto asociado a la densidad de carga. Se observó que los promedios de a (tenor de rojo-verde) y b (tenor de amarillo-azul) fueron menores en las canales de novillos sometidos a transporte largo ( $P<0,05$ ). En cuanto a la luminosidad (L) no hubo efecto asociado a la densidad de carga o al tiempo de transporte ( $P>0,05$ ).

Se concluye que desde el punto de vista del contenido de glucógeno hepático y muscular, pH y color no se justifica disminuir a 400 kg/m<sup>2</sup> la densidad de carga máxima permitida en el actual reglamento de transporte que es de 500 kg/m<sup>2</sup>; sin embargo, sí se debieran evitar largas jornadas de transporte dado su efecto sobre la calidad de la carne en los aspectos medidos.

**Palabras claves:** bovinos, transporte, canales, pH, color.

## 2. SUMMARY

### EFFECTS OF TWO STOCKING DENSITIES AND TWO JOURNEY DURATIONS ON LIVER AND MUSCLE GLYCOGEN CONTENT, pH AND COLOUR OF MEAT.

The aim of the present study was to determine the effects of two stocking densities (approximately 400 and 500 kg/m<sup>2</sup>) and two journey durations (3 and 16 hours) on the liver and muscle glycogen content, pH and colour of the meat produced in steers transported for slaughter.

Data were obtained from a total of 120 steers of similar genotype, weight (mean 490 kg), age and farm origin (Rio Bueno, province of Valdivia 10<sup>th</sup> Region, Chile). The experimental design was a 2 x 2 factorial, with 4 repetitions of the experiment (2 in winter and 2 in summer), each one with 30 steers assigned in blocks according to weight, at random to each treatment. Two trucks of similar structure and loading capacity were used, in each of them the total space allowance was divided in two pens, transporting 7 or 8 steers respectively in order to generate the different space allowances; both trucks departed simultaneously from the farm in each replicate. After transport animals were unloaded at the slaughterhouse and remained in lairage for 12 hr before slaughter. For the measurement of glycogen content, samples of approximately 5 g each, were taken from the liver and muscle (Longissimus thoracis) within 30 minutes of slaughter. In the same muscle, 24 hr postmortem and after a cross section at the level of the 9<sup>th</sup> rib, pH and colour (Hunterlab) were measured in the cold carcasses (0-4° C), the latter using the L, a and b coordinates.

The mean concentration of liver glycogen (μmol/g) was significantly higher (P<0,05) after the long transport journey, but there was no effect of stocking density. The mean muscle glycogen concentrations were not affected by journey duration or stocking density (P>0,05). In steers transported for 16 hr mean carcass pH was significantly higher (P<0,05) than in steers transported for 3 hr, but effects were not associated with stocking density. It was found that means for coordinates “a” (red-greenness) and “b” (yellow-blueness) were lower in the carcasses of steers with the longer transport journey (P<0,05). No significant effect of the variables studied was found for the coordinate “L” (lightness, P>0,05).

It was concluded that, from the point of view of liver and muscle glycogen content, pH and colour, it is not justified to reduce the maximum stocking density of 500 kg/m<sup>2</sup> as allowed by Chilean transport regulations to 400 kg/m<sup>2</sup>, but long journeys should be avoided due to their negative effects on meat quality.

**Key words :** cattle, transport, carcasses, pH, colour.

### 3. INTRODUCCIÓN.

#### 3.1 Presentación del problema:

Desde tiempos remotos los animales han sido transportados hacia distintos lugares y con diferentes propósitos ya sea para competir, reproducirlos o comercializarlos. Mientras algunos animales, como perros domésticos y caballos de concurso, se trasladan con frecuencia y, por efecto del acostumbamiento, es evidente que no sufren grandes sobrecargas, para los animales de explotación zootécnica, como el bovino, esto representa un brusco cambio en su ambiente.

El transporte, por naturaleza es un evento extraño y desafiante en la vida de un animal doméstico. Considera una serie de manejos y situaciones de confinamiento que son inevitablemente estresantes y pueden llevar a un estado de incomodidad, daño o incluso la muerte del animal, a no ser que se planifique y lleve a cabo en forma adecuada.

Por otra parte, el transporte puede influir tanto directa como indirectamente sobre la calidad de la canal y su carne. La forma directa es a través del destare y lesiones, la indirecta es a través del estrés, que el ambiente extraño le puede producir al animal. Entre los problemas de calidad provocados por el estrés en bovinos se encuentran el músculo DFD o corte oscuro, que afecta la calidad organoléptica y tecnológica de la carne.

A medida que el público consumidor de carne bovina adquiere mayor capacidad de distinguir calidad y aumenta su poder de compra, normalmente premia a la carne de mejor calidad con un mejor precio y un mayor consumo. Por esta razón, es importante mejorar las condiciones del transporte, considerado un importante eslabón en la cadena productiva tanto en Chile como en otros países.

#### 3.2 Antecedentes Bibliográficos:

##### 3.2.1 Estrés y Metabolismo Muscular:

El proceso de transporte se inicia con la reunión de los animales en el potrero e incluye, la carga, confinamiento con o sin movimiento, descarga y apiñamiento en corrales, en un ambiente nuevo y desconocido. Durante el transporte los animales están expuestos a un estrés ambiental, que incluye calor, frío, humedad, ruidos y movimiento. Adicionalmente se puede causar estrés por reagrupamiento social (Tarrant y Grandin, 1993).

Son muchos los factores que influyen de una u otra manera sobre el grado de estrés que se le provoque a los animales durante el transporte. Se puede mencionar el diseño de los camiones, la ventilación, la densidad de carga, la pericia del conductor y características propias del animal como presencia o ausencia de cuernos, sexo, raza, temperamento, etc. Por

ello, además de la aptitud para lograr determinados rendimientos, como la tasa de crecimiento o la capacidad generadora de carne, también la “capacidad para superar el estrés” se cuenta entre las características apreciadas en un animal (Fikuart y col., 1996).

Para entender mejor los numerosos procesos fisiopatológicos que acontecen en el organismo durante el transporte, es preciso hacer unas consideraciones generales sobre el fenómeno del estrés. Desde hace mucho tiempo se sabe que acciones que suponen una sobrecarga para los animales, como el transporte, pueden provocar en éstos diversas reacciones fisiológicas y patológicas que en conjunto reciben el nombre de estrés. Selye (1954), define el estrés como la acción conjunta de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente de un animal sobre diversos sistemas corporales como ser el sistema endocrino, nervioso, circulatorio, respiratorio y digestivo, causando en ellos distintas alteraciones.

El organismo dispone de diversos mecanismos de acomodación frente a sobrecargas físicas y psíquicas que no pueden considerarse por separado. Los ajustes metabólicos que tienen lugar durante los periodos de estrés se ven estimulados por la liberación de ciertas hormonas. A este respecto tienen interés las hormonas Epinefrina y Norepinefrina de la médula adrenal, los esteroides adrenales de la corteza adrenal y las hormonas tiroideas de la glándula tiroides. Estas hormonas influyen muchas reacciones químicas, algunas de las cuales intervienen en casi todos los tipos de estrés (Forrest y col., 1979).

Según Fikuart y col. (1996), la reacción de estrés ocurre en el organismo de la siguiente forma. En primer lugar, los órganos de los sentidos captan los estímulos procedentes de los estresores, como por ejemplo influencias ópticas y acústicas o bien acciones de apresuramiento no habituales, y los transmiten al cerebro por vías nerviosas aferentes. En la corteza cerebral se perciben los estresores, es decir, el organismo tiene noticia de los estímulos desencadenantes. En la porción basal del cerebro y en el sistema límbico se producen los correspondientes estados emocionales, como por ejemplo, angustia o conducta agresiva. Mediante activación del hipotálamo, un centro encefálico superior, se produce un incremento de la actividad de la porción simpática del sistema nervioso vegetativo.

Las hormonas epinefrina y norepinefrina (catecolaminas) se generan en la médula adrenal, y se liberan hacia el torrente sanguíneo por un estímulo simpático. Mientras que la norepinefrina aumenta esencialmente las actividades cardíaca y circulatoria, la epinefrina aumenta el desdoblamiento de grasas y carbohidratos para obtener energía. Las catecolaminas en situaciones de estrés prolongado originan una mayor liberación de hormona corticotropa (CRH) en el hipotálamo y con ello de la hormona hipofisiaria adenocorticotrófica (ACTH) que provoca en la corteza adrenal el vertido de glucocorticoides, entre ellos Cortisol, hacia el torrente sanguíneo. Estas hormonas inducen el desdoblamiento de proteínas e hidratos de carbono para obtener energía, incrementan la concentración de glucosa en sangre, proporcionan un superior aporte de oxígeno a los tejidos aumentando las funciones respiratoria y circulatoria, reducen la excreción de agua, desarrollan actividad inmunosupresora y provocan típicas alteraciones psíquicas. La mayor disponibilidad y la activación metabólica de la glucosa, ácidos grasos y oxígeno, provocan un aumento del metabolismo basal y de la



temperatura corporal. Debido a que en el estrés se liberan catecolaminas, ACTH y corticoides, éstas reciben el nombre de “Hormonas del Estrés” (Forrest y col., 1979).

En condiciones de estrés, los músculos demandan un mayor aporte de flujo sanguíneo debido a su mayor frecuencia de contracción; sin embargo el sistema circulatorio muchas veces es incapaz de proporcionar la cantidad de sangre necesaria para el mantenimiento de la temperatura orgánica y para permitir las contracciones musculares. En estos casos la temperatura muscular se elevará y el músculo se empobrecerá en oxígeno alcanzando valores por debajo de los niveles normales. Cuando las demandas del tejido muscular son elevadas, como ocurre en casos de estrés crónico, el metabolismo aeróbico proporciona una cantidad de energía inadecuada entonces se produce la glicólisis anaeróbica del glucógeno; esto determina que exista un déficit de glucógeno muscular (Forrest y col., 1979).

Al morir el animal el aporte de oxígeno a los músculos cesa, debido a que se detiene el sistema circulatorio. Desde ese momento el ATP debe producirse a partir de la glicólisis anaeróbica. El lactato se acumula y ello conduce a uno de los cambios más característicos en la conversión del músculo en carne: el pH cae desde alrededor de 7- 7,2 hasta alrededor de 5,5. En bovinos este proceso tarda entre 24 y 48 horas (Warris, 1996a).

Para Wirth (1987), esta acidificación debe producirse en forma paulatina y completa, y los valores de pH que debiera tener la carne entre las 12 y 14 horas postmortem van entre 5,3 y 5,7. Si hay un agotamiento de glucógeno previo al faenamiento como ocurre bajo condiciones de estrés, el grado de caída del pH es limitado y la carne presenta un pH final alto. Esta es la llamada condición DFD (dark, firm, dry), llamada así porque la carne tiene una apariencia oscura, firme y seca, produciéndose poco o nada de exudado (Hood y Tarrant, 1980).

En el bovino la condición descrita anteriormente se conoce más frecuentemente como corte oscuro o lomo negro, afecta principalmente al lomo y corte nobles de la pierna (Gallo, 1999). La carne de corte oscuro presenta problemas de aceptación tanto de tipo organoléptico como tecnológico (Hofmann, 1988).

El pH alto que se origina en tales músculos minimiza el cambio de color que en otro caso tendría lugar durante el período postmortem, es decir, el músculo refleja una menor cantidad de luz debido a cambios estructurales mínimos y los mismos pigmentos reflejan la luz con un color rojo oscuro o púrpura. Dicha apariencia se debe a que las proteínas permanecen en gran parte sin desnaturalizarse y el pigmento de mioglobina permanece en su forma desoxigenada, que tiene un color más púrpura que rojo brillante, como es la forma oxigenada que se observa en la carne normal (Ashmore y col., 1973).

Según Immonen y col. (2000a), el glucógeno muscular es el principal sustrato metabólico responsable de la acumulación de ácido láctico postmortem y de la normal disminución del pH. No menos de 45  $\mu\text{mol}$  de glucógeno serían necesarios para bajar el pH de 1 kg de músculo desde 7,2 a 5,5. Además señala que la concentración de glucógeno varía ampliamente al momento del sacrificio dependiendo del músculo, la especie y del estatus

nutricional de cada animal, pero más importante aún sería el nivel de estrés al cual ha sido sometido cada animal previo a su faenamiento.

### 3.2.2 Corte oscuro y calidad de carne:

La calidad es un conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como mejor o peor que otras de su misma especie. En el caso de las canales y su carne, esta categorización está íntimamente relacionada con la higiene (animales sanos, faenamiento higiénico), el valor nutritivo de la carne (proteína, grasa), el valor comercial o rendimiento de carne de la canal (peso, relación músculo-grasa-hueso, proporción de cortes nobles) y las características organolépticas (aspecto, color, jugosidad, terneza), que la hacen más o menos apetecible al consumidor (Gallo, 1998).

Para Warris (1996b) la forma de apreciar la calidad de un producto varía según los países e incluso según las regiones. Existirían diferentes niveles de exigencia:

**1º Nivel;** La carne debe ser sana y nutritiva.

**2º Nivel;** La carne debe presentar altos rendimientos (% carne vendible) .

**3º Nivel;** Todo lo anterior, pero además se requiere que la carne sea lo más atractiva posible en cuanto a apariencia y aspecto.

La mayoría de los consumidores considera esencial el logro del primer nivel de calidad, mientras que el segundo y tercer nivel sólo serían altamente deseables. Existiría un **cuarto nivel** que se refiere a la calidad ética del producto y por la cual muchos consumidores están dispuestos a pagar, sobretodo en países desarrollados. Esta calidad ética está relacionada con el bienestar animal, en el sentido que haya un manejo adecuado que evite todo sufrimiento innecesario desde las etapas de producción hasta el faenamiento.

Price y Schweigert (1976), consideran como carne ideal aquella que procede de animales relativamente jóvenes y que se halla constituida por musculatura roja, consistente, con cantidades discretas de grasa de marmorización (fina y uniformemente distribuida) y sin jugo de exudación en la superficie.

Wirth (1987), señala que al estrés habitual durante el transporte, la permanencia en corrales, traslado a la planta faenadora, etc., los animales reaccionan con irritaciones metabólicas que originan como consecuencia deficiencias en las características de calidad de la carne. En bovinos una de las deficiencias posibles de encontrar son las carnes DFD o de corte oscuro y que llevan color oscuro y pH alto (sobre 5,8).

Wirth (1987), señala que carnes DFD o corte oscuro resultan inapropiadas para el envasado al vacío por su elevado pH y establece como pH máximo aceptable para envasado al vacío un valor igual a 5,8, pues señala que el pH alto ofrece un ambiente propicio para que se desarrollen las bacterias de la putrefacción, las cuales proliferan rápidamente en ambientes neutros llevando a un rápido deterioro del producto. En la carne normal, en condiciones de pH bajo, se imponen desde un principio las bacterias acidificantes impidiéndose la putrefacción.

Las carnes DFD se observan secas, poseen una superficie de corte untuosa, el color es notoriamente rojo oscuro. La capacidad de retención de agua debido al elevado pH es muy buena y por lo mismo la aptitud para el curado puede verse disminuida debido a que el hinchamiento intensivo de las fibras musculares retarda la penetración de sal a la carne.

Warris (2000), señala que la carne DFD posee malas características industriales y que el desarrollo del sabor es pobre tanto en productos procesados como en carne fresca cocinada. En relación con las carnes envasadas al vacío señala que es posible encontrar una coloración verde debido a la formación de sulfomioglobina; esta coloración es causada por las bacterias bajo condiciones anaeróbicas luego que la mioglobina reaccione con el sulfato de hidrógeno.

Según Hofmann (1988), el pH tiene influencia directa o indirecta sobre: color, terneza, sabor, capacidad de retención de agua y conservabilidad. De esta manera, el pH es importante tanto para el aspecto sensorial como también para la aptitud para la transformación de la carne en productos procesados. Sin embargo, el valor nutritivo de las carnes DFD permanece inalterado.

Según Warris (2000), el pH es inversamente proporcional a la cantidad de lactato en el músculo. El pH alto determina que las proteínas musculares se encuentren muy cerca de su punto isoeléctrico por lo que el agua se encuentra estrechamente ligada y se forma poco o nada de exudado. De esta forma el músculo parece “cerrado” y la estructura muscular más que reflejar la luz, la absorbe por lo que la carne se observa más oscura. Esta cerrada estructura muscular reduce la difusión de oxígeno desde la superficie hacia el interior del músculo y cualquier molécula de oxígeno al interior del músculo es usada por las enzimas citocromo cuya actividad está aumentada por el elevado pH. Así entonces se obtiene una muy delgada capa superficial de oximioglobina y la superficie parece más oscura.

Gregory (1998), señala como características positivas de la carne DFD su elevada capacidad de retención de agua, menores pérdidas de peso como “drip” en carne fresca, menores pérdidas de peso durante el proceso de descongelación y menores pérdidas de peso durante la cocción en relación con la carne normal. Además señala que el sabor es más débil cuando la carne es cocinada en la parrilla o frita que cuando es asada en una cacerola. La carne normal sería más aceptada que las carnes DFD porque los consumidores prefieren carne con un sabor más fuerte; la razón para este sabor más suave es que la carne DFD posee menos glucosa y menos intermediarios glicolíticos que la carne normal.

Para medir el pH existen básicamente dos métodos diferentes: indicadores de color (subjetivo) y electrodos de vidrio vinculados a un peachímetro indicador (objetivo). Según Hofmann (1988), estos métodos no estarían siendo adoptados de manera general por los establecimientos elaboradores de carne, tal como cabría esperar de acuerdo a la utilidad que brindan. Para esto existirían dos razones fundamentales, por un lado no se conocen suficientemente las ventajas económicas del examen cualitativo del pH y por otro lado existe el concepto erróneo de que el pH en sí es algo complejo y sofisticado.

En cuanto al color, Warris (1996c), señala que el color de la carne está principalmente determinado por la cantidad y estado químico del hierro contenido tanto en la mioglobina (Mb) como hemoglobina (Hb). La cantidad de hemoglobina en la carne estará dada por el residuo de sangre que quede luego del sacrificio. La concentración de mioglobina es muy variable tanto entre especies como entre músculos; generalmente los animales más activos poseen una concentración de mioglobina más alta comparado con animales sedentarios. Animales sometidos a un plano nutricional alto con el consecuente rápido crecimiento tienden a tener niveles de mioglobina más bajos. En relación con la edad, en los animales de mayor edad los niveles de pigmento aumentan y por ende tienden a producir carne más oscura. Según este mismo autor, los métodos de monitoreo de color con el propósito de controlar la calidad de la carne son muy poco utilizados, y señala al color como un aspecto de calidad muy importante dado el comportamiento de los consumidores.

De hecho en Chile, Narbona (1995), determinó que el consumidor al momento de comprar carne le da mucha importancia al aspecto que ésta posea y señala al color como el principal argumento de compra.

### 3.2.3. Situación Mundial y Nacional:

Hood y Tarrant (1980), señalan que la condición DFD afecta a todas las categorías de animales, sin embargo mencionan que los toros jóvenes son considerados universalmente como los más afectados. La incidencia es variable pero lo más usual es encontrar valores de 1-5 % para novillos y vaquillas, 6-10 % para vacas y 11-15 % para toros jóvenes. Además señalan que existen meses en los cuales se presenta mayor número de casos de DFD, y que en el hemisferio Norte correspondería al período entre septiembre y enero, además del mes de abril. En el hemisferio Sur (Australia y Nueva Zelanda) los meses críticos serían junio, julio y febrero. En Finlandia reportan altas incidencias de DFD, con valores cercanos a 26 %, estos datos están basados en el análisis de un número considerable de canales (13292 canales en total) de vaca, vaquillas y toros jóvenes.

En Bélgica el DFD ocurre en 7,2 % de las vacas, 2,4 % de los novillos, 21,2 % de los toros jóvenes. Los músculos más afectados son los del lomo y cuarto posterior (Dezeure-Wallays y col., 1984).

En Reino Unido la incidencia de DFD alcanza el 4,1 %, y la incidencia en toros es el doble de la incidencia en novillos, además se señala que el problema es mayor cuando los animales son faenados el mismo día de haber llegado a la planta faenadora de carnes (PFC) en relación con los que se faenan al día siguiente (Brown y col., 1990). Según Warris (1996b), la carne DFD se presenta más frecuentemente en toretes.

En Dinamarca el problema del corte oscuro es escaso, y ello estaría dado por la estructura del mercado, las cortas distancias hacia mataderos y supermercados y la tradición para transportar animales para sacrificio; todo esto favorece la incidencia baja de DFD (Buchter, 1980).

En Chile existe escasa relación entre la zona del país que concentra la mayor masa bovina y el lugar en donde se faena la mayor cantidad de animales, dado por la lejanía que existe entre los centros de consumo (con la mayor densidad poblacional de Chile) y los centros productores. La población bovina se distribuye principalmente en las regiones IX y X (Chile, 1998), sin embargo el beneficio, se concentra en un 43 % en la Región Metropolitana (ODEPA, 2001), mientras que en la IX Región sólo se faena el 10,8 % y en la X Región el 17,1 %. Por esta razón los animales son sometidos a largos viajes, cuando lo lógico y aconsejable sería faenarlos cercanos al lugar de producción y transportar las canales hacia los centros de consumo.

Más del 50 % del ganado recibido por la principal planta faenadora de Santiago proviene de distancias superiores a 600 km (Matic, 1997). Además, del total de animales provenientes de localidades cercanas a Santiago (26,5 %), muchos provienen de ferias con lo cual la cantidad de kilómetros recorridos y el tiempo de ayuno es mayor. Debido a que el traslado del ganado se realiza principalmente en pié, el transporte representa un importante eslabón que puede afectar la calidad de la carne a lo largo de la cadena productiva (Gallo, 1996), sobre todo si consideramos que el transporte con frecuencia coincide con un cambio de dueño en donde la responsabilidad por el bienestar animal, que afecta la calidad final del producto, puede verse comprometida.

El concepto de bienestar animal durante el transporte es otro aspecto que no se debe descuidar, evitando así todo sufrimiento durante la carga, descarga y en general durante las etapas de producción y faenamiento (Gallo, 1996). Actualmente en Chile, el transporte bovino debe ajustarse a la Ley de Carnes (Chile, 1992) y su Reglamento de Transporte de Ganado Bovino y Carne (Chile, 1993); éste contiene indicaciones precisas y obligatorias tendientes a mejorar las condiciones de transporte de los bovinos, estableciéndose entre otras cosas aspectos relativos al manejo de los animales, a la densidad de carga y al tiempo máximo de transporte continuo. Específicamente en el Art. 4-d señala: “la superficie interna mínima deberá permitir un cómodo transporte de los animales. Se exigirá de un metro cuadrado por cada 500 kg de peso vivo”, y en el Art. 5-b “será responsabilidad del transportista vigilar regularmente los animales que transporta y someterlos a abrevaje cada 24 horas y por un período de 8 horas”.

En Chile se han realizado diversos estudios relacionados con el transporte animal y la calidad de la carne, de los cuales se presentan a continuación algunas de sus principales conclusiones:

Palma (1990), encontró que la incidencia de corte oscuro en la planta faenadora de Osorno era 10,2 %, y que los animales más afectados fueron los de la raza Frisón Negro, entre 4D y 6D por cronometría dentaria por lo que su manejo previo a la faena debiera ser lo más cuidadoso y menos estresante posible.

Devia (1992), en Temuco encontró una frecuencia de presentación de corte oscuro de 4,99 %, siendo más afectados los bovinos de razas doble propósito (O. Negro y O. Colorado).

Arcos (1994), observó que el problema de corte oscuro, se presentó en las clases Novillo y Novillito en porcentajes de 21,36 % y 18,38 % respectivamente. Los novillos de la raza Overo Negro con edad de 6D por cronometría dentaria, fueron los más afectados.

Sanhueza (1999), observó valores de pH más altos en canales de bovino a medida que aumenta el tiempo de viaje (con viajes de 3 y hasta 24 h), sin embargo, indica que el transporte corto pero estresante también puede llevar a obtener canales de menor calidad.

Alvarado (1999), quien analizó las concentraciones sanguíneas de diversas variables relacionadas con el estrés, señala que existe una gran variación individual en la respuesta en cuanto a cómo enfrenta cada animal una situación estresante durante el transporte. Por otra parte el tiempo de transporte de 3 horas fue el que presentó los menores cambios en las concentraciones sanguíneas de las variables estudiadas. Los animales transportados por 36 horas con y sin descanso incrementaron significativamente las concentraciones de cortisol, glucosa y creatinquinasa en sangre.

Espinoza (2000), indica que el transporte prolongado de bovinos (36 h) en camión resulta perjudicial, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo de la canal (pH y color), independiente si los bovinos son o no sometidos a abrevaje luego de las 24 horas iniciales de transporte continuo

Lizondo (2000), observó que al aumentar las horas de transporte y el tiempo de ayuno, el pH de las canales producidas fue más alto y la luminosidad de la carne disminuyó (carne más oscura); además tanto el glucógeno muscular como hepático presentaron niveles más bajos a mayor tiempo de transporte y ayuno.

También es importante la percepción de las plantas faenadoras en cuanto a los problemas de calidad. Al respecto, Castro (2001)\*, señala que las canales que presentan corte oscuro en la PFC, son depreciadas en un 10 % de su valor comercial (aproximadamente \$ 90 kg/vara), también señala que existirían algunos meses del año con mayor número de casos, estos serían Mayo y Noviembre. Esta depreciación afecta la rentabilidad de las plantas faenadoras y de los proveedores.

Según Gallo (1999), resulta casi imposible evitar completamente el problema puesto que el manejo antemortem es inevitablemente estresante para los animales. Por ello, a lo que hay que tender es a mantener el problema en un mínimo es decir, no más allá de un 3-5 %. Lo importante sería prevenir al máximo los factores estresantes, tanto en el predio de origen como durante el transporte y en la planta faenadora, esto muchas veces es simple preocupación en el manejo y no implica mayor costo.

\* Comunicación Personal Dr. Iván Castro. Procesadora de Carnes del Sur, FRIVAL S.A. Mayo 2001.

Si bien hay varios aspectos ya analizados sobre el tiempo de transporte y ayuno y su relación con la calidad de la carne, en el país no existen estudios sobre las condiciones durante estos tiempos. Ultimamente diversos reportes (Knowles, 1999) señalan que no sólo es importante el tiempo de viaje (horas), también lo son las condiciones bajo las cuales se lleve a cabo el transporte, de esta manera la búsqueda de una densidad óptima de carga podría contribuir a disminuir los factores estresantes provocados por estos viajes.

El objetivo general de este estudio fue determinar, en novillos destinados al faenamiento, el efecto de dos densidades de carga y dos tiempos de transporte sobre la calidad de la carne producida. La hipótesis era que a mayor tiempo de transporte y mayor densidad de carga la calidad de la carne producida es menor en términos de pH y color muscular. Los objetivos específicos fueron: determinar el pH y color a nivel del músculo Longissimus thoracis en las canales de los novillos, determinar las concentraciones de glucógeno hepático y muscular postmortem y comparar las variables anteriores entre los novillos con diferentes tratamientos.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS:

Este estudio forma parte del proyecto FONDECYT 1010201, titulado “Efecto de diferentes condiciones de transporte, ayuno y manejo de bovinos previo al sacrificio sobre el bienestar animal y la calidad de la carne”. Se llevó a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Carnes de la Universidad Austral de Chile, y contó con la colaboración de la Planta Procesadora de Carnes, FRIVAL S.A., de la ciudad de Valdivia. El experimento consideró 4 repeticiones: 2 en invierno (Julio y Agosto de 2001, repeticiones 1 y 2) y 2 en verano (Enero 2002, repeticiones 3 y 4) para mejor representatividad durante el año.

### 4.1 Material:

#### 4.1.a. Material biológico:

Se emplearon durante el estudio 120 novillos de la misma procedencia, similar peso (490 kgs promedio) y edad (2D según cronometría dentaria, Chile 1994b), los cuales fueron aportados por un predio cercano a la ciudad de Río Bueno, X Región.

#### 4.1.b. Otros Materiales:

Se utilizaron dos camiones de transporte de ganado, de similar estructura cuyas superficies son de 16,64 m<sup>2</sup> (camión A) y 16,70 m<sup>2</sup> (camión B) respectivamente. Además se utilizaron en el experimento los siguientes equipos y elementos:

- Peachímetro con electrodo de pincho, marca HANNA, modelo HI 9025.
- Espectrocolorímetro Miniscan XE Plus, marca HUNTERLAB.
- Tijeras, pinzas anatómicas, lápiz marcador y bisturí.
- Un estanque de nitrógeno líquido y tubos plásticos para el almacenamiento de las muestras de músculo e hígado.

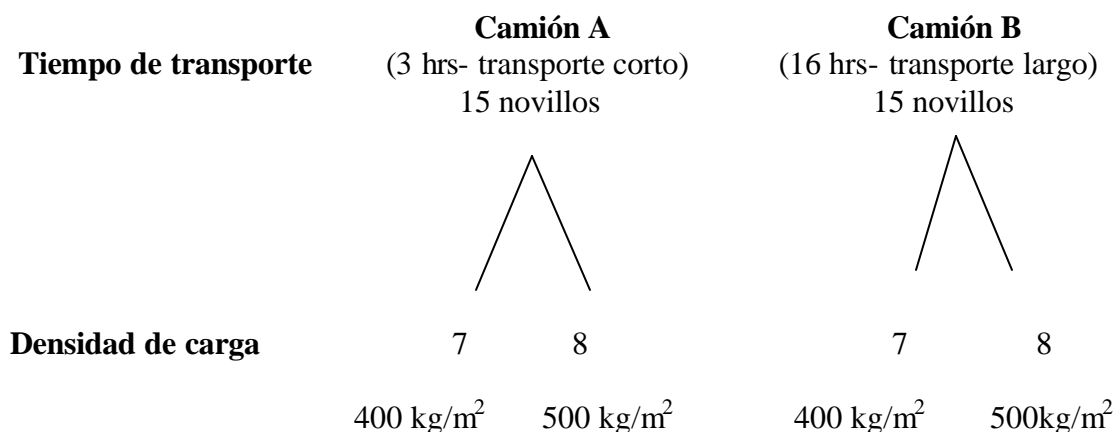
### 4.2 Métodos:

Se utilizó un diseño experimental factorial de 2 x 2 (dos densidades y dos tiempos de transporte), con cuatro repeticiones (réplicas) de un mismo experimento en que se usaron 30 novillos cada vez. En cada repetición los animales se identificaron mediante autocrotales y se pesaron en el predio, para luego asignarlos en bloques según peso, al azar, a los distintos tratamientos.

El experimento consistió en transportar cada vez 30 novillos: 15 novillos en el camión (A) por un tiempo corto (3 horas) entre el predio y la planta faenadora y 15 novillos en el camión (B), de similar estructura y capacidad, por un tiempo largo (16 horas). Además, dentro de cada camión los animales fueron sometidos a dos densidades de carga diferentes para lo



cual, se subdividió el espacio de carga disponible del camión, llevando cada camión 7 novillos en la parte anterior lo que se denominó como densidad 400 kg/m<sup>2</sup> (la densidad real fluctuó entre 373 y 411 kg/m<sup>2</sup> en las 4 repeticiones) y 8 novillos en la parte posterior lo que se denominó como densidad 500 kg/m<sup>2</sup> (la densidad real fluctuó entre 497 y 554 kg/m<sup>2</sup> en las 4 repeticiones). (ver esquema 1 y anexo 6).



Esquema 1. Diseño de los experimentos con dos tiempos de transporte y dos densidades de carga.

Los novillos con tiempo de transporte corto (3 horas) y largo (16 horas) partieron simultáneamente desde el predio, en todas las repeticiones a las 17 horas, y el tiempo de transporte fue medido desde la hora de salida del predio hasta la llegada a la planta faenadora. El transporte se llevó a cabo utilizando la Ruta 5 sur entre Río Bueno - Puerto Montt - Lanco - Valdivia, dentro de la X Región, a una velocidad relativamente constante (75 a 80 km) hasta completar el tiempo de transporte preestablecido. Estos tiempos simulaban las condiciones de transporte regionales (3 horas) entre Río Bueno y Valdivia y las de transporte entre la X Región y Santiago (16 horas).

Los animales que fueron sometidos a un transporte corto recorrieron alrededor de 120 km, en cambio los de transporte largo, recorrieron aproximadamente 710 km.

Una vez completado el tiempo de transporte preestablecido los novillos fueron descargados en la planta faenadora de Valdivia, y permanecieron en ayuno el tiempo mínimo que establece el reglamento de mataderos (Chile, 1994a) que corresponde a 12 horas previo al faenamiento; durante este periodo los novillos sólo recibieron agua *ad-libitum*.

Durante las repeticiones de invierno la temperatura ambiental osciló entre los 7 y 17° C con precipitaciones, mientras que durante las repeticiones de verano oscilaron entre los 10 y 24° C.

Los antecedentes de las variables a analizar fueron recolectados de la siguiente forma:

#### **4.2.1. Concentración de glucógeno muscular y hepático postmortem:**

La concentración de glucógeno muscular y hepático se midió tomando una muestra del músculo Longissimus thoracis (a nivel de la 9° a 10° costilla) y otra de hígado de aproximadamente 5 g c/u, en los animales recién faenados (antes de 30 minutos postmortem). Las muestras se colocaron dentro de tubos plásticos e identificaron y congelaron inmediatamente en nitrógeno líquido según el método descrito por Warris y col. (1984).

Luego de tomar las muestras, éstas fueron enviadas en estanques con nitrógeno líquido al Centro de Referencia para Productos de Origen Animal (CERPRAN) de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile (Santiago), donde se determinó su contenido de glucógeno. Para su análisis, se extrajo aproximadamente 1 gramo de tejido (músculo e hígado), el que fue homogeneizado con 10 ml de HCl al 1N y posteriormente hidrolizado durante dos horas a 100° C. Paralelamente, una muestra de aproximadamente 1 gramo de tejido se homogeneizó en amortiguador Tris 20 mM, pH 7,5. Alícuotas apropiadas de cada muestra (por ej. 5, 10, 25  $\mu$ l) se usaron para determinar la glucosa oxidasa, usando el reactivo de Merck siguiendo las instrucciones del fabricante. En cada oportunidad se hizo una curva de calibración usando un estándar de glucosa 1 mg/ml con al menos 5 puntos. Los valores se expresaron como  $\mu$ mol de glucosa por gramo de tejido (peso húmedo) y son el promedio de al menos dos determinaciones.

La concentración de glucógeno se obtuvo sacando la diferencia entre los valores del glucógeno hidrolizado (glucógeno intracelular más el extracelular) y el glucógeno control (glucógeno extracelular). Por lo tanto en algunos casos se obtienen valores de glucógeno negativos.

#### **4.2.2. Medición de color:**

La determinación del color se realizó 24 horas postmortem, sobre la superficie de corte del músculo Longissimus thoracis (entre 9° y 10° costilla) con un espectrocolorímetro HUNTERLAB, el cual se calibró con una inclinación de 10°, iluminante D65 (que corresponde a la semejanza de luz natural), con escala Lab y con una longitud de onda entre los 400 nm y 700 nm. La medición se realizó inmediatamente después de la medición de pH y en el mismo lugar; se obtuvieron 3 lecturas por canal, siendo luego promediadas. Se tomó especial cuidado de no medir sobre grasa, tejido conectivo, hueso o restos de éstos, para evitar que interfieran en los valores obtenidos. Mediante esta metodología se obtuvieron los valores promedio de “L” (luminosidad), “a” (tenor de rojo-verde) y “b” (tenor de amarillo- azul) de cada canal en los distintos tratamientos.

Para cada tratamiento, además de la medición con el colorímetro, se realizó la observación de presencia o ausencia de la anomalía “corte oscuro” (CO) por simple apreciación visual del área expuesta al cuarteo en el músculo Longissimus thoracis, utilizando la pauta de colores de Price y Schweigert (1976). (Anexo 6).

### 4.2.3. pH de las canales:

El pH se midió en la canal fría (24 horas postmortem) en la profundidad del músculo Longissimus thoracis entre la 9° y 10° costilla (inmediatamente después del cuarteo), usando para ello un peachímetro con electrodo de pincho. El peachímetro previo a ser usado fue calibrado usando las soluciones control. Se consideró como pH anormal un valor igual o superior a 5,8.

### 4.2.3 Relaciones entre pH, color, glucógeno muscular y hepático:

Se analizó la relación entre las variables para el caso de las canales con  $\text{pH} \geq 5,8$ , usando estadística descriptiva.

### 4.3 Análisis estadístico:

La significancia estadística de las diferencias entre tratamientos fue cuantificada usando análisis de varianza mediante el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijkl} = \mu + tiempo_i + densidad_j + replica_k + e_{ijkl}$$

donde:

$y_{ijkl}$  = es un valor de la variable dependiente del i-ésimo animal sometido en la k-ésima réplica sometida al j-ésima densidad de transporte en el i-ésimo tiempo de transporte.

$tiempo_i$  = efecto fijo del i-ésimo tiempo de transporte (i = 1, 2)

$densidad_j$  = efecto fijo de la j-ésima densidad de transporte (j = 1, 2)

$réplica_k$  = efecto fijo de la k-ésima replica (k= 1, 2, 3, 4)

$e_{ijkl}$  = efecto residual aleatorio (0,  $\sigma_e^2$ )

Las interacciones entre los efectos fijos del modelo fueron incluidas cuando éstas fueron estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ). Los datos fueron analizados usando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 1990) (Statistical Analysis System).

## 5. RESULTADOS.

### 5.1 Concentración de glucógeno hepático y muscular postmortem.

Cuadro 1. Promedios ( $\pm$  D.E.) de concentración de glucógeno hepático (GH) y muscular (GM) en los novillos sometidos a dos densidades de carga y dos tiempos de transporte.

Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Transporte 3 horas		Transporte 16 horas	
	400 n=28	500 n=32	400 n=26	500 n=31
GH $\mu$ mol/g Promedio D.E.	100,92 a ( $\pm$ 50,74)	112,41a ( $\pm$ 46,03)	80,57 b ( $\pm$ 36,91)	85,06 b ( $\pm$ 42,38)
GM $\mu$ mol/g Promedio D.E.	35,24 a ( $\pm$ 19,75)	32,92 a ( $\pm$ 18,05)	28,21 a ( $\pm$ 17,96)	37,87 a ( $\pm$ 16,90)

Nota: Letras distintas en una línea indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos.

En el cuadro 1 se observa que en los novillos sometidos a 3 horas de transporte se obtuvo una concentración de glucógeno hepático promedio significativamente mayor que en los novillos sometidos a 16 horas de transporte ( $P < 0,05$ ), sin embargo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar novillos que fueron sometidos a un mismo tiempo de transporte pero bajo distinta densidad de carga.

En el caso del glucógeno muscular no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos y se observa que las concentraciones son inferiores a las encontradas en hígado. En general existe alta variabilidad en las concentraciones de glucógeno.

### 5.2 Medición de color.

En el cuadro 2 se observa que el valor promedio de "L" tiende a ser menor con más horas de transporte obteniéndose el valor promedio más bajo en el grupo sometido a 16 horas de transporte y densidad 500 kg/m<sup>2</sup>, sin embargo no se alcanzó diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos.

En cuanto al tenor de rojo-verde "a" y de amarillo-azul "b", sí hubo diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) para tiempo de transporte, con promedios inferiores para el transporte largo, pero no hubo diferencias estadísticamente significativas entre densidades de carga.

Cuadro 2. Promedios ( $\pm$  D.E.) de luminosidad (L), tenor de rojo-verde (a) y de amarillo-azul (b) en el músculo Longissimus thoracis de las canales de los novillos sometidos a dos densidades de carga y dos tiempos de transporte.

Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Transporte 3 horas		Transporte 16 horas	
	400	500	400	500
	n= 28	n=32	n=28	n=32
L	25,37 ( $\pm$ 2,37)a	25,45 ( $\pm$ 1,78)a	25,09 ( $\pm$ 2,60)a	24,66 ( $\pm$ 2,35)a
a	13,30 ( $\pm$ 1,52)a	13,28 ( $\pm$ 2,08)a	12,28 ( $\pm$ 1,24)b	12,54 ( $\pm$ 1,17)b
b	8,19 ( $\pm$ 1,05)a	8,18 ( $\pm$ 1,19)a	7,54 ( $\pm$ 1,01)b	7,53 ( $\pm$ 0,91)b

Nota: Letras distintas en una línea indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos.

### 5.3 pH de las canales.

Cuadro 3. Promedios ( $\pm$  D.E.) de pH en las canales de novillos sometidos a dos densidades de carga y dos tiempos de transporte.

Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Transporte 3 horas		Transporte 16 horas	
	400	500	400	500
	n=28	n=32	n=28	n=32
Promedio	5,55 a	5,53 a	5,71 b	5,62 b
D.E.	( $\pm$ 0,16)	( $\pm$ 0,15)	( $\pm$ 0,39)	( $\pm$ 0,26)

Nota: Letras distintas en una línea indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $P < 0,05$ ).

En el cuadro 3 se observa que hay diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores promedio de pH de las canales entre los dos tiempos de transporte, siendo los promedios superiores con transporte largo; sin embargo no hubo diferencias al comparar las dos densidades de carga. El valor promedio más alto se obtuvo en los novillos de 16 horas y densidad 400 kg/m<sup>2</sup>.

Cuadro 4. Número de canales con pH  $\geq 5,8$  y con corte oscuro por simple apreciación visual en los novillos sometidos a dos densidades de carga y dos tiempos de transporte.

Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Transporte 3 horas		Transporte 16 horas	
	400	500	400	500
	n=28	n=32	n=28	n=32
Canales con pH $\geq 5,8$	1	1	7	3
Corte oscuro	0	0	3	1

En el cuadro 4 se observa que sólo hubo corte oscuro (CO) por apreciación visual en las canales de novillos sometidos a 16 horas de transporte para ambas densidades. En cuanto al número y porcentaje de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  (ver cuadro 4 y gráfico 1), el grupo transportado por 16 horas a  $400 \text{ kg/m}^2$  de densidad presentó el mayor número alcanzando a un 25 % y el grupo transportado por 16 horas con densidad  $500 \text{ kg/m}^2$  un 9,4 %; en las canales de los novillos sometidos a 3 horas de transporte el problema de  $\text{pH}$  mayor o igual a 5,8 sólo se detectó en el 3,6 % de los animales.

Del gráfico 1 se puede concluir que por apreciación visual se detectan menos del 50 % de las canales que efectivamente presentan  $\text{pH}$  sobre 5,8. En los novillos sometidos a 16 horas de transporte y densidad  $400 \text{ kg/m}^2$  fue posible detectar CO por apreciación visual en un 43 % de las canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  para ese tratamiento y en el grupo de 16 horas y densidad  $500 \text{ kg/m}^2$  sólo se detectó un 33 % de CO a la vista en las canales con  $\text{pH} \geq 5,8$ . En los novillos sometidos a 3 horas de transporte, a pesar de que hubo un 3,6 % de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  en ambas densidades, no se detectó CO por simple apreciación visual.

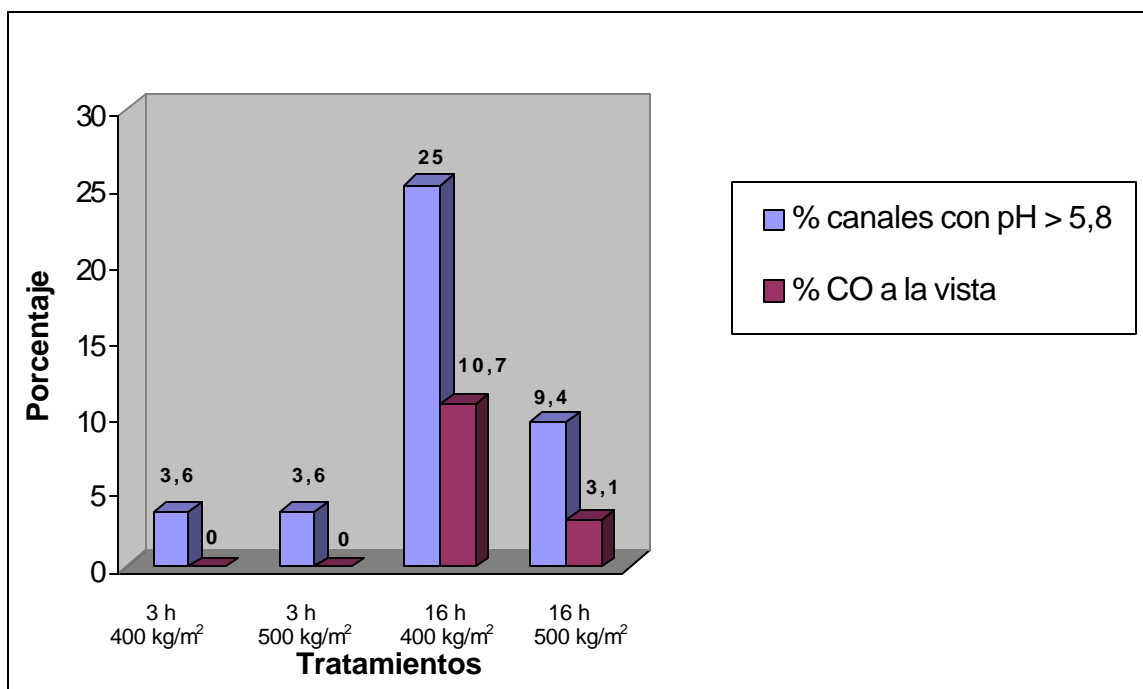


Gráfico 1: Porcentaje de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  y porcentaje de detección de corte oscuro (CO) por simple apreciación visual en las canales de los novillos sometidos a dos densidades de carga y dos tiempos de transporte.

#### 5.4 Relaciones entre pH, color, glucógeno muscular y hepático en las canales con pH mayor o igual a 5,8.

Cuadro 5. Valores individuales y promedio de pH, concentración de glucógeno muscular (GM) y hepático (GH) en novillos con pH muscular igual o superior a 5,8 (24 horas postmortem).

Nº animal	pH	GM µmol/g	GH µmol/g
79	5,98	10,88	83,84
64	6,04	12,89	103,05
90*	6,91	2,04	60,46
66	6,17	12,08	136,91
74*	6,68	4,5	17,14
96	6,05	6,14	43,66
115*	6,77	1,29	142,0
93	6,06	24,91	71,42
113	6,15	10,7	157,31
109	5,87	13,88	93,77
117*	6,25	7,36	65,56
118	5,93	8,38	133,95
<b>Promedio</b>	<b>6,23</b>	<b>9,58</b>	<b>92,42</b>
<b>D.E</b>	<b>0,35</b>	<b>6,35</b>	<b>43,47</b>

Nota: \* canales con CO a la vista.

En el cuadro 5 se observa que, aunque hay alta variabilidad entre individuos, en todas aquellas canales con  $\text{pH} \geq 5,8$ , la concentración de glucógeno muscular fue inferior a los 25  $\mu\text{mol/g}$  con un promedio de 9,58  $\mu\text{mol/g}$ . En cambio, al considerar sólo las canales con pH normal ( $\text{pH} < 5,8$  ver anexos 1 al 4) se obtiene un promedio de 36,50  $\mu\text{mol/g}$  a pesar de que también hubo entre éstas algunos valores individuales de  $\text{GM} < 25 \mu\text{mol/g}$ ; para el glucógeno hepático el promedio fue de 92,42  $\mu\text{mol/g}$  en las canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  y al considerar sólo las canales normales se obtuvo un promedio de 95,68  $\mu\text{mol/g}$  (ver anexos 1 al 4).

También se puede ver en el cuadro 5 que las canales con corte oscuro a la vista fueron aquellas que presentaron valores de pH más altos ( $\geq 6,25$ ).

En el cuadro 6, se observa que los promedios de L, a, b, en las canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  resultan ser menores que los obtenidos al considerar sólo las canales con pH normal. En éstas el promedio de pH fue de 5,53; el promedio de "L" fue 25,41; el promedio de "a" fue 13,08 y el promedio de "b" fue 8,02 (ver anexos 1 al 4).

Cuadro 6. Valores individuales y promedio de luminosidad (L), tenor de rojo-verde (a) y tenor de amarillo-azul (b) en las canales de novillos con pH  $\geq$  5,8 (24 horas postmortem).

<b>Nº animal</b>	<b>pH</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
79	5,98	21,03	10,98	6,05
64	6,04	23,45	11,76	6,96
90*	6,91	20,24	10,47	6,10
66	6,17	26,38	11,10	7,12
74*	6,68	19,40	11,19	6,23
96	6,05	27,75	10,23	7,24
115*	6,77	20,04	8,71	4,68
93	6,06	23,02	10,56	6,38
113	6,15	20,87	10,18	5,95
109	5,87	23,77	12,33	7,74
117*	6,25	25,51	11,69	7,08
118	5,93	21,50	11,02	6,29
<b>Promedios</b>	<b>6,23</b>	<b>22,74</b>	<b>10,85</b>	<b>6,48</b>
<b>D.E.</b>	<b>0,35</b>	<b>2,70</b>	<b>0,93</b>	<b>0,80</b>

Nota: \* canales con CO a la vista.



## 6. DISCUSIÓN.

### 6.1 Concentración de glucógeno hepático (GH) y muscular (GM):

En los animales sometidos a transporte largo los valores promedio para GH fueron menores ( $P < 0,05$ , cuadro 1) lo que indica que estos animales necesitaron una mayor cantidad de energía para mantener la homeostasis. Varios autores (Forrest y col., 1979; Lister y col., 1981; Fikuart y col., 1996) afirman que las catecolaminas producto del estrés provocan en la sangre una hiperglicemia, la cual es originada a partir del GH aportando éste las concentraciones sanguíneas necesarias para resistir la adversidad del medio. Esto explica la disminución del GH al aumentar las horas de transporte.

Los valores promedio de GH que se obtuvieron en este experimento concuerdan con los que obtuvo en un experimento similar Lizondo (2000), quien reportó valores de  $98,8 \mu\text{mol/g}$  en viajes de 3 horas y  $67,5 \mu\text{mol/g}$  en viajes de 16 horas más 12 horas de ayuno. En cuanto a los valores obtenidos según densidad de carga en ninguno de los estudios de densidad de carga disponibles se había incluido esta variable (Eldridge y Winfield, 1988; Tarrant y col., 1988; Tarrant y col., 1992; Knowles, 1999) por lo cual no fue posible comparar los valores aquí obtenidos. Por esta razón los valores promedio encontrados para las dos densidades de carga utilizadas pueden servir como referencia para estudios posteriores.

En cuanto al glucógeno muscular (cuadro 1), no se alcanzaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre los distintos tratamientos. Lizondo (2000), reporta valores promedio para GM durante viajes de 3 horas de  $23,6 \mu\text{mol/g}$  mientras que para viajes de 16 horas reporta valores promedios de  $17,0 \mu\text{mol/g}$ , Sanhueza (1999), menciona valores promedio de  $24,74 \mu\text{mol/g}$  durante viajes de 3 horas y  $24,97 \mu\text{mol/g}$  en viajes de 16 horas; en el estudio de Lizondo (2000), dichos promedios son algo inferiores a los obtenidos durante esta investigación lo que se relaciona con mayor pH y CO.

Un aspecto importante de destacar, es la relación que se encontró entre los valores de GM de los novillos y la presencia de canales con pH anormal ( $\text{pH} \geq 5,8$ ) y con corte oscuro (CO). Las canales con CO a la vista (cuadro 5, anexos 1 al 4) presentaron valores de glucógeno muscular inferiores a  $7,36 \mu\text{mol/g}$ . En el caso de las canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  el 100 % de éstas presentaron valores de glucógeno  $\leq 24,91 \mu\text{mol/g}$ . Lo anterior coincide con Brown y col. (1990), quienes señalan que concentraciones de GM menores a  $27,7 \mu\text{mol/g}$  indican una alta probabilidad de encontrar canales con CO (las que considera con  $\text{pH} \geq 6,0$ ). Por otra parte el promedio de GM para las canales normales fue de  $36,50 \mu\text{mol/g}$  lo que coincide con Immonen y col. (2000a), quienes señalan que se necesitan cerca de  $45 \mu\text{mol/g}$  para disminuir el pH de 1 kg de músculo desde 7,2 a 5,5. Sin embargo, también hubo canales con pH normal que tuvieron menos de  $25 \mu\text{mol/g}$  de glucógeno muscular, lo que sugiere que los animales responden de distinta forma. En las canales con  $\text{pH} \geq 5,8$ , la concentración promedio de GH

fue de 92,42  $\mu\text{mol/g}$  (cuadro 5) y si consideramos sólo las canales con pH normal se obtiene un promedio de 95,68  $\mu\text{mol/g}$ . Dado que en la bibliografía revisada no se encontraron estudios similares con los cuales comparar la concentración de GH, y la escasa diferencia observada para esta variable entre las canales normales y aquellas con  $\text{pH} \geq 5,8$ , se puede señalar que la concentración de GH no sería adecuada para predecir la existencia de canales con CO.

Por otra parte si se considera que de las 39 canales con  $\text{GM} < 25 \mu\text{mol/g}$  (anexos 1 al 4) el 31% presentó  $\text{pH} \geq 5,8$  en tanto que ninguna con más de 25  $\mu\text{mol/g}$  fue anormal, sería interesante ver forma de poder implementar un método capaz de medir la concentración de GM en el animal vivo antes de la faena. Respecto a esto, Lahucky y col (1998), señalan que el nivel de GM antemortem obtenido por biopsia podría ser un buen predictor de la anomalía CO y un buen indicador de agotamiento metabólico (depleción de glucógeno muscular) en bovinos. Sería importante evaluar el costo y la rapidez en cuanto a toma de muestras y obtención de resultados de dicho método, para así disponer de una herramienta más en la detección temprana y posible prevención de la anomalía CO, sobretodo en aquellos animales que han sido sometidos a largas jornadas de transporte. Sin embargo Warris y col. (1984), señalan que la recuperación de los niveles de glucógeno es lenta y se necesitan a lo menos 2 días con alimentación.

Immonen y col. (2000b), señalan que una forma de prevenir la depleción del glucógeno muscular y la posterior alza del pH postmortem es aumentar el porcentaje de energía en la ración, esto debería realizarse 2 semanas previo al sacrificio. De acuerdo a lo observado en este estudio (cuadro 3) una buena forma de reducir la presentación de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  es evitar transportar los animales por largos períodos de tiempo.

## 6.2 Medición de color.

Con respecto al color (cuadro 2), se puede mencionar que en cuanto a los valores de luminosidad "L", no hubo diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos, observándose sólo una tendencia a disminuir con prolongados tiempos de transporte. En cuanto a los valores de "a" y "b", sólo se encontraron diferencias al comparar los tiempos de transporte. Estos resultados son similares a los obtenidos por Lizondo (2000), quien obtuvo con transporte corto (3 horas) y largo (16 horas) respectivamente para "L" valores promedio de 27,4 y 22,5; valores promedio de "a" de 14,8 y 12,4 mientras que para "b" promedios de 9,3 y 7,3. Lizondo (2000), señala que al aumentar las horas de transporte los valores de L, a, b disminuyen. Con respecto a la densidad, no se encontró en la bibliografía estudios similares con los cuales comparar los datos aquí obtenidos, pero se puede concluir que desde el punto de vista del color de la carne, no se justificaría disminuir la densidad de carga permitida por el reglamento vigente que establece como máximo 500  $\text{kg/m}^2$ .

En el cuadro 6 se analizaron los valores promedio de L, a y b en aquellas canales con  $\text{pH} \geq 5,8$ . Al comparar los valores promedio para cada variable mostrada en este cuadro con aquellos promedios obtenidos en las canales con pH normal (anexo 1 al 4), se observa que existe una relación inversa entre el pH y los valores de L, a y b, lo cual concuerda con Page y

col. (2001), quienes señalan que al aumentar el pH los valores de color disminuyen. Además menciona que los valores de a y b están más fuertemente relacionados con los valores de pH y no tanto con el valor de L, lo que también fue observado en este estudio. Los mismos autores explican que el color en el tejido muscular depende de la reflectancia de la luz sobre el agua libre y la mioglobina en su forma oxigenada. Cuando el pH es elevado las proteínas están más estrechamente unidas y existe menor agua libre, entonces las proteínas ligan más agua, las fibras musculares están hinchadas y dejan menos espacio entre las fibras musculares. Por esto la carne que tiene un alto pH aparece de un color más oscuro debido a que existe menos agua libre para reflejar la luz (Warris, 2000).

En este estudio se observó que en algunas canales que presentaron  $\text{pH} \geq 5,8$  el valor de L superó al valor promedio en su respectivo tratamiento (cuadro 6 y anexos 1 al 4), esto sugiere que el colorímetro Miniscan debiera ser usado asociado a la medición del pH y que el valor de L no es muy exacto al momento de determinar si una canal presenta corte oscuro o no, de hecho una de las canales con corte oscuro a la vista posee valores de L que prácticamente coinciden con el valor promedio de L que se obtuvo en las canales normales.

En Chile se han realizado varios estudios (Sanhueza, 1999; Espinoza, 2000; Lizondo, 2000), en los cuales se ha usado la medición de color con el colorímetro Miniscan en el músculo Longissimus thoracis, todos estos estudios se realizaron en novillitos 2D (Chile, 1994b), por lo que los datos de este estudio para los valores de L, a y b son comparables y resultan similares. Sin embargo, sería recomendable realizar más estudios para obtener valores estándar para diferentes clases de bovino según sexo, edad, época del año, condiciones de alimentación, tipo de músculo, etc.

Respecto de la importancia del color, en Chile Narbona (1995), determinó que el consumidor discrimina por color al momento de comprar un trozo de carne, pues asocia la carne muy oscura con animales viejos o mala conservación y por el contrario carnes pálidas con carne que posee escaso sabor. Además el cambio de color acarrea problemas a lo largo de la cadena de comercialización de la carne porque se afectan las características tecnológicas de la carne debido al alto pH (Wirth, 1987), y consecuentemente el producto sufre una depreciación en el precio al productor e intermediario.

### **6.3 Medición de pH:**

En cuanto al pH (cuadro 3), se observa que al comparar ambos tiempos de transporte sí hubo diferencia estadísticamente significativa y que los valores promedio de pH fueron más altos en los animales sometidos a transporte largo. Esto coincide con Knowles (1999), quien señala que durante largas jornadas de transporte se produce una depleción del glucógeno muscular debido al ayuno y estrés. El valor promedio de pH más alto se obtuvo en los animales sometidos a transporte largo y densidad  $400 \text{ kg/m}^2$  lo cual coincide con que en ese mismo grupo se obtuvo el menor valor promedio de GH, GM y además, en aquel grupo se detectó el mayor número de CO por apreciación visual (3) y canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  (7).

Lizondo (2000), reportó valores promedios de pH mayores a los registrados en este trabajo, en el caso del transporte corto (3 horas) el promedio fue de 5,77 mientras que para 16 horas de transporte obtuvo promedios de 6,09. Además, obtuvo un mayor porcentaje de CO a la vista (30 y 40 % en ambos tratamientos), esto coincide con lo señalado por Warris (1990), quien señala que si el pH está entre 5,8 y 6,0 la carne tiende a presentar una coloración anormal, pero si el pH es superior a 6,0 la carne toma un color definitivamente oscuro.

Si bien en los grupos con 16 horas de transporte se detectó el mayor número de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  (7 y 3) y el mayor porcentaje de canales con CO a la vista (3 y 1) en el gráfico 1 se observa que por apreciación visual sólo fue posible detectar menos del 50% de las canales que presentaron  $\text{pH} \geq 5,8$ ; esto sugiere la necesidad de implementar mediciones objetivas de pH en los mataderos y no sólo usar la apreciación visual.

En la bibliografía existen muchos reportes sobre el pH y su relación con el tiempo de transporte. Así por ejemplo, Wythes y col. (1981), señalan que el tiempo de transporte es el factor que afecta en mayor medida la calidad de la carne debido a su influencia sobre el pH muscular. Para el caso del pH relacionado con la densidad de carga existen en cambio pocos reportes con los cuales comparar los resultados aquí obtenidos aunque son coincidentes. Tarrant y col. (1992), quienes trabajaron con novillos de 600 kg promedio, transportados durante 24 horas bajo 3 distintas densidades de carga (445, 500 y 570  $\text{kg/m}^2$ ) señalan que el valor final de pH tiende a aumentar a medida que la jornada de transporte se alarga, sin embargo no encontraron diferencias estadísticamente significativas al considerar estas densidades de carga. Además señalan que cuando se transportan animales de estos rangos de peso, sería inaceptable una densidad de carga promedio de 550  $\text{kg/m}^2$  durante largas jornadas, incluso señalan que aunque los animales viajen a una menor densidad de carga el incremento de la jornada de transporte es perjudicial y conlleva a un deterioro en el bienestar animal. Eldridge y Winfield (1988), quienes transportaron novillos de 400 kg promedio durante 6 horas, usando densidades de 290, 345 y 450  $\text{kg/m}^2$ , no encontraron diferencias en los valores de pH asociadas a la densidad de carga durante el transporte.

Según los resultados obtenidos en este estudio desde el punto de vista del contenido de GH, GM, color y pH no se justificaría disminuir la densidad de carga máxima establecida en el reglamento y que corresponde a 500  $\text{kg/m}^2$  (Chile, 1993). Sin embargo, desde el punto de vista del número de las contusiones observadas en estos mismos animales (Valdés, 2002), y en otros estudios (Tarrant y col., 1988), y del bienestar animal (Tarrant y col., 1992; Grandin, 1993), sí se justificaría. Respecto al bienestar animal, también en estos novillos se hicieron mediciones de variables sanguíneas (Aranis, 2002\*), pero los resultados están aún en análisis.

\* Tesis en ejecución, Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias, UACH.

**CONCLUSIONES:**

1. La densidad de carga no tuvo efecto sobre la concentración promedio de glucógeno hepático y muscular, pH y color de las canales de los novillos faenados.
2. El tiempo de transporte utilizado, no tuvo efecto sobre la concentración de glucógeno muscular promedio; sin embargo, la concentración de glucógeno hepático promedio fue significativamente menor en los novillos transportados por 16 horas.
3. El tiempo de transporte afectó significativamente el pH de las canales, observándose promedios superiores, un mayor número de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  y más canales con corte oscuro a la vista en los novillos con 16 horas de transporte.
4. El tiempo de transporte afectó significativamente el color del músculo Longissimus thoracis, resultando los promedios de a y b inferiores en las canales de novillos faenados tras 16 horas de transporte; sin embargo, el promedio de L no se afectó significativamente.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**ALVARADO, M.A.** 1999. Análisis de las concentraciones sanguíneas de algunas variables indicadoras de estrés por transporte, en bovinos. Tesis. M.V. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

**ARCOS, S.** 1994. Estudio de factores condicionantes de carnes de corte oscuro, en novillos: Efecto de algunos factores extrínsecos e intrínsecos. Tesis. M.V. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

**ASHMORE, C.R.; CARROLL, F.; DOERR, L.; TOMPKINS, G.; STOKES, H.; PARKER, W.** 1973. Experimental prevention of Dark-Cutting Meat. *J.Anim.Sci.*36: 33-36.

**BROWN, S.N.; BEVIS, E.A.; WARRIS, P.** 1990. An estimate of the incidence of Dark Cutting Beef in the United Kingdom. *Meat Science* 27: 249-258.

**BUCHTER, L.** 1980. Identification and minimisation of DFD in young bulls in Denmark. Danish Meat Research Institute, Maglegaarsvej 2, DK-4000 Roskilde, Denmark.

**CHILE,** 1992. Ley N° 19.162. Publicada en el Diario Oficial del 07 de Septiembre de 1992.

**CHILE,** 1993. Ministerio de Agricultura. Reglamento general de transporte de ganado y carne bovina. Decreto N° 240. Publicado en el Diario Oficial del 26 de octubre de 1993.

**CHILE,** 1994 a. Ministerio de Agricultura. Reglamento sobre funcionamiento de mataderos, cámaras frigoríficas y centrales de desposte y fija equipamiento mínimo de tales establecimientos. Decreto N° 342. Publicado en Diario Oficial del 22 de enero de 1994.

**CHILE,** 1994 b. Instituto Nacional de Normalización (INN). Norma Chilena Oficial NCh.1423.OF 94. Ganado Bovino-terminología y clasificación.

**CHILE,** 1998. Instituto Nacional de Estadísticas (INE). VI Censo Nacional Agropecuario.

**DEVIA, L.** 1992. Estudio de prevalencia de carnes con la condición Dark Cutting Beef (DCB) en una empresa industrial de carnes en Temuco, 1991. Factores predisponentes a la condición. Tesis. M.V. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Chillán. Chile.

**DEZEURE –WALLAYS, B.; VAN HOOFF, J.; PENZAERT, R.** 1984. Incidence and quality characteristic of Dark Cutting in Belgian beef. En: Proceedings of 30<sup>th</sup> European Meeting of Meat Research Workers. Bristol. Pp. 152-153.

**ELDRIDGE, G.A.; WINFIELD, C.G.** 1988. The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. *Aust.J.Exp.Agric.Anim.Husb.*21: 557-561

**ESPINOZA, M.A.** 2000. Efectos del abrevaje en bovinos transportados por 36 horas y destinados al faenamiento. Tesis. M.V. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

**FIKUART, K.; Von HOLLEBEN, K; KUHN, G.** 1996. Práctica e higiene del transporte de animales. Edit. Acribia, Zaragoza.

**FORREST, J.; ABERLE, C.; HEDRICK, H.; JUDGE, M.; MERCKEL, R.**1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. Edit. Acribia, Zaragoza, España.

**GALLO, C.** 1996. Algunas consideraciones sobre el manejo antemortem y su relación con la calidad de la carne en Chile. *Informativo sobre Carne y Productos Cárneos N° 21*(edición extraordinaria); Pp. 27-44

**GALLO, C.** 1998. Algunos consideraciones sobre el transporte y manejo de ganado en Chile. *Informativo sobre Carne y Productos Cárneos N° 22* (edición especial); Pp.24-43

**GALLO, C.** 1999. “Lomos Negros” en Bovinos. *Acción Ganadera* (Junio 1999); Pp. 2-3.

**GRANDIN, T.** 1993. Livestock handling and transport. CAB INT., UK.

**GREGORY, N.** 1998. Animal welfare and meat science. CABI Publishing.UK.

**HOFMANN, K.** 1988. El pH; una característica de calidad de la carne. *Fleischwirtsch. español*, 1:13-18.

**HOOD, D.E.; TARRANT, P.V.** 1980. The problem of dark-cutting in beef. Martinus Nijhoff, the Hague, Netherlands.

**IMMONEN, C.; RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E.** 2000 a. Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science*. 55: 33-38.

**IMMONEN, C.; RUUSUNEN, M.; HISSA, K.; PUOLANNE, E.** 2000b. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science* 55: 25-31.

**KNOWLES, T.G.** 1999. A review of the road transport of cattle. *Veterinary Record*, 144: 197-201.

**LAHUCKY, R.; PALANSKA, O.; MOJTO, J.; ZAUJEC, K.; HUBA, J.** 1998. Effect of preslaughter handling on muscle glycogen level and selected meat quality traits in beef. *Meat Science* vol.50, N° 3, 389-393.

**LISTER, D.; GREGORY, N.; WARRIS, P.D.** 1981. Stress in meat animals. Developments in meat science-2. Applied Science Publishers, London & New Jersey. Chapter 3: 61-87.

**LIZONDO, G.R.** 2000. Efectos de diferentes tiempos de transporte y ayuno sobre las pérdidas de peso y características de la canal en novillos. II Primavera- Verano. Tesis. M.V. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

**MATIC, M.A.** 1997. Contusiones en canales bovinas y su relación con el transporte. Tesis. Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

**NARBONA, C.A.** 1995. Estudio sobre la conducta del consumidor y sus cambios como consecuencia de la aplicación de la tipificación de carne bovina: Discriminación por calidad. Tesis. Ing. Alimentos. Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Valdivia, Chile.

**ODEPA,** 2001. Compendio estadístico silvoagropecuario 1990-2000 (Noviembre 2001). Ministerio de Agricultura, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Depto. De Información Agraria, Santiago, Chile.

**PAGE, J.K.; WULF, D.M.; SCHWOTZER, T.R.** 2001. A survey of beef muscle color and pH. *J. Anim. Sci.* 79: 678-687.

**PALMA, V.O.** 1990. Estudio de factores condicionantes de carnes de “corte oscuro” (DFD) en bovinos. Tesis.M.V. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

**PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S.** 1976. Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos. Edit. Acribia, Zaragoza.

**SANHUEZA, C.A.** 1999. Efectos del tiempo de transporte sobre el contenido de glicógeno muscular y hepático, HP, color, fuerza de cizalla y capacidad de retención de agua en la carne de novillos. Tesis. M.V. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

**SAS,** 1990. SAS User`s Guide: Statistics, Version 6.4. Ed. 1990. SAS Inst Inc. Cary, NC.

**SELYE, H.** 1954. Fisiología y patología de la exposición al estrés. Ed. Científico Médica, Barcelona.



**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.

**TARRANT, P.V.; KENNY, F.J.; HARRINGTON, D.; MURPHY, M.** 1992. Long distance transportation of steers to slaughter: Effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. *Livest. Prod. Sci.* 30: 223-238.

**TARRANT, V.; GRANDIN, T.** 1993. Cattle transport. En: Livestock handling and transport. Pp: 109-126. CAB Int., U.K.

**VALDÉS, A.** 2002. Efectos de dos densidades de carga y dos tiempos de transporte sobre el peso vivo, rendimiento de la canal y presencia de contusiones en novillos destinados al faenamiento. Memoria de Título. M.V. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia. Chile.

**WARRIS, P.D.** 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Anim. Behav. Sci.* 28: 171-186.

**WARRIS, P.D.; KESTIN, S.C.; BROWN, S.N.; WILKINS, L.** 1984. Recovery from mixing stress in young bulls. *Meat Science*. 10: 53-68.

**WARRIS, P.** 1996 a. La conversión del músculo en carne. *Informativo sobre Carne y Productos Cárneos N° 21* (edición extraordinaria); Pp. 9-15.

**WARRIS, P.** 1996 b. Los efectos del manejo antemortem sobre la calidad de la canal y la carne. *Informativo sobre Carne y Productos Cárneos N° 21* (edición extraordinaria); Pp. 17-26.

**WARRIS, P.D.** 1996 c. Instrumental measurement of colour. En: Meat quality and meat packaging. Ed. por Taylor, S.; Raimundo, A.; Severini, M. and Smulders, J. Pp 221-230.

**WARRIS, P.D.** 2000. Meat Science. An introductory text. CABI Publishing. UK.

**WIRTH, F.** 1987. Tecnología para la transformación de carne de calidad anormal. *Fleischwirtsch, español.* 1:22-28.

**WYTHES, J.R.; ARTHUR, R.; THOMPSON, P.; WILLIAMS, G.; BOND, J.** 1981. Effect of transporting cows various distances on liveweight, carcass traits and muscle pH. *Aust.j.Exp.Agric.Anim.Husb.* 21: 557-561.

## ANEXOS.

**Anexo 1.** Resultados individuales y promedios de las mediciones de pH, L, a, b, glucógeno hepático y muscular en las canales de novillos sometidos a 3 horas de transporte y densidad 400 kg/m<sup>2</sup> (4 repeticiones).

Rep.1

Nº animal	pH	L	a	b	Glucógeno H	Glucógeno M
46	5,65	24,3	12,41	7,59	15,09	42,04
30	5,46	23,83	13,46	7,59	80,54	77,2
37	5,42	25,39	13,48	8,05	144,79	60,5
5	5,67	24,23	11,56	6,88	64,58	44,66
22	5,48	23,91	13,1	7,96	247,81	75,65
9	5,47	25,76	12,07	7,48	64,64	62,34
15	5,53	26,06	13,29	8,24	173,19	53,59
<b>Promedio</b>	<b>5,53</b>	<b>24,78</b>	<b>12,77</b>	<b>7,68</b>	<b>112,95</b>	<b>59,43</b>

Rep.2

80	5,58	28,67	16,74	10,76	56,51	17,9
82	5,65	21,72	13,98	8	128,53	51,92
73	5,63	25,04	13,4	8,3	133,5	36,33
72	5,69	28,62	16,7	10,25	112,35	34
77	5,28	29,97	14,92	9,39	161,83	28,61
76	5,47	24,48	14,94	8,47	140,09	37,55
68	5,63	20,76	11,97	6,63	132,38	59,02
<b>Promedio</b>	<b>5,56</b>	<b>25,61</b>	<b>14,66</b>	<b>8,83</b>	<b>123,60</b>	<b>37,90</b>

Rep.3

136	5,32	28,63	11,89	8,15	70,22	2,12
107	5,45	24,86	11,87	7,08	120,58	20,05
131	5,3	26,34	12,3	7,98	115,26	17,93
95	5,67	21,49	10,95	6,63	19,88	4,3
101	5,36	27,29	15,05	9,29	142,07	34,55
93	6,06	23,02	10,56	6,38	71,42	24,91
135	5,52	23,68	14,2	8,13	117,8	12,99
<b>Promedio</b>	<b>5,53</b>	<b>25,04</b>	<b>12,40</b>	<b>7,66</b>	<b>93,89</b>	<b>16,69</b>

Rep.4

105	5,57	25,58	13,47	8,31	88,76	18,98
116	5,59	24,95	13,26	8,2	53,3	28,73
134	5,51	23,9	13,82	8,23	31,23	41,32
139	5,61	28,05	14,03	9,67	59,44	33,46
151	5,77	24,54	12,29	7,72	99,68	23,37
149	5,59	29,45	12,32	8,77	94,29	26,31
150	5,71	26,05	14,45	9,28	86,07	16,57
<b>Promedio</b>	<b>5,62</b>	<b>26,07</b>	<b>13,38</b>	<b>8,60</b>	<b>73,25</b>	<b>26,96</b>

<b>Promedi o</b>	<b>5,55</b>	<b>25,37</b>	<b>13,30</b>	<b>8,19</b>	<b>100,92</b>	<b>35,24</b>
<b>D.E</b>	<b>0,16</b>	<b>2,37</b>	<b>1,52</b>	<b>1,05</b>	<b>50,74</b>	<b>19,75</b>

**ANEXO 2.** Resultados individuales y promedios de pH, L, a, b, glucógeno hepático y muscular en las canales de novillos sometidos a 3 horas de transporte y densidad 500 kg/m<sup>2</sup>.

Rep.1

Nº animal	pH	L	a	b	Glucógeno H	Glucógeno M
54	5,4	27,37	14,29	9,09	138,24	49,52
44	5,63	24,62	10,18	6,08	156,53	55,28
47	5,41	25,08	12,65	7,71	176,19	41,63
26	5,49	22,68	10,6	6,58	140	54,35
48	5,46	27	10,91	7,13	68,39	36,37
12	5,43	25,98	13,99	8,79	116,4	54,37
10	5,48	24,6	10,52	6,59	175,77	55,39
6	5,5	27,84	14,16	9,09	169,44	39,73
<b>Promedio</b>	<b>5,48</b>	<b>25,65</b>	<b>12,16</b>	<b>7,63</b>	<b>142,62</b>	<b>48,33</b>

Rep.2

75	5,42	25,33	15,16	9,05	141,54	34,04
88	5,51	24,62	15,66	9,27	122,4	47,49
87	5,47	25,57	13,81	8,1	128,73	41,09
86	5,41	25,56	18,9	10,25	113,6	58,04
65	5,67	25,53	14,01	8,63	164,57	47,38
84	5,37	27,65	19,05	11,74	165,76	37,98
62	5,59	25,25	13,69	8,46	160,4	45,48
85	5,65	23,6	14	8,23	168,12	57,49
<b>Promedio</b>	<b>5,51</b>	<b>25,39</b>	<b>15,54</b>	<b>9,22</b>	<b>145,64</b>	<b>46,12</b>

Rep.3

122	5,38	23,16	11,98	6,79	19,28	39,86
130	5,38	25,24	13,56	8,12	84,87	2,86
124	5,5	25,23	10,73	6,17	32,56	30,5
132	5,44	24,83	13,17	7,99	122,01	6,73
114	5,51	26,26	12,39	7,99	91,52	11,36
92	5,34	26,34	14,39	8,6	34,58	20,26
113	6,15	20,87	10,18	5,95	157,31	10,7
99	5,37	24,96	13,66	8,23	51,2	9,37
<b>Promedio</b>	<b>5,51</b>	<b>24,61</b>	<b>12,51</b>	<b>7,48</b>	<b>74,17</b>	<b>16,46</b>

Rep.4

91	5,66	28,23	12,02	8,54	62,7	14,66
98	5,65	23,49	14,53	8,52	77,47	16,1
103	5,56	24,3	13,25	8,41	128,57	43,88
120	5,56	25,96	12,82	8,28	74,72	24,39
123	5,74	26,6	12,22	7,95	82,18	3,19
128	5,6	30,31	12,31	8,94	115,05	31,66
141	5,57	24,21	14,04	8,47	71,03	28,32
144	5,69	26,4	12,34	8,08	86,2	4,17
<b>Promedio</b>	<b>5,63</b>	<b>26,19</b>	<b>12,94</b>	<b>8,40</b>	<b>87,24</b>	<b>20,80</b>

<b>Promedio</b>	<b>5,53</b>	<b>25,45</b>	<b>13,28</b>	<b>8,18</b>	<b>112,41</b>	<b>32,92</b>
<b>D.E</b>	<b>0,15</b>	<b>1,78</b>	<b>2,08</b>	<b>1,19</b>	<b>46,03</b>	<b>18,05</b>

**ANEXO 3.** Resultados individuales y promedios de pH, L, a, b, glucógeno hepático y muscular en las canales de novillos sometidos a 16 horas de transporte y densidad 400 kg/m<sup>2</sup>.

Rep.1

Nº animal	pH	L	a	b	Glucógeno H	Glucógeno M
39	5,59	24,39	13,37	7,93	88,5	44,37
35	5,5	27,33	13,95	8,8	41,9	27,32
28	5,55	26,43	12,82	8,03	33,7	60,04
2	5,67	27,4	12,28	7,39	96,75	15,78
57	5,76	22,41	11,55	6,71	88,44	46,99
7	5,75	24,44	11,06	6,21	99,95	42,37
20	5,57	27,5	13,08	8,41	141,48	24,99
<b>Promedio</b>	<b>5,63</b>	<b>25,7</b>	<b>12,59</b>	<b>7,64</b>	<b>84,39</b>	<b>37,41</b>

Rep.2

78	5,43	21,32	12,46	6,75	47,4	67,43
79	5,98	21,03	10,98	6,05	83,84	10,88
61	5,49	23,04	13,61	7,32	88,83	43,09
64	6,04	23,45	11,76	6,96	103,05	12,89
*90	6,91	20,24	10,47	6,1	60,46	2,04
67	5,44	25,44	14,07	8,38	55,13	51,18
89	5,66	24,07	12,25	6,86	88,39	19,99
<b>Promedio</b>	<b>5,85</b>	<b>22,66</b>	<b>12,23</b>	<b>6,92</b>	<b>75,3</b>	<b>29,64</b>

Rep.3

96	6,05	27,75	10,23	7,24	43,66	6,14
110	5,36	29,38	12,16	8,31	-	-
97	5,45	26,88	12,69	8,22	105,98	22,19
140	5,37	29,08	13,71	9,31	-	-
145	5,27	27,44	13,95	8,65	128,55	34,66
*115	6,77	20,04	8,71	4,68	142	1,29
125	5,46	26,6	12,99	8,13	79,26	26,02
<b>Promedio</b>	<b>5,68</b>	<b>26,74</b>	<b>12,06</b>	<b>7,79</b>	<b>116,60</b>	<b>20,66</b>

Rep.4

109	5,87	23,77	12,33	7,74	93,77	13,88
152	5,65	24,95	12,11	8,07	56,14	33,04
*117	6,25	25,51	11,69	7,08	65,56	7,36
126	5,56	28,17	12,46	8,77	91,31	13,78
127	5,55	23,93	12,82	7,74	4,77	45,97
133	5,74	23,91	12,97	7,92	146,94	32,05
148	5,46	26,78	11,44	7,52	19,24	27,76
<b>Promedio</b>	<b>5,73</b>	<b>25,29</b>	<b>12,26</b>	<b>7,83</b>	<b>68,25</b>	<b>24,83</b>

Nota: Los asteriscos representan CO por apreciación visual.

<b>Promedio</b>	<b>5,71</b>	<b>25,09</b>	<b>12,28</b>	<b>7,54</b>	<b>80,57</b>	<b>28,21</b>
<b>D.E</b>	<b>0,39</b>	<b>2,60</b>	<b>1,24</b>	<b>1,01</b>	<b>36,91</b>	<b>17,96</b>

**ANEXO 4.** Resultados y promedios de pH, L, a, b, glucógeno hepático y muscular en las canales de novillos sometidos a 16 horas de transporte y densidad 500 kg/m<sup>2</sup>.

Rep.1

Nº animal	pH	L	a	b	Glucogeno H	Glucógeno M
43	5,65	25,62	13,6	7,78	72,25	48,4
41	5,73	24,38	12,39	7,04	131,39	56,91
50	5,71	25,6	11,92	6,83	84	41,27
21	5,67	24,5	11,69	6,63	107,44	43,58
4	5,55	27,47	13,63	8,52	28,88	18,46
19	5,67	21,24	11,92	6,59	214,65	79,82
8	5,66	24,34	11,96	6,76	31,04	57,8
14	5,61	28,28	12,56	8,11	38,11	53,24
<b>Promedio</b>	<b>5,66</b>	<b>25,18</b>	<b>12,46</b>	<b>7,28</b>	<b>88,47</b>	<b>49,94</b>

Rep.2

81	5,52	23,14	14,88	8,52	64,25	54,28
66	6,17	26,38	11,1	7,12	136,91	12,08
70	5,67	24,58	11,36	6,26	71,28	28,27
71	5,53	23,2	12,53	7,29	84,31	45,99
83	5,54	26,19	12,25	7,27	107,22	50,35
69	5,4	20,82	13,47	7,36	87,25	56,82
*74	6,68	19,4	11,19	6,23	17,14	4,5
63	5,45	23,12	12,75	6,94	122,81	47
<b>Promedio</b>	<b>5,75</b>	<b>23,35</b>	<b>12,44</b>	<b>7,12</b>	<b>86,40</b>	<b>37,41</b>

Rep.3

129	5,48	24,91	11,52	7,14	89,99	29,85
102	5,54	23,48	11,96	6,97	51,26	50,41
121	5,39	23,85	13,68	8,02	-	-
106	5,31	28,77	13,44	8,74	85,76	31,51
100	5,38	25,47	13,78	8,46	92,82	20,17
138	5,33	28,15	14,55	9,46	79,81	33,14
137	5,45	28,5	14,99	9,18	120,91	28,8
108	5,37	28,92	13,63	9,21	61,58	28,39
<b>Promedio</b>	<b>5,41</b>	<b>26,51</b>	<b>13,44</b>	<b>8,40</b>	<b>88,18</b>	<b>28,40</b>

Rep.4

94	5,76	22,62	10,42	6,32	86,88	18,1
104	5,68	24,74	11,81	7,49	153,59	31,17
112	5,58	24,53	11,89	7,96	28,09	43,95
118	5,93	21,5	11,02	6,29	133,95	8,38
119	5,52	23,65	13,52	8,07	73,06	36,96
143	5,66	24,4	11,31	7,09	81,01	46,9
146	5,52	24,39	12,93	8,19	55,13	44,9
147	5,73	23,01	11,89	7,35	44,11	22,58
<b>Promedio</b>	<b>5,67</b>	<b>23,61</b>	<b>11,85</b>	<b>7,35</b>	<b>81,98</b>	<b>31,62</b>

Nota: Los asteriscos representan CO por apreciación visual.

<b>Promedio</b>	<b>5,62</b>	<b>24,66</b>	<b>12,54</b>	<b>7,53</b>	<b>85,06</b>	<b>37,07</b>
<b>D.E</b>	<b>0,26</b>	<b>2,35</b>	<b>1,17</b>	<b>0,91</b>	<b>42,38</b>	<b>16,90</b>

Anexo 5: Corte normal (foto superior), corte oscuro por apreciación visual (foto inferior).



Anexo 6: Densidades de carga utilizadas durante el experimento, 400 kg/m<sup>2</sup> (foto superior) y 500 kg/m<sup>2</sup> (foto inferior)



## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a:

- Dra. Carmen Gallo Stegmaier, por su amistad, orientación y apoyo durante la elaboración de la memoria.
- Miguel Barría, por su paciencia y ayuda en aspectos computacionales.
- Profesor José A. de la Vega M., por su experiencia y consejos.
- Emilia Alvarez, por su apoyo y paciencia.
- Y en general a todos quienes de una u otra forma me ayudaron en la realización de esta memoria.