



































## ***REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA***

---

## 2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.- INTRODUCCIÓN

El transporte de animales es una fase inherente a los sistemas de producción, ya que en los sistemas de producción de carne, los animales son mantenidos en las granjas hasta que alcanzan el peso adecuado para sacrificarse y poder obtener la producción del mismo, la carne. Este hecho, implica que los animales deben ser transportados a matadero para poder obtener su producción. Durante este transporte los animales son expuestos a una gran variedad de factores estresantes: de tipo físico (medio que les rodea) y psíquicos (de los cambios emocionales que se producen en el animal).

Los eventos involucrados en una cadena típica de transporte de conejos a matadero, así como los principales factores estresantes que van a producir estrés en los animales se presentan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1.- Cadena típica de transporte de conejos a matadero

Localización	Actividad	Factor estresante
Granja	Preparación para la carga	Manejo Retirada de agua y comida
	Enjaulado	Manejo Separación de los otros conejos conocidos Mezcla con desconocidos Ambiente desconocido Movimientos y ruidos Olores extraños
Transporte	Carga de jaulas al camión	Movimientos y ruidos Ambiente desconocido
	Transporte	Movimientos y ruidos Vibraciones Cambios en la temperatura y humedad Contrastes luminosos Ventilación y corrientes de aire
Matadero	Descarga de las jaulas	Movimientos y ruidos Ambiente desconocido
	Sacrificio	Manejo Aturdimiento

El transporte es un proceso inherentemente estresante, para todas las especies animales, pero el impacto que tiene se puede reducir asegurando que las condiciones de transporte sean lo mejores posibles (Warriss, 1998).

Estos factores estresantes han sido clasificados y agrupados de diversas formas. Así, Lambooy y cols. (1987) agruparon estos factores dentro de tres categorías: ambientales, físicos y metabólicos. Entre los **factores ambientales** estos autores incluían la temperatura, humedad, velocidad del aire, densidad de carga y la duración del transporte; entre los **físicos** se encontraban el diseño del vehículo, íntimamente relacionado con la vibración y el ruido, y entre los **metabólicos** la privación de agua y de alimento. Por otro lado, Agnes y cols. (1990) los clasificaron en factores: **físicos**, donde se incluían el ruido y las vibraciones, **emocionales** tales como el ambiente desconocido o el reagrupamiento social y por último los de tipo **climatológico**, como la temperatura, la humedad y la concentración de oxígeno, aunque además señalaron que la carga y la descarga (factores sin clasificar) eran las principales causas de estrés.

Independientemente de la clasificación empleada, lo que es evidente es que el bienestar de los animales durante el transporte está afectado por múltiples factores, de tal forma que cualquier sistema que reduzca el impacto de estos factores, va mejorar el bienestar de los animales durante el transporte.

Todos estos factores van a producir en el animal cambios comportamentales (Kenny y Tarrant, 1987; Lambooy y Engel, 1991; Guise *et al*, 1996; Leoni *et al*, 2000; Ibáñez *et al*, 2002) y fisiológicos (Jolley, 1990; Abdelatif y Modawi, 1994; Bradshaw *et al*, 1996b; Ruiz de la Torre *et al*, 2001; Ibáñez *et al*, 2002); además de afectar a la calidad de la canal y de la carne (Copping *et al*, 1989; Kola *et al*, 1994; Luzi *et al*, 1994; Dal Bosco *et al*, 1997; Hulot y Ouhayoun, 1999; Leoni *et al*, 2000; Dalle Zotte, 2002).

La legislación existente (Real Decreto 1041/1997) marca unas pautas muy generales en materia de protección animal durante el transporte, pero que esta especialmente desarrollada para el transporte de grandes animales de abasto, y hace pequeñas referencias a la protección de los conejos, no haciendo mención del manejo en la carga ni tampoco de las densidades adecuadas para esta especie, indicando solo que si la duración del transporte es superior a 12 horas, habrá que administrar comida y agua a los animales.

## 2.- FACTORES IMPLICADOS EN EL ESTRÉS DEL TRANSPORTE

### 2.1.- FACTORES RELACIONADOS CON LAS CONDICIONES AMBIENTALES

#### 2.1.1.- TEMPERATURA

Los animales criados bajo los actuales sistemas intensivos, presentan unas condiciones lo más homogéneas posible de temperatura, humedad, luz, etc., para así obtener su máxima productividad. Cualquier variación en alguno de estos factores medioambientales puede influir negativamente sobre los parámetros productivos: reproducción, crecimiento, metabolismo.

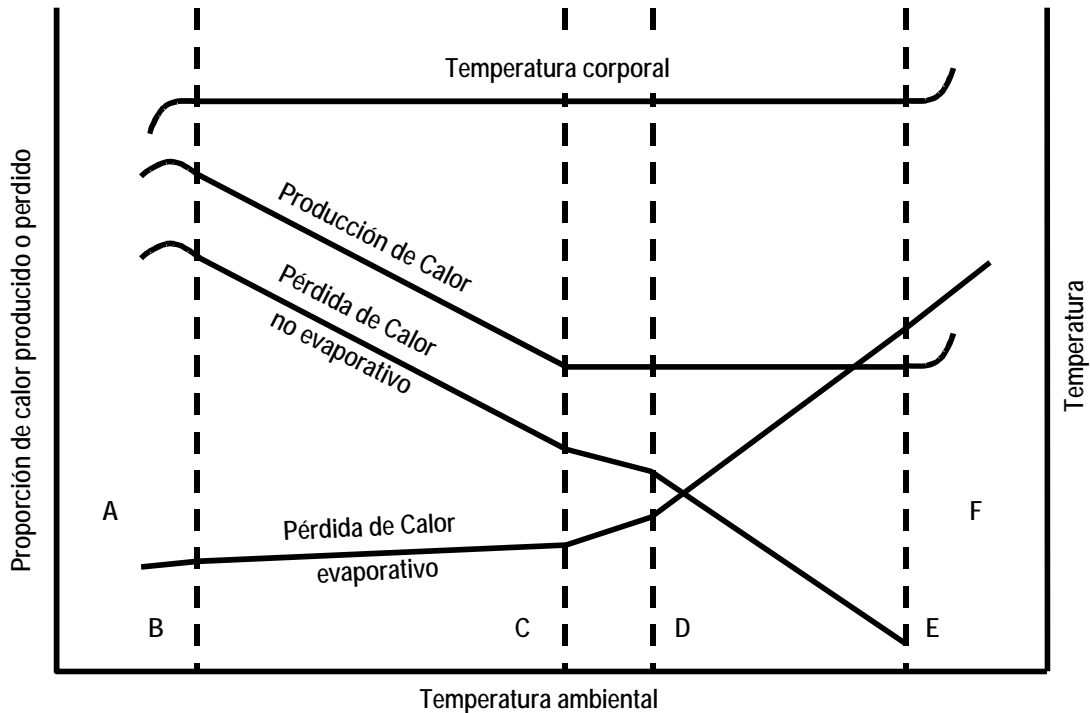
La temperatura es uno de los principales factores que van a afectar a estas características productivas (Rich y Alliston, 1970; Crimella *et al*, 1994; Fernández *et al*, 1994a; Warriss y Brown, 1994; Amici *et al*, 1995; English *et al*, 1996; Leonart, 2001). Para evitar que la temperatura afecte negativamente a los animales debe mantenerse siempre dentro de la zona termoneutral.

##### 2.1.1.1.- ZONA TERMONEUTRAL

La zona termoneutral o zona de confort térmico se define como aquel rango de temperaturas dentro del cual la producción de calor del animal es independiente de la temperatura y se puede identificar con la zona de mejor productividad (Bruce, 1981). La zona termoneutral esta limitada por la temperatura crítica inferior (TCI) y la temperatura crítica superior (TCS) (figura 2.1.). Otra definición de la zona termoneutral es la dada por Fíalo y cols, (1997) los cuales la definen como el rango de condiciones ambientales bajo las cuales el metabolismo del animal y la perdida de calor por evaporación son mínimos, y al mismo tiempo esta zona termoneutral define un rango de temperaturas en las que el animal es capaz de mantener la temperatura corporal constante.

Haciendo una definición más amplia, y aplicándola al transporte de animales De la Fuente (1998) define esta zona como aquella donde los animales se encuentran en el mejor nivel de bienestar y las posibles pérdidas por el transporte son mínimas.

Figura 2.1.-Relación entre la producción de calor, la pérdida de calor evaporativo y no evaporativo y la temperatura corporal en animales homeotermos. A, zona de hipotermia cuyo limite lo define B; F, zona de hipertermia cuyo limite lo define E; C, temperatura crítica inferior; D, temperatura crítica superior; CD, zona de mínimo esfuerzo para la termorregulación; CE, zona de mínimo metabolismo



Fuente: Robertshaw, 1981

La zona termoneutral varía en función de la especie animal y, principalmente, en función de la edad del mismo. En la mayoría de las especies la zona termoneutral se encuentra entre los 10 y 20 °C, para animales adultos, pero en animales jóvenes o recién nacidos esta zona se sitúa próxima a la temperatura corporal, debido a la falta de funcionalidad de los sistemas de termorregulación durante esas edades (tabla 2.2.).

En la zona de confort térmico el gasto energético de los animales para su termorregulación es mínimo. Cuando se encuentra por debajo de la zona termoneutral, temperaturas inferiores a la TCI, el animal pone en marcha una serie de mecanismos para evitar las pérdidas de calor y al mismo tiempo, aumentar la producción del mismo para mantener su temperatura corporal.

Tabla 2.2.- Rango de temperaturas de termoneutralidad (°C) en función de la edad y especie

	Temperatura (°C)
<b>PORCINO</b>	
Lechones al nacimiento	30-32
Lechones a la 4ª semana	22-24
Cerdo de cebo de 20 a 35 kg	18-20
Cerdo de cebo de más de 60 kg	12-15
Reproductores	10-15
<b>VACUNO</b>	
Terneros hasta un mes	18-20
Terneros hasta 3 meses	15-18
Terneros hasta 12 meses	10-17
Vacuno lechero	10-15
<b>AVES</b>	
Pollitos en la 1ª semana	32-35
Pollitos en la 4ª semana	24-27
Pollitos en la 8ª semana y adelante	13-18
Ponedoras	10-20
<b>CONEJOS</b>	
Gazapos en la 1ª semana	30-35
Gazapos en la 4ª semana	20-25
Gazapo en cebo	15-18
Reproductores	16-18

Fuente: Fuentes Yagüe, 1992

Bajo estas condiciones la pérdida de calor corporal se produce por medio de los sistemas que se consideran no evaporativos, como la convección, conducción y radiación (figura 2.1.). En caso contrario, cuando la temperatura supera el límite superior de la zona de confort térmico (TCS), el animal reacciona con una reducción de la producción de calor, consumiendo menos alimento, así como la puesta en marcha de otros sistemas de pérdida de calor por evaporación, como el jadeo o el sudor (Kemp y Verstegen, 1987).

Tabla 2.3.- Pérdidas de calor en condiciones de termoneutralidad para diferentes especies

	Pérdidas de calor	
	No evaporativo (Kilocalorías /hora)	Evaporativo (gramos de vapor de agua)
Ternero de 50 Kg	90-100	90-100
Bovino de 200 Kg	200-250	200-250
Vaca adulta	400-500	400-500
Lechón de 10 Kg	10-25	20-25
Cerdo de 70 Kg	80-90	110-120
Cerda con camada	200	200-250
Pollo de 3 semanas	2-3	1,7
Pollo de 9 semanas	7-8	2,5
Gallina ponedora	8-10	4-4,5
Conejo reproductor adulto	12	4
Conejo de cebo	4-6	3

Fuente: Fuentes Yagüe, 1988

#### 2.1.1.2.- MECANISMOS DE TERMORREGULACIÓN EN EL CONEJO

Según Webster (1994) los animales de granja se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo con sus sistemas de pérdida de calor corporal. En el primer grupo se encuentran los animales tienen limitada la capacidad de pérdida de calor evaporativo, principalmente por la piel por lo que mantienen su homeotermia regulando la producción de calor, haciendo que el rango de temperaturas óptimas sea extremadamente estrecho, lo que ante temperaturas por debajo de la TCI el consumo de alimento sea mayor y la eficacia en la conversión sea peor. En este grupo se encuentran los cerdos y las gallinas.

En el otro grupo se encuentran aquellos animales que poseen una capacidad considerable de regular su temperatura corporal por los sistemas evaporativos de pérdida de calor, sudor y jadeo, poseyendo un rango de temperaturas de termoneutralidad muy amplio. Este grupo incluye a rumiantes, caballos, conejos, entre otros.

La temperatura corporal de las diferentes especies es variable, aunque para mantener esta temperatura corporal dentro del rango normal, debe existir

un equilibrio entre la producción de calor corporal y la pérdida del mismo (tabla 2.4.).

Tabla 2.4.- Temperaturas corporales normales para diferentes especies animales

	Temperatura corporal (°C)
Ternero	37,8 - 38,8
Bovino adulto	38,1 - 39,2
Cerdo	38,7 - 39,7
Pollo (24 horas)	37,5 - 38
Pollo adulto	41 - 42
Ovejas	38,6 - 39,6
Conejo	38,6 - 40,1

El conejo modifica su producción de calor por el nivel de ingestión de alimento, y la pérdida por tres vías: posición general del cuerpo, respiración y temperatura periférica, principalmente la temperatura de las orejas (Fayes *et al*, 1994).

El cambio en la posición corporal se observa cuando la temperatura es baja, por debajo de 10 °C, el animal se encoge, para minimizar el área corporal reduciendo las pérdidas de calor por radiación y las orejas las presenta pegadas al cuerpo y con temperatura baja; mientras que si la temperatura ambiente se encuentra por encima de los 30 °C, el animal se estira y se tumba para intentar perder calor por radiación, convección y conducción, (pérdida de calor no evaporativa) además de levantar las orejas y tenerlas calientes (Lebas y Matheron, 1982; Jolley, 1990).

La pérdida de calor por sudoración en el caso del conejo es mínima, porque las glándulas sudoríparas en su mayoría no son funcionales y la transpiración (evacuación de agua a través de la piel) también es mínima debido al pelo (McLein, 1963) que por otra parte le protege bien del frío.

La otra vía de pérdida de calor por evaporación es la respiración, la cual es un sistema eficaz para la pérdida de calor cuando la temperatura del ambiente no excede de los 30 °C (Fayes *et al*, 1994). La respiración en los conejos se ve aumentada en un 70 % cuando la temperatura del aire se

duplica, como ocurre entre la diferencia térmica entre el invierno y el verano (Shafie *et al*, 1982).

El conejo anatómicamente a nivel nasal posee un cornete ventral altamente vascularizado que le permite un eficaz intercambio de calor con el aire que respira. La temperatura a nivel de la mucosa nasal en conejos sometidos a un estrés por calor moderado puede bajar hasta 35 °C, lo cual indica la pérdida de calor por evaporación debido al aumento de la frecuencia respiratoria. Por otro lado, una vasoconstricción de los vasos nasales en ambientes fríos protege a la mucosa, evitando las pérdidas de calor por la respiración. (Caputa *et al*, 1976).

Las orejas de los conejos intervienen en la termorregulación gracias a la gran red de arterias, venas y capilares, los cuales se pueden dilatar y contraer mediante un mecanismo vasomotor (Fayez *et al*, 1994). La temperatura de las orejas aumenta en 15 °C al duplicarse la temperatura del aire, como ocurre entre la diferencia térmica entre el invierno y el verano (Fayez *et al*, 1994).

Estas pérdidas de calor van a provocar una reducción del peso corporal del animal. En caso de los conejos al tratarse de animales pequeños que muestran una relación área/volumen corporal mayor, las pérdidas de peso vía respiratoria y pérdida de agua por la piel son mayores (Jolley, 1990). Los conejos mantenidos en jaulas, pierden alrededor del 35 % de su calor corporal por evaporación, del que un 60 % se pierde por jadeo y el 40 % restante, pasivamente por la piel (González *et al*, 1971; Harkness, 1988).

#### 2.1.1.3.- NECESIDADES TÉRMICAS DE LOS CONEJOS

Las necesidades térmicas de los conejos son muy diferentes entre los gazapos y los animales adultos (tabla 2.5.). Los gazapos necesitan temperaturas altas alrededor de los 30 °C, mientras que en animales adultos la temperatura óptima se encuentra entre 15 y 20 °C. (Roca y Castelló, 1980).

Cuando la temperatura ambiental baja de los 10 °C, es frecuente que la madre desatienda a los gazapos y mueran por hambre y frío.

Si la temperatura ambiente aumenta por encima de los límites normales se produce una pérdida de apetito; a los 26 °C hay dificultad en las cubriciones y las camadas son menos numerosas; cuando se superan los 30 °C hay un aumento de los abortos y disminuye la producción láctea en las conejas

(Fernández-Carmona *et al*, 1994). Todo ello indica una mayor sensibilidad a las temperaturas altas.

Tabla 2.5.- Necesidades térmicas de los conejos

Sección	Temperatura óptima (°C)	Temperaturas críticas (°C)
Maternidad	16 – 20	10 – 25
Machos	14 – 18	6 – 24
Interior del nido	31 – 33 (1ª semana)	31 – 33
Recría	16 – 18	8 – 28
Cebo. Recién destetado	23 – 24	10 – 30
Cebo. Otras fases del cebo	19 – 22	14 - 26

Fuente: Ferré y Rosell, 1997

Igualmente, los machos sometidos a temperaturas altas presentan una reducción en la producción de espermatozoides, pero su efecto se prolonga durante un par de meses tras el estrés térmico, plazo considerado necesario para la maduración del esperma (Lleonart, 2001).

La temperatura óptima para conejos en cebo varía en función de los diferentes autores, así para Roca (1988) cifra esta temperatura entre 12 y 15 °C, para Fuentes Yagüe (1992) se encuentra entre 15 y 18 °C, mientras que para Falles y cols, (1994) la temperatura óptima de los conejos es 21°C.

Estas condiciones térmicas no son solo necesarias para evitar descensos en la producción o que empeore el índice de transformación de pienso, sino que además se tienen que tener en cuenta para que el bienestar de los animales no se vea reducido. Una de las recomendaciones que hace el Consejo de Bienestar de Animales en Granja (Farm Animal Welfare Council, FAWC) (1992) es evitar la incomodidad y malestar en los animales, pero este malestar está asociado con otros problemas de bienestar. Evitar esta incomodidad incluye evitar el estrés de tipo térmico (Appleby y Hughes, 2000). Los requisitos térmicos mencionados anteriormente, se deben mantener en todas las fases de la producción, incluyendo el transporte de animales entre granjas o a matadero.

#### 2.1.1.4.- TEMPERATURA DURANTE EL TRANSPORTE

Durante el transporte al matadero, hay que considerar aquellos factores que afectan a la temperatura interior, que se debe mantener en la zona termoneutral, para evitar una disminución en el nivel de bienestar de los animales. Algunos de estos factores son: la temperatura exterior, la ventilación, la humedad relativa, la exposición a la radiación solar... Pero también hay que prever las situaciones de riesgo que puedan alterar mecanismos de regulación de la temperatura durante el transporte, como son los atascos de tráfico, averías del camión, las paradas obligatorias por descanso del conductor o de los animales, que podrán en algunos casos provocar en los animales estrés térmico.

La legislación española (R.D. 1041/1997) en relación con las necesidades térmicas de los animales no especifica ninguna temperatura límite, pero lo que sí dice es que los vehículos para transporte de animales deben de estar provistos de techo para proteger a los animales de la intemperie y de sistemas que protejan a los animales de grandes variaciones climáticas.

En relación con las necesidades de temperatura para mantener el bienestar de los animales durante el transporte, Luzi y cols. (1994) encontraron que en el transporte de conejos a matadero, cuando la temperatura se encontraba entre 0 y 6 °C las pérdidas de peso por el transporte eran menores 1,5 %, mientras que si las temperaturas estaban entre 9 y 12 °C o entre 15 y 22 °C, las pérdidas de peso eran de 3,8 y 3,9 % respectivamente. La encontradas en los rendimientos en el matadero eran muy parecidas en los tres rangos de temperaturas mencionados, siendo 56,5; 55,0 y 56,4 % respectivamente.

De acuerdo con Leoni y cols. (2000) la temperatura óptima para el transporte de conejos se encuentra entre 5 y 13 °C, ya que las pérdidas por transporte son menores.

Lambooy y cols. (1987) señalaron que en cerdos transportados a matadero, las menores pérdidas de peso se producían cuando la temperatura era 16 °C comparada con 8 y 24 °C. En otra experiencia realizada por Lambooy (1988) encontró la temperatura ambiente óptima durante el transporte en cerdos de 110 kg estaba entre 16 a 20 °C.

En el transporte de pollos las temperaturas recomendadas están entre 10 y 15 °C y en gallinas con mal plumaje su temperatura óptima se encuentra entre 22 y 28 °C (Weeks *et al*, 1997). Estas temperaturas deben reducirse en las épocas de calor, ya que podría producir una hipertermia en las aves. En

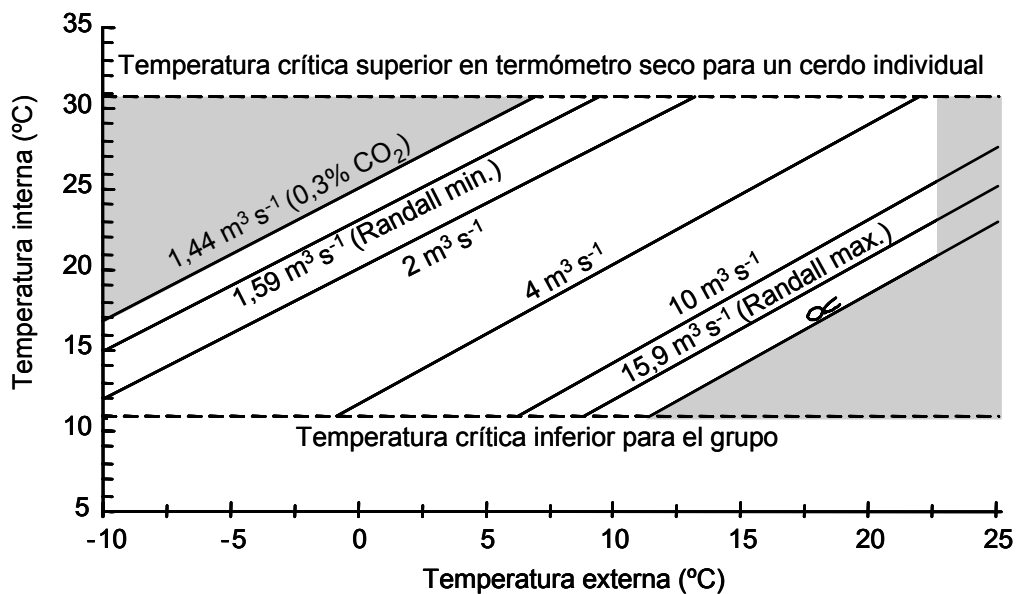
tiempo caluroso, hay que minimizar el riesgo de hipertermia evitando en la medida de lo posible la acción directa o indirecta de la irradiación solar, recomendándose que los transportes se realicen en las primeras horas del día o de la noche, hacer las paradas en zonas sombreadas y disminuir la densidad.

#### 2.1.1.4.1.- Efecto de la ventilación sobre la temperatura

La temperatura dentro del camión esta íntimamente relacionada con la temperatura del exterior, con la ventilación, además de a otros factores como la densidad animal, el tipo de animal y las propiedades de aislamiento de los materiales utilizados para la fabricación del vehículo. La temperatura interna en el camión es la resultante entre el flujo de energía calorífica del exterior y el interior del vehículo y del calor producido por los animales (Lambooy, 1988).

Durante el transporte, la ventilación se realiza por medio de las aberturas laterales por la fuerza de movimiento del aire debido a las diferencias de presión interior y exterior del vehículo (Randall, 1993). Esta ventilación influirá sobre la temperatura interna, por lo tanto, la ventilación durante el transporte se deberá ajustar para que la temperatura interna del vehículo este dentro del rango de termoneutralidad. (Figura 2.2.).

Figura 2.2.-Relación entre temperatura y ventilación para cerdos de 60 Kg de peso vivo, en una nave de 500 animales de suelo de cemento, en grupos de 15 y alimentados a 3 veces mantenimiento



Fuente: Bruce, 1981

Según Randall (1993), la temperatura externa durante el transporte puede variar desde los -5 °C en el norte de Inglaterra a por encima de 30 °C en el sur de Francia (Randall, 1993). En España estas variaciones térmicas pueden ser de 0° C en el norte a 30 °C en el sur en época de primavera. Esta variación en la temperatura externa afectará a la temperatura interna del camión.

Lambooy y Engel (1991) encontraron que el coeficiente de correlación medio entre la temperatura externa y la interna de un camión de transporte de porcino era de 0,90 con un sistema de ventilación variable (las aberturas de ventilación se abrían automáticamente cuando la temperatura interna del camión aumentaba por encima de 20 °C y se cerraban cuando esta descendía por debajo de 16 °C); de 0,91 con un sistema de ventilación variable y duchas cuando a la temperatura se encontraba por encima de 20 °C, y 0,90 para un sistema de ventilación de acuerdo con la legislación vigente en aquel momento (2 x 0,36 m<sup>2</sup> de aberturas de ventilación por compartimento en la parte superior de ambos lados de los compartimentos). Lambooy (1988) calculó unos coeficientes más bajos: 0,66 en compartimentos con sistema de ventilación artificial; y 0,54 en compartimentos con sistema de ventilación natural, durante transportes experimentales; mientras que en un transporte comercial internacional, el coeficiente de correlación que encontró entre ambas temperaturas fue de 0,74.

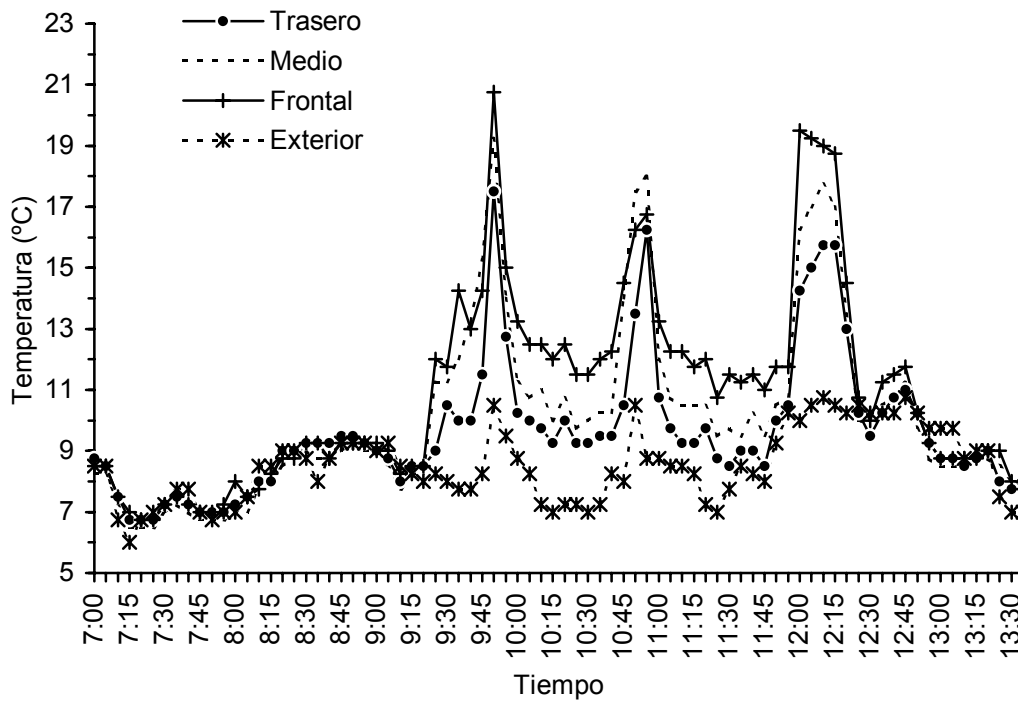
De la Fuente y Robertson (1998) calcularon los coeficientes de correlación entre la temperatura interna y externa, para un camión de transporte de cerdos. Estos coeficientes variaban en función de la localización dentro del camión, así el mayor coeficiente entre la temperatura externa y la interna fue en la zona frontal del piso superior (0,78), y el mínimo en la zona frontal del piso inferior y en la zona posterior del piso superior, con un coeficiente para ambos de 0,67 (figura 2.3.).

La ventilación se debería adaptar para que la temperatura interna del vehículo se mantenga dentro de la zona de termoneutralidad y de esta forma reducir el estrés térmico a los animales.

En el transporte de aves, el incremento de temperatura y de humedad dentro del camión fue más alto cuando se colocaban telones en los lados del camión que cuando este iba abierto (Mitchell *et al*, 1992). En el mismo estudio encontraron que la temperatura interna del camión era 13,4 °C más alta que la externa, en el mes de octubre transportando pollos con los telones laterales cerrados, mientras que en el mes de julio, con el mismo camión pero con los

telones laterales abiertos el incremento de la temperatura interior con respecto a la exterior fue de 3.9 °C.

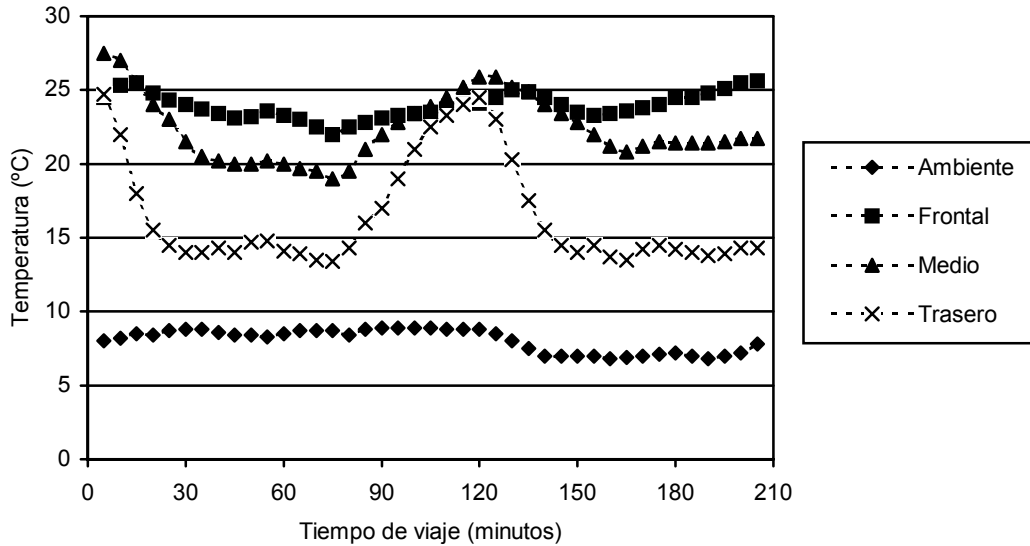
Figura 2.3.-Variación de la temperatura interna y externa de un camión durante el transporte comercial de cerdos incluyendo carga y descarga en diferentes localizaciones del camión (piso superior del camión)



Fuente: De la Fuente y Robertson 1998

Webster *et al*, (1993) señalaron que, en un camión de transporte de pollos con aberturas de ventilación centrales, era necesaria una ventilación forzada para mantener la temperatura interna entre 14 y 21 °C. Cuando el movimiento del aire alrededor de las aves era bajo, la temperatura aumentaba entre 25 y 33 °C. La colocación de ventiladores tenía un efecto similar reduciendo la temperatura interna en un camión parado de 32 °C a 24 °C (Nicol y Saville-Weeks, 1993) (figura 2.4.)

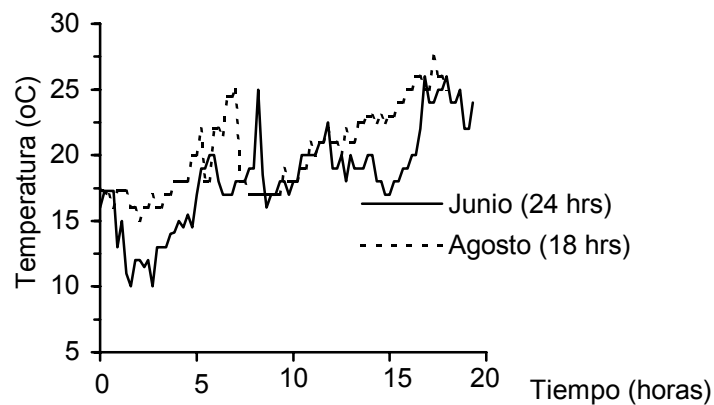
Figura 2.4.-Variaciones en temperatura en tres localizaciones en un transporte de pollos a lo largo de un viaje comercial (con telones laterales cerrados). El vehículo se encontró parado durante una parada obligatoria del conductor entre los minutos 78 a 118 minutos



Fuente: Mitchell y Kettlewell, 1998

Knowles y cols. (1994) al estudiar un viaje de larga distancia para exportación de corderos observaron como aumentaba gradualmente la temperatura interna del camión entre 10 y 15 °C en el comienzo del viaje en Gran Bretaña hasta 26 y 27,5 °C al final del viaje en el sur de Francia, para dos transportes de 18 y 24 horas respectivamente (figura 2.5.).

Figura 2.5.-Temperaturas internas de un camión recogida por encima de la cabeza de los corderos durante un transporte de 18 horas (agosto) y de 24 horas (junio)

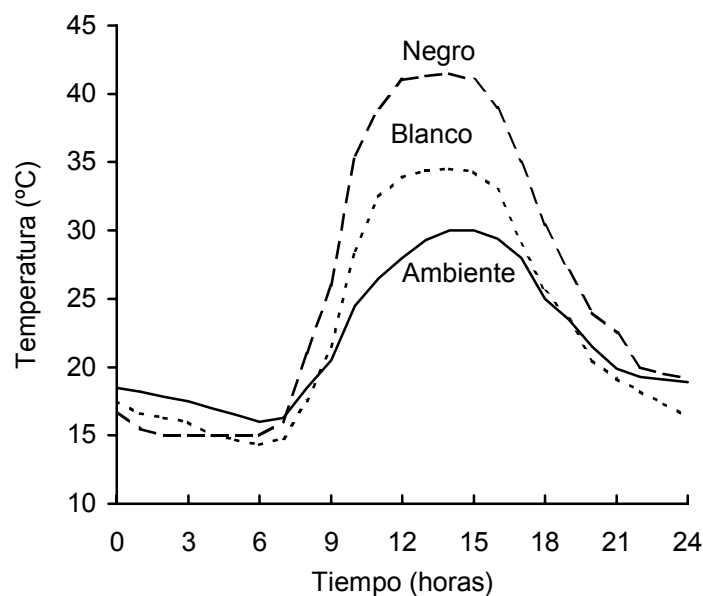


Fuente: Knowles *et al*, 1994

#### 2.1.1.4.2.- Efecto del color externo del camión sobre la temperatura interna

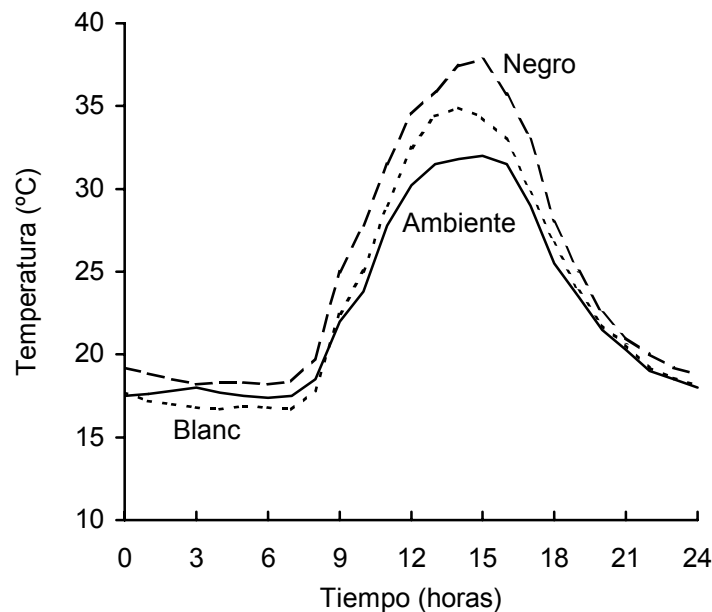
La temperatura que se alcanza dentro del camión, principalmente esta determinada por la carga animal que esta transportando, por la ventilación dentro del camión y la temperatura externa, pero cuando el camión esta parado, un factor muy importante que va a influir en la temperatura interior es el color del techo o de las paredes del camión que propiciará una mayor o menor absorción de la radiación solar, transmitiendo esta energía al interior del vehículo, aumentando la temperatura interna. Igualmente, además del color, también va a influir la resistencia térmica del material de construcción del camión. Esto fue demostrado por Bansal y cols. (1992) que observaron que una habitación experimental pintada exteriormente de negro tenía una temperatura interior 7 °C más alta que la misma habitación pintada de blanco, ambas expuestas a la radiación solar. Las máximas diferencias entre las habitaciones experimentales (pintadas de negro y blanco) se encontraban cuando no había ventilación y la radiación directa entraba por la ventana. Este efecto del color externo se diluía si se ventilaba la habitación experimental. Durante la noche la temperatura interior es prácticamente la misma para los dos tipos de color (figuras 2.6. y 2.7.).

Figura 2.6.-Comparación de las temperaturas internas de la habitación pintada de negro y blanco sin ventilación



Fuente: Bansal *et al*, 1992

Figura 2.7.-Comparación de las temperaturas internas de la habitación pintada de negro y blanco con ventilación



Fuente: Bansal *et al*, 1992

La importancia del color del vehículo se debe tener en cuenta cuando el camión está parado, ya que rápidamente aumenta la temperatura por pararse la ventilación natural y la pérdida de calor del camión está muy reducida.

Lambooy (1988) halló que la temperatura en los compartimentos aumentaba de 1 a 4 °C durante las paradas de una hora de duración que tiene que realizar el conductor después de 4 horas de conducción.

De la misma forma, Hails (1978) observó que durante las paradas la temperatura de los camiones cargados de cerdos aumenta mucho y sobre todo en los días soleados. Este incremento de la temperatura durante las paradas puede aumentar la agresividad en cerdos, por lo que cuando el camión está parado las luchas entre animales se ven propiciadas.

La Asociación de transporte animal (Animal Transportation Association, AATA) (1996) recomienda que cuando se hagan paradas en el transporte de animales, deben siempre hacerse en zonas de sombra para evitar el incremento de la temperatura de los animales.

#### *2.1.1.4.3.- Efecto del material de construcción del camión sobre la temperatura*

Durante el transporte los animales pueden encontrarse de pie o tumbados sobre distintos materiales, hierro, suelo con arena prensada, aluminio o sobre yacija. Las temperaturas requeridas en cada momento serán diferentes. Cuando los animales se encuentran tumbados sobre un suelo con una buena yacija, la temperatura crítica inferior se reduce en 3 a 5 °C. Cuando el tipo de suelo pueda variar o no se conozca si los cerdos estarán de pie o tumbados, entonces se debe utilizar los valores más altos de temperatura crítica inferior y los más bajos valores de la superior, así se reduce del rango de temperaturas aceptable (Randall, 1993).

Es importante conocer la conductividad térmica de los diferentes materiales que se utilizan en la construcción de vehículos, ya que la disipación del calor del interior o la ganancia de calor del exterior depende de ellos. Por ejemplo el aluminio es un material que posee una alta conductividad térmica, (175 kcal/m h °C), que implica una mayor facilidad en captar y ceder calor, mientras que para el hierro la conductividad térmica es menor (50 kcal/m h °C). Si comparamos estos dos materiales con el serrín o la viruta de madera, cuyo coeficiente es de 0,05 kcal/m h °C, podemos comprobar como estos últimos actúan como buenos aislantes térmicos.

Sains (1980) observó que se producía un aumento significativo en la mortalidad de cerdos a medida que aumentaba la temperatura, cuando el vehículo estaba construido con acero de una sola capa en comparación con vehículos construidos de madera y acero o de madera solamente.

Este efecto de aislamiento muchas veces no es beneficioso por que impide a los animales disipar el calor producido, pudiéndoles provocar problemas de hipertermia.

El conocimiento de los materiales que se utilizan para la construcción de los vehículos es importante para evitar el aumento de la temperatura en el interior del mismo, reduciendo de esta forma la posibilidad de hipertermia (Robertson, 1987).

En caso de los animales como los conejos o pollos, los cuales son transportados en jaulas de malla electrosoldada apiladas en torres, la posible disipación de calor por conducción es menor, debido al contacto solamente de algunas partes de su cuerpo con la malla y al ser transportados en torres, el calor producido por los animales de las jaulas inferiores dificulta el mantenimiento en todo el vehículo de la misma temperatura.

### 2.1.1.5.- EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL

#### 2.1.1.5.4.- Efecto de la temperatura sobre parámetros fisiológicos

Los animales se adaptan a un aumento o descenso de la temperatura ambiente activando sus mecanismos de termorregulación, que implican una serie de cambios en su fisiología.

Cuando lechones de 6 semanas de edad y un peso de  $10,8 \pm 0,33$  kg fueron expuestos a estrés por calor ( $33 \pm 2$  °C), se encontró una relación entre el comportamiento social y el número de leucocitos (Morrow-Tesch *et al*, 1994).

En un estudio realizado por Abdelatif y Modawi, (1994) en conejos de 1,3 kg sometidos a estrés térmico, encontraron que no había diferencias en los valores de hematocrito, concentración proteica, albúmina y osmolaridad en animales sometidos durante 6 horas a 45 y 50 °C con respecto al control. Sin embargo, describieron un aumento de los niveles de glucosa en sangre a medida que aumentaba la temperatura ambiente. Según los autores se podría atribuir a la inhibición de la insulina bajo la situación de estrés térmico, que se vería favorecido por la glicogenolisis hepática por estimulación adrenérgica y la gluconeogénesis estimulada por la liberación de glucocorticoides.

Estos mismos autores, sometiendo a los conejos de un peso de 1,2 kg a temperaturas crecientes y humedades relativas decrecientes, encontraron que la concentración de urea, glucosa, lactato, CPK (Creatina fosfoquinasa), GOT (Glutamato oxalacetato transaminasa) y GPT (Glutamato piruvato transaminasa) aumentaba a medida que aumentaba la temperatura ambiente. Esto era debido a la mayor permeabilidad celular que permitía, que enzimas y metabolitos pudieran ser liberados al torrente circulatorio (Abdelatif y Modawi, 1994).

En ovejas de 5 años de edad expuestas a temperaturas de 40 °C, encontraron un aumento de la sudoración y de la frecuencia respiratoria, y estos dos parámetros estaban inversamente correlacionados. Aquellas razas ovinas que tenían una mayor sudoración, la frecuencia respiratoria era más baja, debido a que ambos sistemas son utilizados por los animales para la pérdida de calor evaporativo (Siqueira *et al*, 1993).

#### 2.1.1.5.5.- Efecto de la temperatura sobre la calidad de la carne

La temperatura del aire como factor estresante en cerdos puede producir cambios en la calidad de la carne. Lambooy y cols. (1987) encontraron que la mejor calidad de la carne se obtenía cuando la temperatura durante el transporte era 16 °C. El pH muscular medido a los 45 minutos en el músculo *Semimembranosus* era 6,60, frente a 6,65 cuando la temperatura de transporte era 24 °C. Barton (1971) observó que la calidad de la carne era generalmente algo más baja en verano y otoño que en invierno, y que todas las diferencias estaban relacionadas con la temperatura durante el transporte.

Guise y Warriss, (1989) encontraron un efecto de la temperatura de transporte sobre el pH medido a los 45 minutos después del sacrificio, el cual era mayor cuando los cerdos eran transportados bajo condiciones de calor (por encima de 14 °C) frente a los transportados en condiciones de frío (por debajo de 10 °C). Sin embargo no encontraron diferencias significativas en el pH a las 24 horas entre ambas temperaturas de transporte.

La incidencia de carne PSE aumenta a medida que aumenta la temperatura y humedad durante el transporte, de esta forma las mayores pérdidas de calidad son normalmente asociadas con los meses de verano (Barton, 1971).

En conejos criados en al aire libre y en nave, la calidad de la carne fue menor en verano que en invierno (Paci *et al*, 1999). El pH a los 45 minutos del sacrificio en el músculo *Longissimus lumborum* fue mayor en los animales criados en verano que en invierno (6.78 vs. 6.50, respectivamente) y el pH final a las 24 horas post-mortem también fue mayor en los animales criados en verano que en invierno (6,40 vs. 5,86, respectivamente).

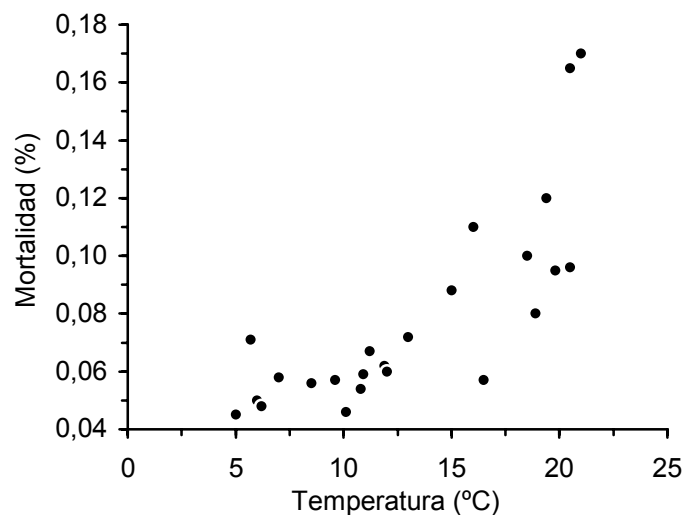
#### 2.1.1.5.6.- Efecto de la temperatura en la mortalidad durante el transporte

La temperatura además de afectar a la calidad de la carne, afecta al bienestar animal, comprometiéndolo de tal manera que pueda ocasionar la muerte del mismo. Los animales regulan su temperatura dentro de unos límites, cuando la temperatura corporal sobrepasa la temperatura corporal letal mínima o el nivel superior de tolerancia, se produce la muerte del animal. Esta temperatura corporal letal mínima varía entre especies que son capaces de jadear y sudar (43-43,5 °C) y los que no son capaces de jadear (40-41 °C), ya que el jadeo y la sudoración favorecen el intercambio térmico por lo que baja la temperatura cerebral, permitiéndoles sobrevivir a temperaturas corporales más

altas, las cuales para los animales que no jadean son letales (Abdelatif y Modawi, 1994).

El estrés térmico durante el transporte es causa frecuente de mortalidad, sobre todo en pollos y cerdos. Así, Allen *et al*, (1974) encontró que uno de los principales factores que afectan a la mortalidad de cerdos en el transporte era la temperatura y particularmente cuando esta se encontraba por encima de 16 °C. Esto también ha sido encontrado por Warriss y Brown (1994) quienes encontraron que las muertes aumentaban rápidamente cuando la temperatura superaba los 17 °C. Ellos también afirmaban que la relación entre mortalidad y temperatura era curvilínea (figura 2.8.).

Figura 2.8.-Media de mortalidad mensual porcina durante 1991 y 1992, de 7 mataderos observados en relación con la temperatura media del mes

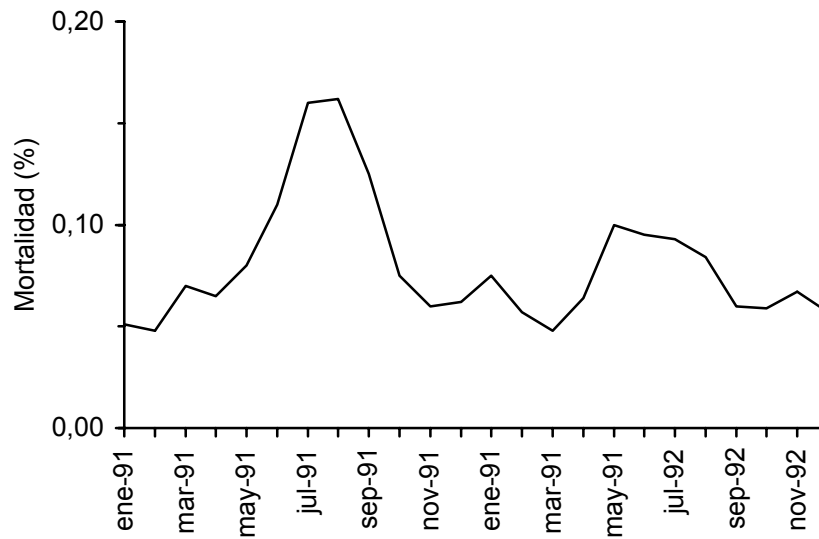


Fuente: Warriss y Brown 1994

Esta relación también fue encontrada por Smith y Allen (1976), los cuales cifraron como la temperatura límite a partir de la cual la mortalidad aumentaba considerablemente era 20 °C. Estos autores también encontraron una variación estacional en el porcentaje de mortalidad en cerdos (figura 2.9.).

En la figura 2.9. se observan dos picos de mortalidad, que se corresponden con las épocas más calurosas del año. Las diferentes mortalidades encontradas entre los dos años fueron relacionadas con las diferencias de temperaturas: la temperatura media en el verano de 1991 fue de  $20,2 \pm 0,53$  °C y en el verano de 1992 fue de  $18,1 \pm 0,87$  °C.

Figura 2.9.-Media de cerdos muertos mensualmente durante 1991 y 1992 en 7 mataderos

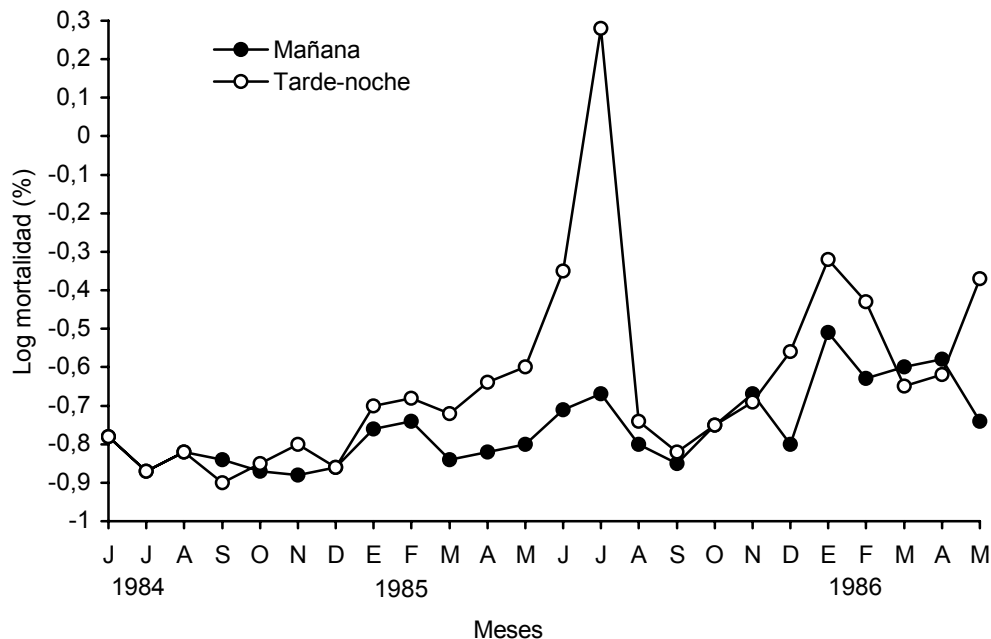


Fuente: Warriss y Brown 1994

En un estudio realizado sobre el transporte de pollos en la República Federal Alemana, la mortalidad variaba entre los meses del año siendo junio y julio los que mostraban una mayor mortalidad frente a abril y mayo (0,233 y 0,181 % respectivamente); mientras que en gallinas de desvieje estas cifras para los mismos periodos fueron 0,525 y 0,17 % respectivamente (Hails, 1978).

Bayliss y Hinton, (1990) observaron que la principal causa de mortalidad durante el transporte de pollos era el estrés térmico con un 40 %, seguido por lesiones debidas al enjaulado y transporte con un 35 % y por último los problemas sanitarios con un 25 %. En el mismo estudio, encontraron que la mayor mortalidad en tres mataderos de pollos se presentaba en el mes de julio (1,11 %). Cuando en un matadero de los estudiados por estos autores se pasó a hacer dos turnos de trabajo, mañana (de 6 am a 2 pm) y tarde-noche (de 2 pm a 10 pm), encontraron que la mayor mortalidad se presentaba por la tarde y en verano (1,92 %) frente a invierno (0,46 %) y primavera (0,41 %) y en el caso de las descargas por la mañana el pico de máxima mortalidad se presentó en invierno, con un 0,31 % de mortalidad (figura 2.10).

Figura 2.10.-Relación entre los turnos de trabajo y la mortalidad de pollos a la llegada a matadero



Fuente: Bayliss y Hinton, 1990

### 2.1.2.- HUMEDAD

La humedad del aire tiene una influencia importante sobre el bienestar de los animales, sobre todo por acentuar el efecto de la temperatura. Es un elemento crítico en la capacidad de los animales de perder calor. En tiempo caluroso, una humedad relativa alta dificulta el proceso de evaporación, tanto a través de la piel como a través de la respiración y, por consiguiente, queda disminuido el mecanismo de eliminación del calor. Cuando el tiempo es muy frío y hay una humedad relativa alta, se humedece el cuerpo de los animales, y los alojamientos, y al evaporarse esa humedad se incrementa el efecto del frío, por pérdida de calor corporal.

Cuando los animales están encerrados (en un medio de transporte, por ejemplo) se genera vapor de agua procedente de los mismos animales, pero también de la evaporación de la orina, heces y agua de lavado, aunque son difíciles de evaluar (Randall, 1993).

Los requerimientos óptimos de humedad relativa, lo mismo que en el caso de la temperatura, varía con la especie animal, pero no existe tanta variación con la edad del animal, aunque se recomienda que a edades jóvenes la

humedad relativa ambiental se mantenga constante y próximas a los niveles de 60 %, para que no se produzca problemas de hipotermia.

Tabla 2.6.- Rango de humedades relativas óptimas en función de la especie

	Humedad relativa (%)
Porcino <sup>1</sup>	60-70
Vacuno <sup>1</sup>	70-80
Aves <sup>2</sup>	60-70
Conejos <sup>3</sup>	55-85

Fuente: <sup>1</sup> Fuentes Yagüe, 1992; <sup>2</sup>Castelló, 1993; <sup>3</sup>Roca, 1988

La pérdidas de peso de conejos en transporte a matadero están afectadas con la humedad relativa (Luzi *et al*, 1994). Estos autores encontraron que para una humedad relativa de 70-75 % las pérdidas eran de un 3,8 %, a 80-85 % las pérdidas eran 2,5 % y a 90-95 % eran 3,0 %. Mientras que el rendimiento matadero no se encontraba afectado por la humedad relativa (56 % para todas las humedades relativas).

Cuando la humedad relativa aumenta de 30 a 90 %, a una temperatura ambiente de 30 °C, los cerdos son más dependientes de la pérdida de calor por evaporación y la frecuencia respiratoria se duplica (Close, 1981).

Massabie y cols. (1997) observaron que cuando la temperatura ambiente esta próxima a la óptima, el efecto de la humedad relativa sobre el crecimiento de los cerdos se produce cuando esta está por encima del 90 %. Estos autores consideran que el máximo nivel de humedad relativa en alojamientos de ganado porcino debería ser 80 %.

#### 2.1.2.2.- EFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE LA PÉRDIDA DE CALOR

La humedad es un factor crítico en la capacidad de los animales para perder calor. En ganado porcino dentro de la zona termoneutral, la humedad tiene muy poco efecto sobre el balance térmico del animal. A medida que la humedad relativa aumenta la efectividad de pérdida de calor por evaporación disminuye. Cuando la temperatura ambiental está próxima a la temperatura corporal de los animales y la higrometría es elevada, el calor corporal no puede

evaporarse fácilmente en forma de vapor de agua. Los animales que no disponen de gran cantidad de glándulas sudoríparas, como es el caso del cerdo, se revuelca con el material disponible (barro, heces, etc) mientras que los conejos se postran, llegando en casos graves a provocar la muerte por hipertermia. Así, la peor condición para la pérdida de calor es cuando se presentan al mismo tiempo temperaturas y humedades relativas altas (Randall, 1993).

La humedad ambiental afecta a la mortalidad en cerdos (Van Logstestijn *et al*, 1982). En el transporte de pollos a matadero se ha observado también una mayor mortalidad en relación con la humedad relativa, debido a la dificultad que presentan los pollos para disipar el calor por los sistemas evaporativos cuando existe una humedad relativa alta (Bayliss y Hinton, 1990). Estos autores no solo encontraron esta mayor mortalidad con temperaturas ambientales altas, sino también asociado a temperaturas bajas, debido al efecto que tiene el vapor de agua en la pérdida de calor no evaporativo provocando en los animales muerte por hipotermia (Bayliss y Hinton, 1990).

Los coeficientes de correlación hallados por Lambooy y Engel (1991) entre las humedades relativas internas y externas en un camión de transporte de cerdos fueron 0,45, 0,25, 0,62 para sistemas de ventilación variable, ventilación variable con duchas y ventilación de acuerdo con la legislación, respectivamente. En otro trabajo llevado a cabo por Lambooy (1988), el coeficiente de correlación encontrado fue 0,60 en compartimentos con ventilación artificial y 0,67 en compartimentos con ventilación natural. Se ha demostrado la correlación existente en los camiones de transporte de ganado entre la humedad relativa interna y externa. Por lo tanto, la principal forma de evitar ese efecto entre ambas humedades es la colocación de sistemas de ventilación forzada, evitando el aumento de la humedad dentro del camión.

### 2.1.2.3.- RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA

Debido a la relación que existe entre la temperatura y la humedad relativa, se han sugerido diferentes índices que unen ambos parámetros.

a) Índice Temperatura-Humedad (ITH) (Temperature-humidity index, THI) el cual se calcula como una relación entre la temperatura seca ( $T_s$ ) y la temperatura húmeda ( $T_h$ ) mediante la fórmula:

$$ITH = 0,72 \times T_s + 0,72 \times T_h + 40,6$$

Este índice fue primeramente desarrollado para humanos, pero posteriormente modificado para cerdos por NWSCR (1976). Este índice evalúa los umbrales basados sobre las observaciones comportamentales durante el manejo y el transporte. Con la formula anterior se crea una escala de combinaciones de temperaturas y humedades relativas de las cuales se derivan zonas relativamente seguras para el ganado (Lucas *et al*, 2000). La escala se divide en tres zonas: de alerta, peligrosa y de emergencia. El NWSCR indicó que el valor 75 marcaba el comienzo de la zona de alerta, ya que los animales se encontraban en zona de posible estrés térmico. Entre 79 y 83 es la zona peligrosa, principalmente para cerdos y un índice de 84 o superior es peligroso para los animales pudiéndoles causar la muerte.

b) Otro índice es el desarrollado por Ingram (1965), este índice se basa en la proporción de aumento de la temperatura corporal como una medida de estrés fisiológico. Se calcula con la  $T_s$  (temperatura seca) y  $T_h$  (temperatura húmeda) mediante la fórmula:

$$I = 0,63 \times T_h + 1,17 \times T_s + 32$$

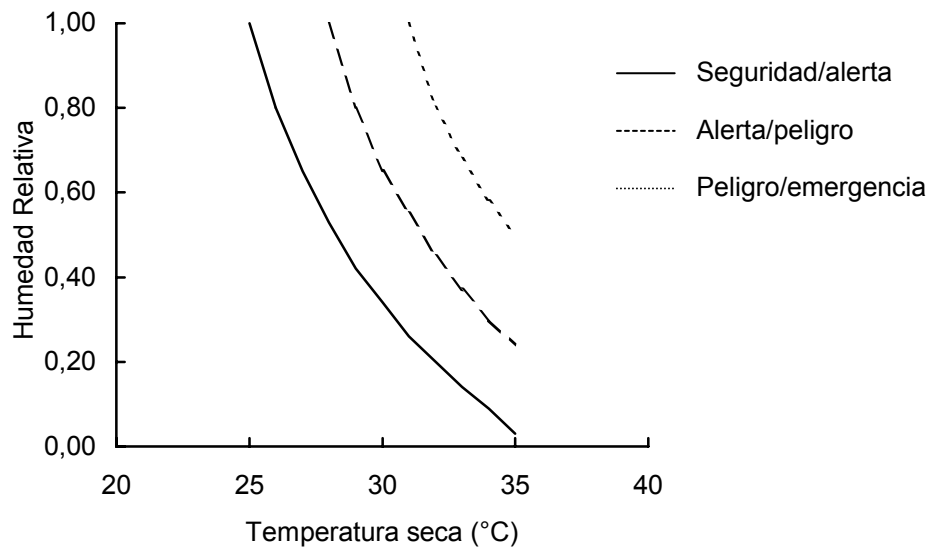
c) Watts, (1982) desarrolló otro índice que relaciona la temperatura, la humedad relativa y el estrés que pueden sufrir los animales cuando son transportados por aire o por ferry. El índice, denominado índice de seguridad climatológica para el ganado (Livestock weather safety index), se divide en 4 áreas principales, de seguridad, de alerta, peligrosa y de emergencia (figura 2.11.). Las zonas aproximadamente vienen definidas por:

Zona de seguridad ( $r_s$ )	$r_s < (107584 / T^2) - 87$
Zona de alerta ( $r_a$ )	$r_s < r_a < (120974 / T^2) - 76$
Zona peligrosa ( $r_p$ )	$r_a < r_p < (143747 / T^2) - 71$
Zona de emergencia ( $r_e$ )	$r_e < r_p$

Donde:  $r$  = Humedad relativa y  $T$  = temperatura

Cuando las condiciones atmosféricas hacen que el valor este en la zona de alerta, se deben transportar un 10 % menos de animales, si cae en la zona peligrosa se debe cargar un 20 % menos de animales y si cae en la zona de emergencia, el transporte se debe posponer.

Figura 2.11.-Límites de las zonas de seguridad/alerta, alerta/peligro y peligro/emergencia, del índice de seguridad climatológica para el ganado



Fuente: Watts, 1982

d) Un último índice es el desarrollado por Mitchell y Kettlewell, (1993) que se denomina Temperatura Equivalente Aparente (TEA) (apparent equivalent Temperature, AET). Este parámetro deriva a partir de la temperatura, la presión de vapor de agua y de constantes psicrométricas. Esta relacionada con la temperatura húmeda y describe el intercambio térmico entre las superficies húmedas y el ambiente.

Si el valor TEA es menor de 45 no representan ningún riesgo para el bienestar del animal o la supervivencia de los animales bajo las condiciones de transporte normales. Si TEA está entre 45 y 65, se produce un estrés fisiológico que es designado como moderado y que esta asociado con cambios en componentes sanguíneos, metabólicos y de función tisular. En el caso que supere 65 se produce un estrés severo, pudiendo producirse daños tisulares y llegar a producirse la muerte del animal. El valor 65 se puede encontrar en múltiples combinaciones de temperatura humedad, así temperaturas de 22,2 °C con una humedad relativa del 100 %, se alcanza esa TEA, y por otro lado temperaturas altas de 40 °C con humedades relativas bajas 21 % se llega a la misma TEA (Mitchell y Kettlewell, 1998). Estos autores en sus estudios han encontrado que la humedad relativa dentro del camión de transporte de pollos se encuentra entre 70 y 80 % y que de esta forma se podría producir un estrés severo cuando las temperaturas estén por encima de 25 °C. Así, aconsejan

que la ventilación se debe ajustar para mantener por debajo de este valor la temperatura en el centro del camión y que debe ser lo suficientemente potente para minimizar el vapor de agua que se produce en el centro del camión.

La acción de la humedad sobre el bienestar del animal hay que considerarlo siempre asociada a la temperatura. El binomio temperatura humedad hay que mantenerlo siempre dentro de los niveles adecuados para que los animales se encuentren en la zona termoneutral y de máximo confort térmico.

### 2.1.3.- VENTILACIÓN

La ventilación es otro factor muy importante en el bienestar animal, ya que es el sistema que se utiliza para mantener los niveles de temperatura y humedad dentro de los límites adecuados.

#### 2.1.3.1.- REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN

La ventilación se debe ajustar para controlar la temperatura y mantener a los animales dentro de la zona termoneutral. El Real Decreto 1041/1997, especifica que se debe proporcionar una ventilación adecuada en función de las condiciones de transporte y ser apropiada para la especie animal transportada.

La ventilación no solamente es requerida para mantener la temperatura dentro de la zona termoneutral, sino también de proporcionar una adecuada cantidad de aire para respirar y retirar los gases nocivos. La principal función de la ventilación es mantener el ambiente dentro del transporte dentro de un nivel deseable (Collins, 1993).

La composición normal del aire, aunque puede variar de unas zonas a otras y contener partículas sólidas y gaseosas de origen local, es la siguiente: 20,95 % de oxígeno (O<sub>2</sub>), 78,09 % de nitrógeno (N), 0,93 % de argón (A) y 0,03 % de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los animales exhalan CO<sub>2</sub> y a partir de las heces se produce amoníaco (NH<sub>3</sub>) y ácido sulfhídrico (SH<sub>2</sub>).

La producción de CO<sub>2</sub> por un animal esta relacionada con la producción de calor total por la fórmula (CIGR, 1984):

$$K = 45,3 \times Q_t \times 10^{-9}$$

Donde: K = producción de CO<sub>2</sub> (m<sup>3</sup>/h), Q<sub>t</sub> = producción de calor total (W)

Si la producción de calor total de un animal es 100 W, produce 16,3 l/h de CO<sub>2</sub>.

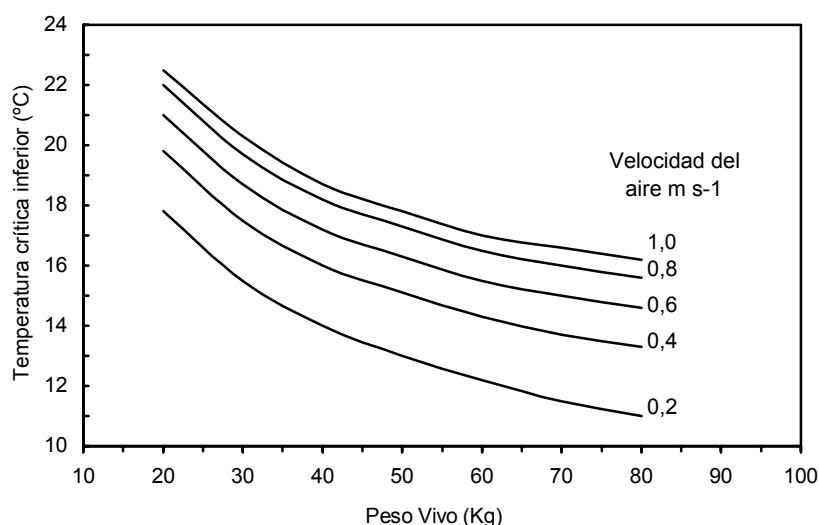
La producción de amoníaco no es posible predecirla por provenir de la descomposición de las deyecciones, lo mismo que el SH<sub>2</sub>. El SH<sub>2</sub> no es probable que se forme durante el transporte, ya que es el resultado de la descomposición anaerobia de las heces a largo plazo.

Los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se deben mantener por debajo de 0,3 % y los nivel de amoníaco por debajo de 20 ppm de amoníaco (Randall, 1993). El amoníaco es detectable por el olfato humano a partir de 5 ppm y se considera como un olor fuerte cuando alcance 10 ppm. Una concentración de amoníaco de 25 ppm causará inmediatamente una prolongada irritación de los ojos y posiblemente de las vías respiratorias altas (Robertson, 1994).

Los requerimientos para una adecuada ventilación se deberían definir en términos de mantener las condiciones dentro de unos límites más que en cantidad de renovación de aire en un tiempo dado (Warriss, 1998).

La ventilación determina la velocidad de aire a nivel del animal y por lo tanto juega un papel muy importante en la producción y pérdida de calor (Le Dividich y Herpin, 1994). La pérdida de calor no evaporativo, por convección, radiación y conducción, está afectada por el nivel de ventilación, de esta forma la temperatura crítica inferior va a variar en función de la velocidad del aire para el mismo peso vivo animal (Randall y Boon, 1994) (figura 2.12.).

Figura 2.12.-Temperatura crítica inferior en función del peso vivo y de varias velocidades de aire

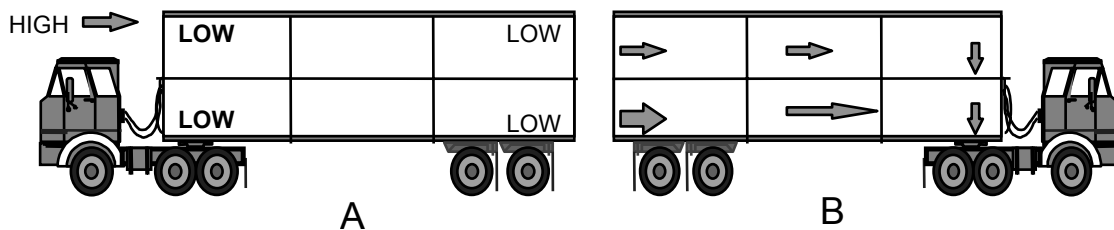


Fuente: Randall y Boon, 1994

### 2.1.3.2.- REGULACIÓN DE LA VENTILACIÓN

La ventilación dentro del camión se produce debido a las diferencias de presión entre el exterior y el interior. Así, la presión externa sobre la superficie de un vehículo en movimiento es alta en el panel frontal de camión, mientras que la presión es relativamente baja en la parte posterior del vehículo. Las consecuencias de esta distribución de presiones hacen que el aire entre de la parte posterior hacia la anterior y salga por la zona frontal (Roslin Institute, 1998) (figura 2.13.)

Figura 2.13.- A.- Distribución de presión en un vehículo en movimiento. B.- Patrón del flujo de aire en un camión con ventilación natural mientras esta en movimiento



Este flujo de aire hace que se produzca una ventilación heterogénea, habiendo áreas caliente en la zona superior central y frontal y de la misma forma zonas frías próximas a las entradas de aire como la parte posterior, donde el movimiento del aire es máximo.

La capacidad de ventilación se puede medir de diferentes formas:

- Proporción del área de las paredes y techo del camión o solamente de las paredes (Riches *et al*, 1996).

- Cuando el vehículo tiene ventilación trasera y frontal, se puede expresar como porcentaje del área del frontal del vehículo (Riches *et al*, 1996).

- Altura de las aberturas de ventilación (Barton *et al*, 1995).

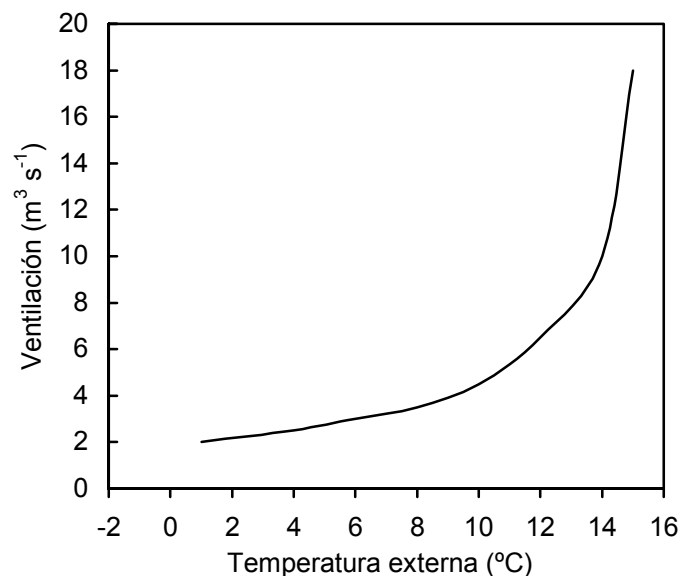
- Área de las aberturas de ventilación (Lambooy, 1988).

- Velocidad el aire (el principal problema es el alto coste del equipo para medir la velocidad del aire) (Del Barrio *et al*, 1993; Lambooy *et al*, 1987).

La ventilación para un alojamiento normal esta basada en el control de la temperatura cuando el ambiente externo es cálido (Randall, 1993). Esta

ventilación debe variar para mantener la temperatura interior constante en función de la temperatura exterior (Randall y Boon, 1994) (figura 2.14.).

Figura 2.14.-Variación de la ventilación en función de la temperatura externa para obtener una temperatura de 18 °C (Alojando 500 cerdos de un peso medio de 64 Kg)



Fuente: Randall y Boon, 1994

Mitchell y Kettlewell, (1998) compararon dos camiones de transporte de pollos, uno de ellos modificado para aumentar la ventilación en el interior del camión y que al mismo tiempo permitía transportar 500 aves más y el otro con el sistema convencional de ventilación. En el vehículo con ventilación convencional la temperatura interna en el camión fue de 28,7 °C, y una humedad relativa de 63 % (densidad de vapor de agua fuera de 17 g/m³), el valor resultante de la temperatura equivalente aparente (TEA) fue 68,8, valor por encima del señalado como límite de la zona de estrés severo (TEA = 65). En el camión con el sistema de ventilación modificado, la temperatura en el interior del mismo fue de 22,5 °C y la humedad relativa correspondiente fue de 51 % (densidad de vapor de agua 10,2 g/m³), el valor resultante TEA fue 45,1, lo que permite que las aves en este tipo camión modificado se encuentren fuera de riesgo de padecer estrés térmico.

En muchos casos la ventilación que proporciona el camión en movimiento es suficiente como para mantener la temperatura interna del camión dentro de los límites de la termoneutralidad. El problema aparece cuando el camión se

encuentra parado, ya que la ventilación es muy baja si no posee un sistema alternativo de ventilación, y la temperatura puede aumentar considerablemente, con el posible riesgo de estrés térmico para los animales.

#### 2.1.3.3.- EFECTOS DE LA VENTILACIÓN SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL

Los efectos de la ventilación sobre parámetros sanguíneos fueron estudiado por Barton y cols. (1995) quienes bajo dos tipos de ventilación (150 y 500 mm de altura de las aberturas de ventilación) no observaron efectos sobre parámetros sanguíneos como la Creatin kinasa (CK), cortisol y  $\beta$ -endorfinas. Sin embargo sí que observaron un efecto sobre el pH final de la carne, que fue más alto cuando la ventilación fue menor (150 mm de altura de las aberturas de ventilación).

Mitchell y Kettlewell, (1998) en las aves transportados bajo los dos sistemas de ventilación mencionados anteriormente, (ventilación convencional frente a un sistema de ventilación modificada), valoraron la mortalidad en el transporte y dos medidas fisiológicas en las aves, CK (Creatin kinasa) y la relación de Neutrófilos-Linfocitos (N:L). Las dos medidas fisiológicas CK y N:L fueron mayores en el transporte con ventilación convencional (407 U/L y 0,97 respectivamente) que para el transporte con el sistema de ventilación modificado (310 U/L y 0,30 respectivamente). De la misma forma el vehículo con el sistema de ventilación modificado, permitió transportar aproximadamente un 10 % más de pollos y la mortalidad fue menor (0,43 frente a 0,49). Estas diferencias se pueden atribuir más al problema térmico que genera la ventilación que al sistema de ventilación en sí.

Lambooy y Engel (1991) no encontraron diferencias significativas en la calidad de la carne entre diferentes sistema de ventilación (ventilación variable, ventilación de acuerdo con la legislación y ventilación variable con duchas cuando la temperatura superaba los 20 °C) La falta de significación entre los diferentes tipos de ventilación, según los autores se puede deber a que los tres sistemas proporcionan una ventilación adecuada. Además, los sistemas de ventilación no afectaron al comportamiento de los animales durante el transporte.

La ventilación, considerado como velocidad de aire, puede tener también un efecto directo sobre los animales, ya que el movimiento del aire sobre la superficie corporal incrementa las pérdidas de calor.

Las pérdidas de peso por el transporte fueron mayores cuando los animales estuvieron sometidos durante el transporte a una velocidad de aire de 0,8 m/s que cuando la velocidad fue menor, 0,2 m/s (6,4 % frente a 5,9 % respectivamente) (Lambooy *et al*, 1987). La producción de calor adicional para la termorregulación (Calor producido por un animal para mantener la temperatura en un nivel constante, cuando la temperatura ambiental esta por debajo de la temperatura crítica inferior) por los cerdos sometidos a estas dos velocidades de aire, fue más alta en aquellos animales sometidos a la velocidad de aire más alta (597 frente a 563 kJ/kg<sup>0.75</sup> para 0,8 y 0,2 m/s respectivamente) (Lambooy *et al*, 1987).

Lambooy (1988) encontró que durante el transporte con un sistema de ventilación artificial (0,04 m<sup>3</sup>/s por cerdo constantemente), la calidad de la carne (establecimiento del *rigor mortis* a los 45 minutos y la temperatura en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* a las 24 horas) fue significativamente más alta que en los animales transportados con ventilación natural.

## 2.2.- FACTORES RELACIONADOS CON EL MEDIO DE TRANSPORTE

### 2.2.1.- DISEÑO DEL VEHÍCULO

La legislación española (R.D. 1041/1997) hace referencia al diseño del vehículo. En este Real Decreto se indica que los vehículos de transporte de animales vivos deben estar diseñados para que los animales no puedan abandonarlos ni sufrir heridas o lesiones mientras que estén allí alojados. Deben ser de fácil limpieza y desinfección, para evitar contaminaciones entre animales de distinta procedencia alojados en sucesivos transportes. El suelo debe ser lo suficientemente sólido como para resistir el peso de los animales que allí se encuentran, no debe ser deslizante ni presentar salientes que pueden lesionar a los animales.

#### 2.2.1.1.- EFECTOS DEL TIPO DE VEHÍCULO SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL

Las características constructivas de los vehículos tienen una importancia fundamental en el bienestar de los animales que transportan, ya que van a determinar tanto el nivel de vibraciones, como el confort térmico de los animales.

El transporte en un vehículo rígido tiende a producir un viaje más accidentado y brusco que cuando el transporte se lleva a cabo con un vehículo articulado. Esto es debido principalmente a que los camiones rígidos son más pequeños y más fáciles de manejar, por lo que se conducen a mayor velocidad que los camiones articulados (Anonymous, 1977).

El tipo de amortiguación del que está dotado el vehículo afecta a las vibraciones que experimentan los animales durante el transporte. La vibración en el vehículo se puede reducir con la instalación de suspensión neumática, y de esa forma se reduce el estrés en los animales. La suspensión neumática debe mantenerse en condiciones óptimas, ya que cuando ésta se encuentra dañada, el nivel de vibraciones puede ser mucho más alto que en un vehículo con ballestas (Singh, 1991). La experiencia práctica, ha mostrado que un sistema de suspensión neumática bien mantenido reduce el estrés en los animales (Tarrant y Grandin, 2000). Los cerdos presentan con frecuencia “enfermedad del transporte”, particularmente cuando se les ha dado de comer en momentos próximos a la hora de la carga y se transportan en los vehículos con un sistema de suspensión inapropiada (Randall y Bradshaw, 1998).

La presión de los neumáticos también afecta al bienestar en el transporte. Los neumáticos de los camiones con mayor presión de la necesaria, producen un aumento de la vibración (Stevens y Camp, 1979). Es una práctica bastante frecuente que los transportistas pongan más presión en los neumáticos para prolongar la vida útil de los mismos, aunque pueda ir en detrimento del bienestar de los animales que transporta (Tarrant y Grandin, 2000).

El aislamiento de los camiones determinará la pérdida y ganancia de calor del mismo. Cuando la diferencia de calor entre el exterior y el interior es de 10 °C, una chapa de acero en la pared del camión, permite pasar a través de ella 60 W/m<sup>2</sup>, lo que supone una ganancia de 4,5 kW en un camión comercial de 75 m<sup>2</sup> de superficie. Esta ganancia de calor entre el interior y el exterior se reduciría un 90 % si se aislasen las paredes de acero del camión con una capa de 50 mm de poliestireno (SAC, 1991).

Por otra parte, el tipo de suelo del vehículo influye tanto por el aislamiento que proporcionan como en la facilidad de provocan deslizamientos (resbalones) de los animales. Los suelos de acero en los vehículos dan más agarre para los animales que los de madera cuando ambos están húmedos, con la ventaja adicional que el acero facilita muchísimo la limpieza y desinfección y son suelos más duraderos. Pero por otra parte, hay que considerar que el aislamiento que produce la madera es dos veces mayor que el acero (SAC, 1991).

### 2.2.2.- PRACTICAS DE CONDUCCIÓN

La brusquedad y tosquedad de un transporte, depende no solo de las características de la carretera por la que se realiza el transporte, sino además por el estilo de conducción del transportista (SCAHAW, 2002).

Las prácticas de conducción van a influir mucho sobre el bienestar de los animales, ya que frenazos y aceleraciones, van a hacer que los animales que no tienen ninguna sujeción salvo el apoyo en sus cuatro patas, se vean empujados o lanzados hacia las paredes del vehículo.

#### 2.2.2.1.- EFECTO DE LAS PRÁCTICAS DE CONDUCCIÓN SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL

La conducción durante el transporte de cerdos, provocó un aumento en la frecuencia cardiaca cuando el camión se encontraba girando en las rotondas o cuando se producían frenazos (Christensen y Barton Gade, 1996).

Bradshaw y cols. (1996b) encontraron que el nivel de cortisol en cerdos aumentaba después de la carga y que permanecía elevado durante más tiempo cuando el transporte se realizaba sobre carreteras accidentadas y abruptas en comparación con un transporte realizado por carreteras bien asfaltadas.

Ruiz de la Torre y cols. (2001) hallaron que los corderos transportados por carreteras bien asfaltadas tuvieron una menor frecuencia cardiaca y menores niveles de cortisol que los transportados por carreteras accidentadas. También encontraron que el pH a las 24 horas post-mortem era mayor en los animales transportados por carreteras accidentadas. Este incremento del cortisol sanguíneo en corderos transportados por carreteras accidentadas ha sido corroborado por otros autores (Hall *et al*, 1998a)

La investigación que se ha realizado para el desarrollo de nuevos equipos y motores con el fin de mejorar la capacidad de conducción de los vehículos, ha permitido que la aceleración sea mayor, mejorando la estabilidad de los vehículos en las curvas y disminuyendo la distancia de frenado. Sin embargo, los animales que se transportan no se han adaptado a estos cambios, y deberían ser considerados en el desarrollo de los vehículos para su transporte (SAC, 1998). Un ejemplo de esta circunstancia es la sustitución de los frenos de tambor por los frenos de disco. Los frenos de disco permiten que las distancias de frenada sean menores, así un camión articulado de 38 toneladas con frenos de disco tiene una distancia de frenada de 20,6 m a partir de una

velocidad de 42 Km/h, mientras que un camión de las mismas características pero con los frenos de tambor convencionales, la distancia de frenada es de 24,5 m. Esta potencia de parada tiene un efecto adverso sobre el bienestar de los animales, por lo que el principal objetivo en el transporte de animales será conducir suavemente (SAC, 1998).

En terneros, muy frecuente la pérdida de equilibrio es como consecuencia del estilo de conducción del transportista, y es uno de los factores a considerar dentro del bienestar, por el riesgo que conlleva sobre la presencia de lesiones y sofocación en el animal (Tarrant y Grandin, 2000). Tarrant *et al*, (1992) observaron que el 8 % de las pérdidas de equilibrio en terneros eran debidas a los frenazos, cambios de marcha y giros. Además observaron que los giros eran los que producían más pérdidas de equilibrio cuando se transportaban los animales en altas densidades (0,89 m<sup>2</sup> por animal), mientras que en bajas densidades (1,39 m<sup>2</sup> por animal) la mayor causa de pérdida de equilibrio era debida a los frenazos (tabla 2.7.).

Tabla 2.7.- Porcentaje de causas de pérdida de equilibrio en terneros durante un transporte de 24 horas

Eventos de la conducción	Densidad de carga		
	Baja (1,39 m <sup>2</sup> /animal)	Media (1,16 m <sup>2</sup> /animal)	Alta (0,89 m <sup>2</sup> /animal)
Frenazos	55	58	19
Cambios de marcha	21	17	19
Paradas y arranques	9	15	0
Giros	5	6	50
Salto	2	2	0
Otros eventos	1	1	0
Sin incidentes	6	2	12

Fuente: Tarrant *et al*, 1992

### 2.2.3.- RUIDO

El sonido del camión y del ambiente al salir de la granja es un factor estresante al cual los animales, en las condiciones de explotación de hoy en día, no están acostumbrados, aunque probablemente se encuentren habituados a algunos sonidos, debido a que los sistemas de ventilación pueden producir aproximadamente un nivel de ruido de 90 dB, que es bastante elevado si consideramos que 120 dB es el umbral de dolor en humanos.

#### 2.2.3.1.- EFECTOS DE RUIDO SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL

Los animales están expuestos a ruidos continuamente a lo largo de sus vidas, sin embargo algunas veces ese sonido puede ser percibido por el animal como una amenaza. El sonido puede causar un estrés dependiendo de la novedad y de la intensidad del mismo, sobre todo cuando está asociado a otros factores estresantes (Stephens y Perry, 1990). La media de sonido en un camión de transporte de pollos se encuentre entre 95 y 103 dB (Weeks y Nicol, 2000).

Kwowles y cols. (1993) observaron que los niveles de ruido en un camión de transporte de corderos eran de 115 dB en la escala lineal. Talling y cols. (1996) encontraron que en el piso superior frontal de un camión de transporte de lechones circulando a 55 mph ( $\approx$  77 Km/h) el nivel de sonido era 83 dB (lineales) y que este sonido procedía de los gruñidos de los lechones, del golpeteo de los separadores, del motor, del sonido de los neumáticos, etc.

Cerdos de aproximadamente 15 Kg expuestos a dos niveles de sonido (85 y 97 dB (lineales)) por un periodo de 15 minutos, mostraron un incremento tanto de la frecuencia cardiaca (144 y 153 pulsaciones respectivamente) como de la actividad motora (20,2 frente a 10,8 paseos en 5 minutos) frente a los animales control (133 pulsaciones y 4,4 de índice de actividad) (Talling *et al*, 1996)

Sin embargo, Geverink y cols. (1998) no encontraron diferencias en la frecuencia cardiaca, concentración de cortisol y actividad en cerdos sometidos a diferentes sonidos. Pero lo que encontraron fue que los cerdos estuvieron más tiempo junto con sus compañeros de grupo cuando fueron sometidos a un nivel de ruido de 80-85 dB(A) (sonido gravado de la maquinaria de procesamiento de las canales porcinas) o un sonido "blanco" (sonido de referencia con ausencia de contenido biológico y con un nivel de presión constante de sonido) procedente de una frecuencia entre 200 y 20.000 Hz.

Stephens y Perry, (1990) encontraron que cuando cerdos eran sometidos a un simulador de transporte y fueron expuestos a dos niveles de ruidos, los animales no lo encontraron lo suficientemente aversivo como para estimularles a apagar el aparato. Solamente cuando el sonido estuvo previamente unido a la vibración, los animales actuaron para apagarlo en presencia solo de ruido.

Se ha encontrado en un estudio realizado en 13 mataderos de porcino, (Warriss *et al*, 1994) una relación positiva entre el nivel de ruido y la calidad de la carne. Tras efectuar una valoración subjetiva del estrés y la medición de los niveles de ruido, se clasificaron los mataderos como instalaciones de estrés alto (108 dB) y de estrés bajo (93,5 dB). Posteriormente, obtuvieron muestras de sangre de los cerdos en el momento de la exsanguinación, y observaron que los niveles de lactato en sangre eran más bajos en las instalaciones de nivel de estrés bajo que en las de alto (63,5 frente a 139,8 mg/dl).

Agnes y cols. (1990) encontraron que sometiendo a terneros jóvenes a un nivel de ruido de 96 dB durante un tiempo de 30 minutos, se producía un incremento de los niveles de adrenalina y cortisol en sangre.

En conejos se recomienda que el nivel de ruido sea bajo, debido a que se trata de animales muy nerviosos (Roca, 1988). Ruidos altos van a ocasionarles estrés, pudiendo llegar a inhibirles la cecotrofia, con los problemas nutricionales que ello conlleva; Sin embargo, se acostumbra rápidamente a ruidos rutinarios (Roca, 1988).

#### 2.2.4.- VIBRACIÓN

La vibración es un factor que compromete el bienestar del animal por ser este un factor completamente nuevo al mismo, provocando en el animal una adaptación rápida y necesaria para hacer frente a este factor estresante.

##### 2.2.4.1.- EFECTO DE LA VIBRACIÓN SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL

El efecto de la vibración sobre los animales es muy importante, ya que durante la estancia en granja nunca han estado sometidos antes a este tipo de estrés. La vibración es un aspecto del movimiento, que está caracterizado por la dirección (horizontal y vertical), por la aceleración y por la frecuencia de este movimiento. La relación entre estos factores se ha establecido sobre el grado subjetivo de comodidad e incomodidad para humanos usando varias medidas de vibración (Randall, 1992). En el transporte de animales, la unión entre la

jaula de carga y el chasis no está diseñada para reducir la vibración y es probable que los animales se encuentren sometidos a un nivel de vibración más alto que el que está sometido en conductor (Perremans *et al*, 2001).

La medida de la vibración se encuentra bajo debate, debido a que se tiene que encontrar la mejor expresión para determinar la dosis de vibración aceptable para humanos. Se está de acuerdo en que ciertos aspectos de la respuesta de humanos a la vibración se encuentran correlacionados con la raíz cuadrada de la media de las aceleraciones al cuadrado (r.m.s., root mean square) para cada frecuencia. Se utiliza una medida puntual y los tres ejes de translación, el r.m.s. de las aceleraciones ponderadas vienen dados por  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ , eje longitudinal (delante-detrás), transversal (derecha-izquierda) y vertical (arriba-abajo), de acuerdo con la ecuación:

$$a_w = (a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2)^{1/2}$$

De acuerdo con los ejes de aceleración y de movimientos, se ha desarrollado el nivel de incomodidad de las vibraciones, marcando unas bandas de magnitudes de aceleración con diferentes descriptores (Randall, 1992) (tabla 2.8.).

Tabla 2.8.- Reacciones humanas probables para niveles de r.m.s. ponderados de la aceleración

r.m.s. ponderados de la aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Descripción
< 0,315	No incómodo
0,315 – 0,63	Un poco incómodo
0,5 – 1,0	Bastante incómodo
0,8 – 1,6	Incómodo
1,25 – 2,5	Muy incómodo
> 2,0	Extremadamente incómodo

Fuente: Randall, 1992

Estas medidas de la vibración se refirieren al asiento del conductor, pero hay que considerar que los animales se van a encontrar de pie o tumbados, así que la información establecida para humanos no sería totalmente válida para aquéllos, ya que incluso existen diferencias en la percepción del malestar entre diferentes posturas en el asiento del conductor. El umbral de percepción de la

vibración en el eje vertical en humanos varía según se esté sentado o de pie (Parsons y Griffin, 1988).

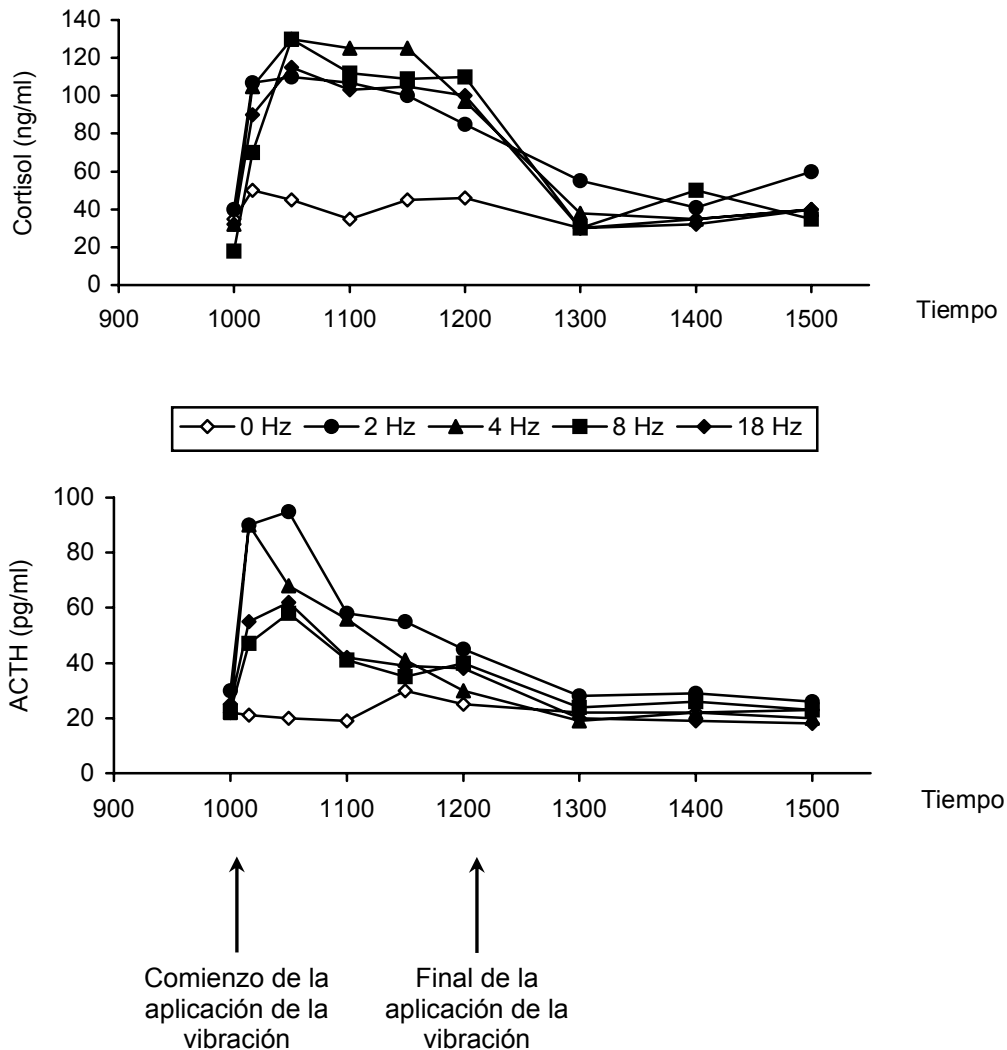
La vibración en los camiones de transporte de cerdos estaba afectada por el tipo de suspensión, por la conducción por buenas o malas carreteras, por la velocidad del vehículo y finalmente por la carga del vehículo (total o parcialmente cargados) (Randall y Bradshaw, 1998). Estos mismos autores indicaron que los mejores vehículos para evitar vibraciones que puedan afectar a los cerdos eran los vehículos de dos pisos con sistemas de suspensión por aire en todos los ejes, y que la conducción fuera lo más suave posible, tanto con el camión lleno como a media carga.

Rutter y Randall, (1993) en un estudio utilizando un sistema de evasión pasiva, encontraron que los pollos evitaban enérgicamente la vibración sinusoidal de 1,0 Hz ( $1,15 \text{ m/s}^2$ ), sin embargo la respuesta de evasión fue moderada con una frecuencia de 0,5 Hz ( $0,59 \text{ m/s}^2$ ).

Randall y cols. (1997) observaron que los pollos tenían aversión tanto a la vibración vertical como a la horizontal. La aversión tendía a aumentar a medida que aumentaba la aceleración (de 0 a  $5 \text{ m/s}^2$ ) y a disminuir con el incremento de la frecuencia (de 0 a 10 Hz). Los pollos encontraban especialmente aversivo las vibraciones con una frecuencia menor de 5 Hz.

Se ha descrito que la frecuencia cardiaca en lechones estaba más afectada por las aceleraciones que por las frecuencias dentro de un rango de 2 a 8 Hz. (Perremans *et al*, 1998). En lechones sometidos a vibración sobre el eje vertical a distintas frecuencias (2, 4, 8 y 18) el nivel de cortisol en sangre aumentó rápidamente tras el comienzo de la prueba y se recuperaron los niveles basales después de una hora de finalización de la vibración (Perremans *et al*, 2001). La ACTH aumentó rápidamente en los primeros 10 minutos tras el comienzo de la prueba, siendo mucho mayor el incremento cuando la frecuencia de vibración fue de 2 y 4 Hz. A la media hora del comienzo de la vibración, los niveles de ACTH seguían siendo más altos que para el control. Sin embargo, al cabo de una hora la concentración de ACTH se redujo hasta los niveles basales (Perremans *et al*, 2001) (figura 2.15.).

Figura 2.15.- Nivel de cortisol y ACTH dentro del periodo de muestras bajo el efecto de las diferentes frecuencias de vibración



Fuente: Perremans *et al*, 2001

### 2.2.5.- DURACIÓN DEL TRANSPORTE

La duración del transporte se encuentra regulada por la legislación española (R.D. 1041/1997), donde se determina la duración máxima del transporte. La legislación diferencia entre vehículos tipo “estándar” y vehículos “especiales”. La duración máxima del transporte para todas las especies no debe superar las 8 horas; tras las que los animales deben ser descargados y recibir un periodo de descanso de al menos 24 horas, durante el cual, a los animales se les pondrá a disposición agua y comida, para tras ese periodo volver a cargarse y continuar con el transporte hasta llegar al lugar de destino. Estas son las duraciones de transporte cuando se realiza en camiones tipo

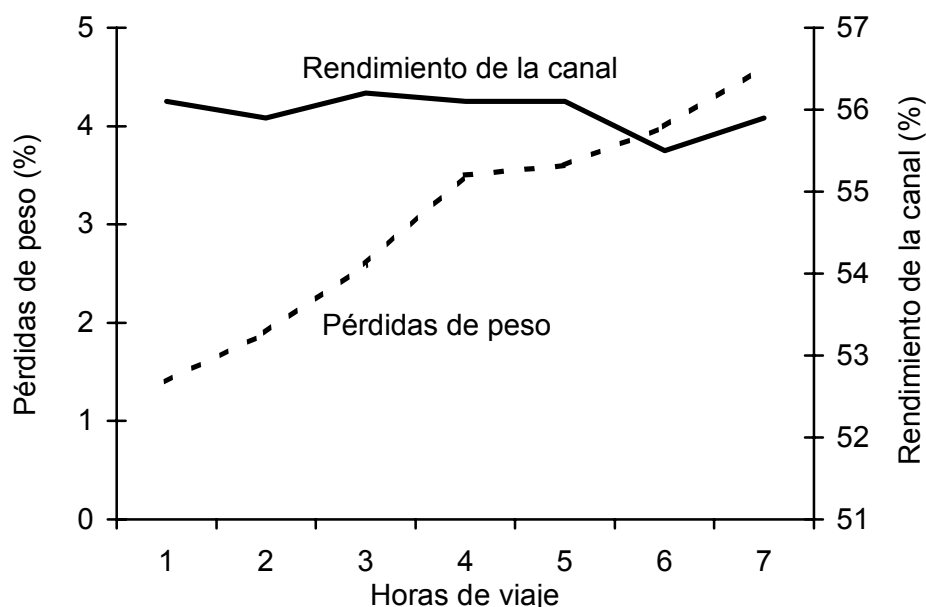
“estándar”. En el caso que los camiones cumplan una serie de requisitos, como disponer de suficiente yacija en el suelo, capacidad de formar compartimentos con paneles móviles, disponer de sistemas de toma de agua, de depósitos para su suministro durante el viaje, etc. los camiones podrán aumentar el tiempo de transporte. Cuando el transporte sea de conejos o de aves, la duración máxima de transporte podrá ser siempre de 12 horas sin contar la carga ni la descarga.

#### 2.2.5.1.- EFECTO DE LA DURACIÓN DEL TRANSPORTE SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO

La duración del transporte está asociada con el ayuno a que son sometidos los animales durante ese periodo; además del estrés que supone el transporte.

La duración del transporte influye sobre las pérdidas de peso de los animales. Luzi y cols. (1994) encontraron que las pérdidas de peso en conejos durante el transporte, eran mayores a medida que aumentaba la duración del mismo, mientras que el rendimiento de la canal no se veía afectado (figura 2.16.).

Figura 2.16.-Porcentajes de pérdidas y rendimiento de la canal en función del tiempo de transporte



Fuente: Luzi *et al*, 1994

Purdue (1984) encontró que la pérdida de peso de conejos transportados durante 6 horas fue de 3,5 % y para los transportados durante 24 horas fue de

8,1 %. En pollos, se han cifrado unas pérdidas de peso que van desde 1,3 % para un transporte de 1,5 horas hasta 2,3 % para 3 horas de transporte y 3,1 % para un duración de transporte de 4,5 horas (Knowles y Broom, 1990).

Las pérdidas de peso al comienzo del transporte son más elevadas por las defecación y micción (Knowles *et al*, 1995a). Dantzer, (1982) observó que en porcino las pérdidas de peso pueden ser superiores a 1 Kg en la primera hora transporte. Symoens, (1970) encontró que la pérdida de peso en cerdos transportados en camión fue de: 1 Kg después de 45 minutos, de 1,10 a 1,93 Kg después de 1 hora y de 2,5 Kg después de 2 horas y media de transporte.

Las pérdidas de peso aumentan a medida que aumentaba la duración del transporte. En ganado porcino, se han descrito pérdidas de peso de 2,21, 2,00 y 4,27 % para duraciones de transporte de 8, 11 y 24 horas respectivamente (Brown *et al*, 1999). En el caso de terneros transportados 1600 Km, las pérdidas de peso ascendieron hasta el 8,2 % de su peso inicial (Camp *et al*, 1981).

Lambooy y Engel (1991) indicaron que en 11 viajes de larga distancia (25 horas) la pérdida de peso fue de 3,9 Kg por animal como media. Por otra parte, en viajes de larga distancia un parte de esa pérdida de peso puede dar como resultado una pérdida de peso de la canal. Lambooy y cols. (1985) observaron que la pérdida de peso de cerdos de 100 kg trasportados durante dos días fue 8 Kg y atribuyeron la mitad de esa pérdida a una reducción en el peso de la canal. Cuthbertson y Pomeroy (1970) indicaron que en cerdos transportados durante 8 horas el peso de la canal fue 1,2 % más bajo que el de cerdos transportados media hora (75, 7 Kg frente a 76,6 Kg).

Sin embargo, hay datos opuestos en las pérdidas de peso de la canal tras viajes de larga duración en ganado vacuno. Mientras Smith *et al*, (1982) encontraron perdidas en el rendimiento de la canal del 1,5 % y 2,5 % para terneros transportados durante 3 y 12 horas respectivamente, otros autores (Wythes *et al*, 1981) no han encontrado ningún efecto sobre las pesos y rendimientos de la canal en vacas transportadas 460 y 2055 km, con pérdidas de peso del 10 y 12 % respectivamente.

Efecto de la duración del transporte sobre parámetros fisiológicos y calidad de la carne

Algunos de los efectos asociados a la duración del transporte se deben a la privación de alimentos y de agua. Como consecuencia del ayuno, se produce en una depleción de glucógeno en los músculos *Longissimus dorsi* y *Biceps*

*femoris* en conejos transportados tanto durante 8 como durante 24 horas (Purdue, 1984). También se produce un aumento del pH muscular y un descenso de la luminosidad y saturación de la carne.

Dal Bosco y cols. (1997) analizaron las características de la canal en conejos transportados a 15 y 400 Km. El pH inicial (1 hora tras sacrificio) y el pH final (24 horas tras sacrificio) fueron más altos en los conejos sometidos a un transporte más largo. Asimismo, en ganado porcino se han descrito incremento del pH a las 24 horas en los tres músculos medidos (*longissimus dorsi*, *semimembranosus* y *adductor*), con el tiempo de transporte, mientras que la concentración de glúcogeno muscular y hepático no presentó diferencias entre los tres tiempos de transporte (8, 16 y 24 horas) (Brown *et al*, 1999).

Con relación a los parámetros de color en la primera hora tras el sacrificio, la luminosidad y el índice de amarillo fueron más bajos en conejos transportados 400 Km. A las 24 horas *post-mortem*, la luminosidad de la carne tendió a igualarse (55,5 frente a 57,6). El índice de amarillo se igualó y el índice de rojo de las canales de los conejos transportados 400 Km fue más alto (15,1 frente a 5,9). Estos resultados reflejaron que las canales de conejos que habían tenido un transporte más largo presentaban una carne más oscura (Dal Bosco *et al*, 1997).

Las pérdidas por goteo de la canal, la capacidad de retención de agua, la fuerza de corte de la carne y la humedad muscular en conejos, fueron más altas en transportes de 400 Km frente a los transportes de 15 Km, lo que indica que la carne era más dura y más seca en los animales con transportes más largos (Dal Bosco *et al*, 1997).

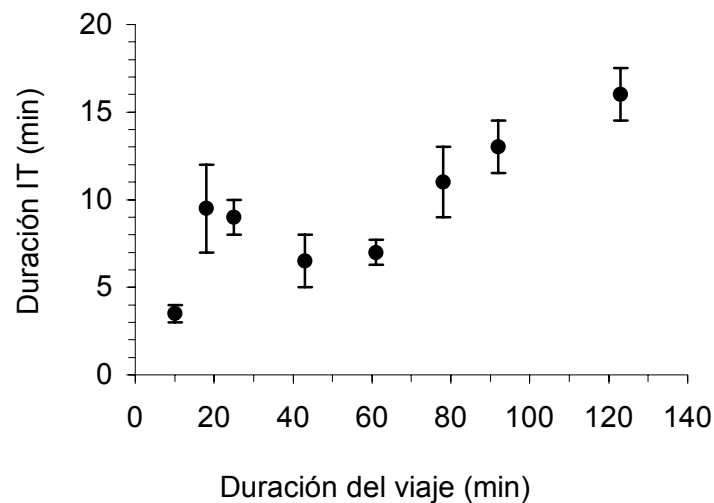
En ganado porcino la incidencia de carnes PSE eran menores para transportes de 2 horas de duración comparado con otro de 50 minutos (Fortin, 2002).

Algunos parámetros sanguíneos en cerdos al final del transporte aumentaron en sangre a medida que el tiempo de transporte aumentó, como las proteínas totales, albúmina y los ácidos grasos no esterificados (Brown *et al*, 1999). Sin embargo, los mismos autores encontraron que los niveles sanguíneos de cortisol y lactato eran más alto en los transportados 16 horas que los transportados 8 y 24 horas (264, 118, 99 nmol/l para el cortisol y 32,7, 17,4 y 16,3 mg/dl para el lactato respectivamente para 16, 8 y 24 horas de transporte).

Warriss y cols. (1990) observaron un descenso en los niveles sanguíneos de glucosa, ácidos grasos libres y urea, en ovejas transportados durante 1, 3 y 6 horas. Al mismo tiempo que se presentaba un aumento en la concentración de glucógeno hepático, mientras que en el muscular no se encontraron diferencias entre las tres duraciones de transporte. Knwoles y cols. (1994) encontraron que los niveles sanguíneos de glucosa, urea, albúmina y lactato en corderos de 35 Kg, transportados durante 18 y 24 horas, eran más altos en los transportados durante 24 horas frente a los transportados durante 18 horas. Por otra parte, los ácidos grasos libres y el  $\beta$ -hidroxibutirato eran menores en los corderos transportado 24 horas.

Duncan (1989) indicó que el transporte de pollos producía un aumento significativo en el nivel de corticosterona en plasma tras 40 minutos de transporte, en relación con pollos que fueron enjaulados pero el vehículo se quedo estacionado.

Figura 2.17.-Medias de duración de la inmovilidad tónica de pollos estudiados en matadero en función del tiempo de viaje



Fuente: Cashman *et al*, 1989

En aves, se ha observado que la inmovilidad tónica (IT, estado parecido al catatónico de reducida respuesta a la estimulación externa) se ve aumentada con el tiempo de transporte (Cashman *et al*, 1989), encontrando una relación lineal entre ellas. Esta relación de tiempo de transporte con el tiempo de inmovilidad tónica, no esta relaciona con los tiempos en los que el camión esta

parado, sino con los tiempos en los que el camión esta en movimiento (figura 2.17.). Mills y Nicol (1990) encontraron este mismo efecto en gallinas de desvieje.

#### 2.2.5.2.- EFECTO DE LA DURACIÓN DEL TRANSPORTE SOBRE LA MORTALIDAD

En un estudio realizado en Gran Bretaña por Robertson, (1987) encontró que la mortalidad porcina no se encontraba afectada por la distancia de transportes inferiores a 200 millas (320 Km) mientras que si había un aumento cuando la distancia de transporte era superior a de esos 320 Km (tabla 2.9.).

Tabla 2.9.- Muertes en el transporte y distancia de viaje

Distancia (Km)	Nº de cerdos	Nº de muertos	Porcentajes de muertos
≤ 159	1.933	4	0,21
160 – 319	24.599	55	0,22
320 – 479	10.256	63	0,61
≥ 480	3.075	20	0,65

Fuente: Robertson, 1987

Cuando del transporte es de larga distancia y además se producen altas temperaturas, la mortalidad en ganado porcino aumenta enormemente. Sin embargo, cuando la distancia de transportes es larga y la temperatura está por debajo de 10 °C se produce poco efecto sobre la mortalidad (Hails, 1978).

## 2.3.- FACTORES RELACIONADOS CON EL MANEJO

### 2.3.1.- CARGA Y DESCARGA

La carga y la descarga es uno de los principales aspectos que afectan al bienestar animal durante el transporte (Broom, 1995).

Durante la carga y la descarga se somete a los animales a un ambiente nuevo y a una actividad física a la que antes no han estado nunca sometidos. Por este motivo, se producen cambios fisiológicos para la adaptación del animal a este estrés, que además se ven exacerbados cuando se les unen otros factores estresantes como la mezcla de animales, el ruido, el cambio de luz o temperaturas altas. La carga y la descarga se deben realizar lo más calmada y eficazmente posible (Collins, 1993). La descarga de animales se considera más estresante que la carga, por haberse acumulado el estrés de todo los factores anteriormente mencionados (SAC, 1996).

#### 2.3.1.1.- EFECTO DE LA CARGA Y DESCARGA SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL

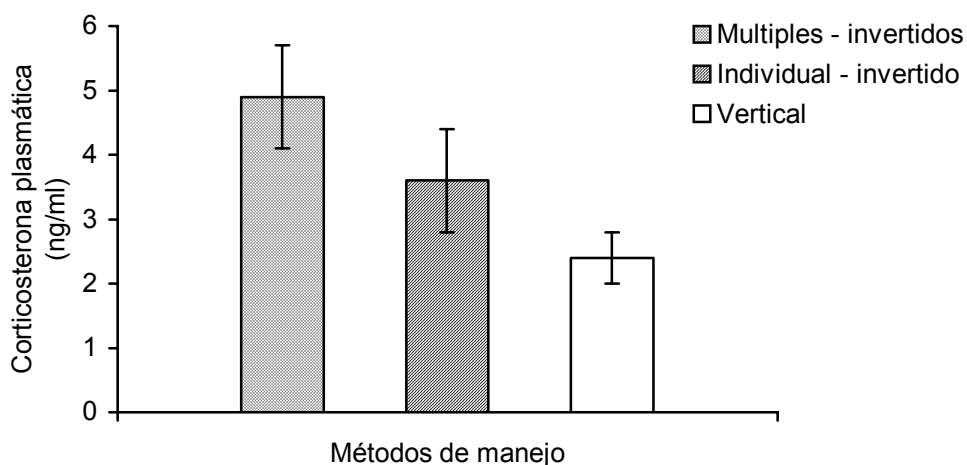
En el transporte de animales de abasto se pueden diferenciar dos tipos de sistemas de carga y descarga, dependiendo de tipo de animal. Aquellos sistemas en los que el animal avanza al vehículo de transporte como los cerdos, terneros y ovejas; y por otro lado los que introducen los animales en jaulas de transporte que posteriormente son cargadas dentro del camión, como es el caso de conejos y pollos.

En los conejos, el enjaulado se considera una parte del transporte, que es menos estresante para los animales que la carga en el camión y la descarga posterior (Jolley, 1990). Durante el enjaulado, los conejos se transfieren de las jaulas de cría a las jaulas de transporte, este hecho implica coger a los animales, la forma de agarrarlos durante el enjaulado es importante, cogerlos de las orejas es doloroso para los conejos, mientras que por la zona lumbar el dolor es menor (Rosell, 2000). University Federation of Animal Welfare (UFAW, 1988) recomendó que se debía proteger a los conejos enjaulados de las condiciones atmosféricas adversas y proporcionarles una adecuada ventilación cuando están en las zonas de espera antes de la carga en el camión, así como en la zona previa al sacrificio. De la misma forma, recomendó que los conejos durante el transporte no deberían estar enjaulados durante más de 8 horas.

Existe una mayor información acerca del efecto del enjaulado y del manejo sobre el bienestar del animal en pollos. Se ha demostrado que durante el enjaulado manual los animales están sometidos a un estrés severo. En un estudio realizado con gallinas de desvieje, (Broom *et al*, 1986) los animales sometidos a un manejo normal en el enjaulado, agarrándoles de las patas y llevándolas en posición invertida durante 90 segundos, mostraron una mayor concentración de corticosterona plasmática a los 5 y a los 30 minutos, tras el manejo, en comparación con los que fueron manejados de una forma más suave, agarrándoles por la patas pero en posición vertical.

Kannan y Mench (1996) realizaron una comparación entre tres sistemas de manejo de pollos. El primero cogiendo 3 pollos por las patas en posición invertida, el segundo cogiendo un solo pollo por las patas en posición invertida y el tercer sistema cogiendo al pollo suavemente en posición vertical. Todos ellos de una duración de 2 minutos. Encontraron que la concentración plasmática de corticosterona fue más alta en pollos manejados en posición invertida, que en los manejados en posición vertical (figura 2.18.).

Figura 2.18.-Concentración plasmática de corticosterona diferentes sistemas de manejo



Fuente: Kannan y Mench, 1996

Asimismo, se ha comprobado que los sistemas de manejo y enjaulado automáticos reducen las lesiones y estrés en pollos (Lacy y Czarick, 1998). Además, Duncan y cols. (1986) revelaron que la frecuencia cardíaca volvía más rápidamente a los niveles basales en pollos cogidos por un sistema automático que en pollos cogidos manualmente.

Ekstrand, (1998) encontró el doble de huesos del ala fracturados y más magulladuras en las canales, principalmente en las alas, cuando las aves fueron cargadas por un sistema mecánico en comparación al enjaulado manual, aunque no encontraron diferencias significativas en la mortalidad. Por el contrario, Lacy y Czarick, (1998) encontraron una reducción significativa en hematomas y lesiones en las patas utilizando sistemas mecánicos de enjaulado en comparación con enjaulado manual (7 % frente a 16,5 %, respectivamente).

Bradshaw y cols. (1996b) observaron que la concentración plasmática de cortisol en cerdos aumentó después de la carga. También encontraron que la mezcla de animales desconocidos entre sí durante la carga producía un incremento considerable de la concentración de cortisol salivar inmediatamente tras la carga, mientras que este incremento no se presentó en animales no mezclados. Lo que sugiere que cuando los cerdos no son mezclados previo a la carga, se cargan con cuidado y por una persona familiar a los cerdos, el proceso de carga no tiene por que ser particularmente estresante.

En un estudio realizado por Bradshaw y cols. (1996c) se describe que los niveles de cortisol plasmático en cerdos cargados en un camión, pero no transportados, bajaron a los niveles previos a la carga tras 2,5 horas.

Durante la carga de terneros la frecuencia cardiaca puede aumentar a 145 pulsaciones respecto de las 90-95 pulsaciones que tienen en situación de reposo (Stephens y Torner, 1974).

#### *2.3.1.2.- SISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA*

El diseño de sistemas de carga y descarga es muy importante para facilitar el manejo de los animales, además de reducir lesiones, mortalidad y la incidencia de carnes DFD y PSE, y es uno de los aspectos a considerar para mejorar el bienestar de los animales (Grandin, 1990).

La legislación española (R.D. 1041/1997) referente a los sistemas de carga y descarga, menciona que deben poseer un suelo antideslizante y protecciones laterales para evitar que los animales puedan abandonarlo durante la carga y descarga. Además, las rampas deberán tener la mínima inclinación posible.

En el caso de transporte de cerdos, los sistemas de carga que se utilizan son la rampa o el ascensor en la puerta trasera del camión. La pendiente que presenta la rampa de acceso al camión influye en el esfuerzo y en las

preferencias de los cerdos. Así, la frecuencia cardiaca aumenta al doble de lo normal cuando tienen que subir una pendiente de 30° (Van Putten y Elshof, 1978). Asimismo, el ascenso por una rampa de 34° supuso en cerdos un aumento del 4 % en la concentración de lactato en sangre, del 0,1 % en el hematocrito y en la concentración de glucosa y del 0,35 % en la frecuencia cardiaca, descendiendo todos los parámetros a los niveles basales tras 4 horas de descanso (Brown *et al*, 1993). Los cerdos prefieren ascender por rampas de pequeña pendiente, 20-24° frente a 28-32° (Fraser *et al*, 1986). Warriss y cols. (1991) encontraron que pendientes entre 0 y 20° tienen poco efecto sobre el tiempo que tardan los cerdos en ascender y que a partir de 20° el tiempo en ascender la rampa aumenta linealmente al aumento del ángulo de la rampa. También observaron que ascendían por la rampa con mayor facilidad que descendían. Asimismo, Grandin, (1990) recomienda que la pendiente de la rampa para carga y descarga de cerdos no deben exceder 20°.

Phillips y cols. (1989) encontraron que los lechones preferían ascender por rampas de 22° comparado con 28° y con distancia entre peldaños de 50 y 100 mm.

Las ovejas y los terneros se mueven más fácilmente que otras especies en superficies inclinadas, así se puede llegar a pendientes de 25° sin que los animales sufran un estrés excesivo (Grandin, 1990). Broom y cols. (1996) indicaron que si las ovejas se habituaban a la carga y descarga, el estrés que se produciría por este hecho se podría eliminar del estrés durante el transporte.

Además, las condiciones previas en las que se han mantenido los animales influyen en el efecto que tiene el manejo del transporte sobre ellos. En las experiencias que se han realizado para ver el efecto de la experiencia previa de los terneros sobre el transporte, se ha encontrado que cuando son criados en condiciones de aislamiento el efecto del transporte y manejo es mucho mayor que los que han sido criados en grupos o con una mayor estimulación social (Creel y Albright, 1988; Trunkfield y Broom, 1990).

Geverink y cols. (1998) observaron que el tiempo que tardaban los cerdos en salir de su alojamiento para ser cargados, se vio reducido en aquellos cerdos que durante las 10 últimas semanas de cebo (1 día a la semana), se les permitió salir de su alojamiento y moverse por el pasillo central de la nave y volver a su alojamiento original, en comparación con un grupo control que fue manejado según las prácticas normales de la granja, o un grupo en donde una persona entraba al alojamiento y tocaba a los cerdos durante 4 minutos.

### 2.3.2.- DENSIDAD DE CARGA

La densidad de carga o espacio por animal dentro de un camión es uno de los factores más importantes que afectan el bienestar animal (Hall y Bradshaw, 1998) y se encuentran regulado por la legislación española (R.D. 1041/1997).

#### 2.3.2.1.- RECOMENDACIONES DE DENSIDAD DE CARGA

En una primera aproximación, el espacio mínimo que necesitan los animales viene determinado por las dimensiones físicas del animal, pero estas dimensiones no proporcionan el suficiente espacio como para que el animal se pueda tumbar (Randall, 1993), es decir, que se trata de determinar espacios mínimos aceptables que garanticen el bienestar de los animales. Sin embargo, este espacio mínimo dependerá de otros factores como la temperatura ambiente, ventilación, características del animal, etc. Una consideración importante es si los animales necesitan descansar, beber y alimentarse dentro del camión, que dependerá de la duración del transporte, ya que en este caso las necesidades de espacio serán mayores. Además, hay que tener en cuenta que cuando un animal se encuentra de pie sobre una superficie que esté en movimiento, como ocurre durante el transporte, modifican la posición de los aplomos para aumentar el área de apoyo y poder mantener el equilibrio (Broom, 2000).

Existe una gran presión comercial para aumentar la densidad animal, transportando más animales y que el coste unitario sea menor. Pero debido a las presiones opuestas, económicas y de bienestar, existe un debate sobre cual es la densidad apropiada para el transporte de cerdos por carreta (Warriss, 1998).

El espacio por animal se puede definir de tres formas, como los  $m^2$  de superficie por animal de un peso determinado ( $m^2/100$  Kg), como Kg de peso vivo por  $m^2$  de suelo ( $Kg/m^2$ ), forma en la que encuentra la densidad de carga para ganado porcino ( $235$   $Kg/m^2$ ) en la legislación española; La tercera forma consiste en indicar la superficie por animal ( $m^2/animal$ ), aunque esta tercera forma parece poco aceptable por no tener en cuenta la variación de peso del individuo.

Se puede calcular el área mínima que ocupa un animal, en función de su peso. Para un animal de iguales dimensiones, y un peso determinado (P), las medidas lineales serán proporcionales a la raíz cúbica del peso ( $P^{1/3}$ ). El área

de la superficie del animal será igual al cuadro de la medida lineal ( $P^{2/3}$ ) que es igual al  $P^{0,67}$  (Baxter, 1992), valor que se utiliza en la ecuación sugerida por FAWC, (1991) para el cálculo del mínimo espacio aceptable (A) para todos los animales :

$$A = 0,021 \times P^{0,67}$$

Las mínimas recomendaciones hechas por Randall (1993) para cerdos y terneros se presentan en la siguiente fórmula:

$$A = 0,01 \times P^{0,78} \quad (20 < P < 700 \text{ Kg})$$

y para el caso de ovejas la fórmula sería:

$$A = 0,029 \times P^{0,58} \quad (20 < P < 80 \text{ Kg})$$

En la legislación española se establecen las superficies mínimas por animal en función de los pesos y de los tipos de animal y de la misma forma se permite una reducción de la densidad animal que puede llegar hasta el 20 % en casos de condiciones climatológicas adversas, necesidades fisiológicas del animal y la duración del viaje (cerdos y potros), de un 10 % para caballos y en otras especies no específica en que porcentaje se puede variar (bovino, ovino y caprino).

Considerando al ganado porcino, Collins (1993) sugiere que el espacio que se debe dar por cerdo durante el transporte, debe permitir a los animales tumbarse todos al mismo tiempo.

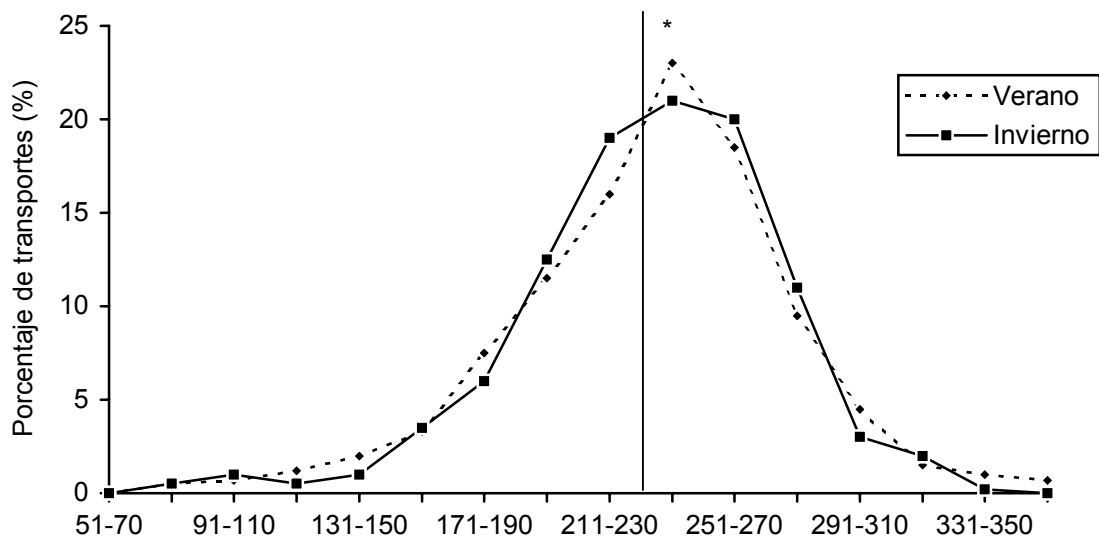
Muy poco espacio puede hacer que los animales luchen, se produzcan agresiones y mucho espacio hace que los animales pierdan el equilibrio más fácilmente con el movimiento del camión y puedan caerse.

El transporte de un animal solo en un compartimento puede ser tan grande el alojamiento para el animal, que cause el mismo efecto que animales alojados en altas densidades (AATA, 1996). Knowles (1999) en una revisión sobre el transporte de terneros por carretera concluye que el bienestar de los animales se encuentra comprometido tanto a altas como a bajas densidades.

Riches y cols. (1996) en un estudio sobre las condiciones de transporte de cerdos a matadero en Gran Bretaña, en dos épocas (803 camiones en invierno y 743 en verano), encontraron que la media de densidad de carga era  $239 \text{ Kg/m}^2$  y que el 57 % de los transportes se realizaban superando los de  $235 \text{ Kg/m}^2$  (límite establecido por la U. E. Directiva 95/29/E.C.) (figura 2.19.). La

densidad de carga encontradas comúnmente en los países de la Unión Europea esta entre 204 y 313 Kg/m<sup>2</sup> (Warriss, 1998).

Figura 2.19.- Distribución del porcentaje de transportes en función de la densidad de carga para invierno y verano



\* Limite recomendado superior (235 Kg/m<sup>2</sup>) en la Directiva 95/29/EC  
Fuente: Riches *et al*, 1996

Según Knowles y cols. (1998) en el transporte de ovejas la densidad de carga que se obtiene aplicando la fórmula  $A = 0,021 \times P^{0,67}$  (FAWC, 1991), es demasiado alta y causa fatiga a los animales. Cockram y cols. (1996) recomiendan que al menos se deben dar 0,77 m<sup>2</sup>/100 Kg para corderos de 35 Kg. La legislación española (R.D. 1041/1997) cifra la densidad óptima para corderos de 35 Kg sin esquila entre 0,86 m<sup>2</sup>/100 Kg y 0,34 m<sup>2</sup>/100 Kg.

Los cerdos se pueden tumbar en dos posiciones: esternal, (necesitan aproximadamente entre 0,39 y 0,40 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo, 250-256 Kg/m<sup>2</sup>) o en posición lateral, necesitando más superficie para tumbarse (1,00 a 1,05 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo en cerdos también) (Baxter, 1992). Si se proporcionara un área de 0,44 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo, que corresponde con una densidad de 277 Kg/m<sup>2</sup>, pueden tumbarse a la vez (Lambooy y cols.1985).

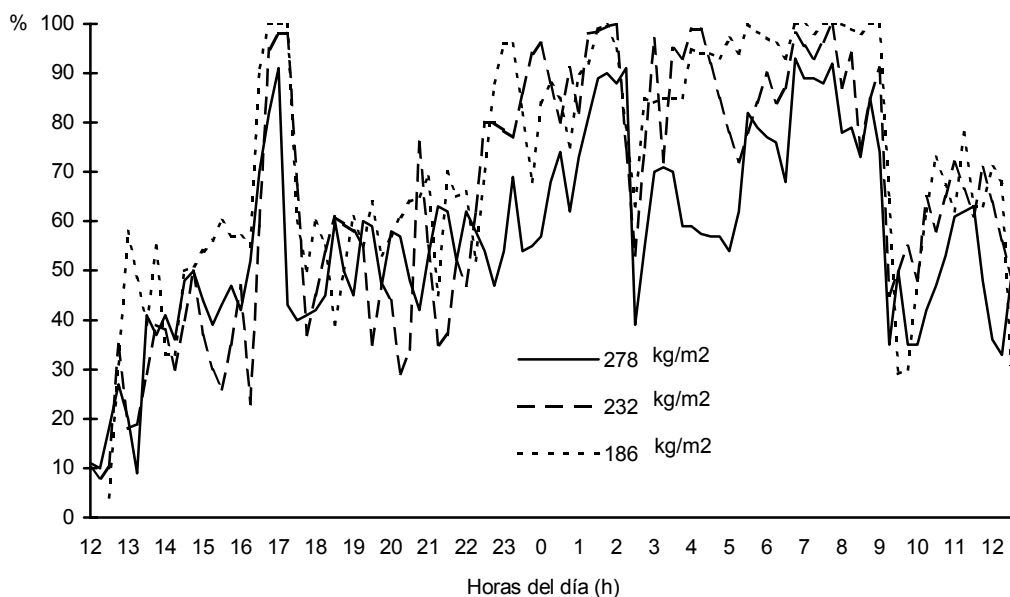
Otro criterio para determinar la densidad animal esta basado en la provisión de una adecuada ventilación (Randall, 1993).

### 2.3.2.2.- EFECTO DE LA DENSIDAD DE CARGA SOBRE EL COMPORTAMIENTO

La densidad de carga afecta a las actividades de los animales durante el transporte. Cuando la densidad de carga es baja, los cerdos tienden a tumbarse rápidamente tras comenzar el transporte, y el número de animales tumbados permanece alto durante el mismo comparado con transportes a altas densidades (0,43 y 0,36 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo, respectivamente) (Lambooy y Engel, 1991).

Cuando la densidad de carga fue de 0,43 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo todos los animales tuvieron sitio para tumbarse, y estuvieron durante más tiempo tumbados, mientras que a la densidad más alta, 0,36 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo, todos los cerdos no pudieron tumbarse al mismo tiempo. Los cerdos estaban cambiando de posición constantemente y no pudieron descansar (Lambooy y Engel, 1991) (figura 2.20.).

Figura 2.20.- Porcentaje de cerdos en el compartimento frontal del camión que estuvieron tumbados durante el transporte de 24 horas



Fuente: Lambooy y Engel, 1991

También se han descrito diferentes comportamientos según las especies. Bradshaw y cols. (1996a) compararon los efectos comportamentales y fisiológicos entre ovejas y cerdos durante el transporte. Encontraron que los cerdos permanecían mayoría del tiempo tumbados (80 %) mientras que las

ovejas pasaban la mayoría del tiempo de pie (47,5 %). Además sugirieron que los cerdos se tumban debido a las vibraciones del vehículo, para mitigar este efecto y mejorar su bienestar.

Además de la posición del animal, la densidad de carga afecta a otro tipo de comportamientos. Cuando los cerdos son transportados a altas densidades, aumenta el comportamiento de salto de un cerdo sobre otro. La falta de espacio puede alentar a los cerdos a saltar sobre la espalda de otro, debido a la imposibilidad de moverse. Este comportamiento podría estar favorecido por la altura de los pisos, ya que se presentaba en mayor proporción con alta densidad de carga (321 Kg/m<sup>2</sup>) y en el camión de dos pisos más que en el de tres (Guise *et al*, 1996). Este comportamiento de salto de un cerdo sobre otro va a originar heridas y enrojecimientos de la piel, con los problemas de bienestar animal que conlleva y la reducción en la calidad de canal y de la carne (Lambooy *et al*, 1985; Guise y Penny, 1989a; Lambooy y Engel, 1991).

Ibáñez *et al*, (2002) encontraron que corderos de 13 Kg transportados durante 30 minutos bajo dos densidades, los que fueron transportados a alta densidad (8 corderos/m<sup>2</sup>) estuvieron más tiempo de pie que los transportados a baja densidad (4 corderos/m<sup>2</sup>) y que estos últimos estuvieron más tiempo andando que los transportados a alta densidad, debido a tener más espacio para andar y al movimiento del camión que hace que se muevan para mantener el equilibrio.

Tabla 2.10.- Efecto de la densidad de carga en un camión sobre la pérdida de equilibrio de terneros durante un transporte de 24 horas

Pérdidas de equilibrio	Densidad de carga		
	Baja	Media	Alta
Cambios de posición	153	142	26
Ataque, peleas	5	4	10
Caídas	1	1	8

Fuente: Tarrant *et al*, 1992

Bisschop (1961) encontró que los terneros se alineaban ellos mismos perpendiculares a la dirección del viaje durante el transporte por ferrocarril. Tarrant y cols. (1992) observaron que en viajes a larga distancia los terneros se colocaban en posición perpendicular al movimiento del camión, aunque no

encontraron ninguna evidencia de que se colocaran en diagonal. Las preferencias en la orientación se encuentran frustradas a medida que la densidad animal aumenta. Esta falta de colocación de los terneros en la posición preferida por ellos, puede llevar a que se incremente la pérdida de equilibrio y se caigan (Tarrant y Grandin, 2000) (tabla 2.10.).

Como ya hemos mencionado, se cuestionan tanto las altas densidades de carga como las bajas en lo referente al bienestar de los animales durante el transporte (Knowles, 1999).

Mientras en algunos trabajos se describe que en densidades altas los animales se sustentan para mantener el equilibrio (Tarrant *et al*, 1988), otros no encontraron evidencias de que bajas densidades pudieran causar traumatismos en ovejas (Cockram *et al*, 1996).

#### Efecto de la densidad animal sobre los parámetros fisiológicos

En ganado porcino transportados entre 3 y 4 horas bajo diferentes densidades (0,47, 0,39, 0,34 y 0,30 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo) los niveles de CK fueron más elevados a alta densidad (0,30 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo, 321 Kg/m<sup>2</sup>) (Warriss, 1998). Barton Gade y Christensen (1998) encontraron que a medida que aumentaba la densidad animal de 0,50 y 0,35 m<sup>2</sup>/100 Kg de peso vivo, aumentaba también la CK (902 frente 1592 mg/100ml). De la misma forma, se reducía la cantidad del ión lactato en sangre, pero sin ser estadísticamente significativas entre ambas densidades (39,5 frente a 33,4 mg/100ml respectivamente para las dos densidades de carga).

Tarrant y cols. (1992) encontraron que los terneros transportados a altas densidades presentaban un mayor nivel en sangre de cortisol, de CK y cantidad de lesiones en la canal.

#### 2.3.2.3.- EFECTO DE LA DENSIDAD ANIMAL SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE

Guise y Warriss, (1989) indicaron que la mejor calidad de la canal se obtenía cuando el espacio que se daba por animal era superior a 0,4 m<sup>2</sup>. También encontraron una mayor incidencia de lesiones en la piel y de prolapso rectal cuando la densidad era alta (0,3 m<sup>2</sup>/animal).

En vacuno, Eldridge y Winfield, (1988) encontraron que el peso de la canal frío fue más bajo a altas densidades, debido al mayor recorte que hay que hacer en la canal por las magulladuras, golpes y tejidos enrojecidos de las canales procedentes de animales transportados en alta densidad (añojos de

400 Kg en densidades de 0,89, 1,16 y 1,39 m<sup>2</sup>/animal). La cantidad de enrojecimientos en la canal fue más alta para los animales transportados a alta y baja densidad (0,89 m<sup>2</sup>/animal y 1,39 m<sup>2</sup>/animal respectivamente) que para los animales transportados a densidad intermedia (1,16 m<sup>2</sup>/animal) (8,2, 4,6 y 1,9 grado de lesiones).

Existe conflicto sobre la evidencia de los efectos de altas densidades de carga sobre la calidad de la carne. Guise y Warriss (1989) no encontraron diferencias en la calidad de la carne entre cerdos transportados en Gran Bretaña bajo dos densidades 250 y 333 Kg/m<sup>2</sup>. De la misma forma Warriss (1998) tampoco encontraron diferencias entre otras dos densidades, 200 y 323 Kg/m<sup>2</sup>. Gerber (1985), encontró en cerdos transportados en Alemania que cuando la densidad de transporte era 303 Kg/m<sup>2</sup> la calidad de la carne era peor que aquellos transportados a 223 kg /m<sup>2</sup>. Estas discrepancias podrían deberse a que son dos países distintos y que los genotipos utilizados para las pruebas eran diferentes, ya que la población porcina que se encuentra en Gran Bretaña es genéticamente más resistente al estrés que la alemana (Warriss, 1998)

#### Efecto de la densidad de carga sobre la mortalidad durante el transporte

La muerte durante el transporte es la medida objetiva y menos deseable para valorar el efecto de las diferentes densidades de transporte. Las densidades de transporte más altas están asociadas a una mayor mortalidad (Lendfers, 1971) (tabla 2.11.).

Tabla 2.11.- Influencia de la densidad animal sobre la mortalidad de cerdos durante el transporte

	Densidad animal (Cerdos/m <sup>2</sup> )			
	0 — 1,2	1,2 — 2,1	2,1 — 3,0	>3,0
Mortalidad (%)	0,11	0,48	0,48	0,49

Fuente: Lendfers, 1971

Robertson (1987) encontró que la mortalidad fue más alta (0,54 %) en cerdos transportados a densidad igual o mayor que la recomendada (capacidad de animales para los que está diseñado el camión, carga al 100 %) y disminuía progresivamente a medida que la densidad se reducía al 90-99 % o al 80-89 % (0,34 % y 0,17 % respectivamente). Riches y cols. (1996) encontraron que la

mortalidad porcina era mayor cuando los animales eran transportados a densidades superiores a 239 Kg/m<sup>2</sup>.

### 2.3.3.- MEZCLA DE INDIVIDUOS

Mover y mezclar a los animales aumenta los niveles de corticosteroides y mezclar a los animales produce más estrés que moverlos solamente a un nuevo alojamiento (SAC, 1991). Tras la mezcla de animales, estos son más susceptibles de estresarse ante otro cambio de tipo ambiental o social, lo cual se ve incrementado durante el transporte, debido a que normalmente están expuestos ambos cambios juntos, ambiental (cambio de alojamiento) y social (mezcla de animales) (SAC, 1991). La mezcla de animales es una practica muy utilizada, debido a que los tamaños de los compartimentos en el vehículo y en la zona de espera son diferentes a los que existen en las granjas (SAC., 1996).

#### 2.3.3.1.- EFECTO DE LA MEZCLA DE ANIMALES SOBRE EL COMPORTAMIENTO

En el transporte de conejos, es muy frecuente que se produzca la mezcla de animales de distintas jaulas que no son conocidos. Los conejos al ser cambiados de alojamiento marcan su territorio con la orina. Cuando se esta realizando la carga de las jaulas de transporte dentro del camión y se apilan en torres, es cuando más frecuentemente se produce la micción en los conejos (Jolley, 1990). Debido a este motivo la UFAW, (1988) recomienda que las jaulas sean de suelo sólido para evitar que la orina y las heces cayeran de las jaulas superiores a las inferiores. La orina que se derrama, produce olores en el grupo además de los individuales de los animales, promoviendo debido a la mezcla de animales los sentimientos de agresividad (Leoni *et al*, 2000). El marcado con orina, es particularmente utilizado por los conejos para mostrar agresividad y es una característica de dominancia. El olor de orina de individuos extraños induce agresión en conejas (Mykytowycz, 1968; Vastrade, 1986). En los conejos el marcado por olores es un sistema que poseen para interactuar con el ambiente que les rodea, de esa forma el cambio continuo de olores a que están sometidos los conejos durante el transporte probablemente influirá sobre el comportamiento del conejo (Jolley, 1990). Estos cambios sociales afectarán negativamente al conejo causándole estrés (Leoni *et al*, 2000).

Las interacciones sociales muestran un marcado incremento cuando se cambian de alojamiento a los terneros. Sin embargo, durante el transporte la

frecuencia de las interacciones sociales disminuye. La frecuencia de comportamientos agresivos (golpes, cabezazos, amenazas e intentos de lucha) y sexuales (montas y marcado con el mentón) se inhibían cuando los terneros en el camión tenían poco espacio y disminuye durante el movimiento del vehículo (Kenny y Tarrant, 1987).

Cuando se mezclan animales se produce un aumento de las peleas para establecer de nuevo el orden jerárquico. El establecimiento de este orden jerárquico conlleva que se produzcan un aumento de golpes, comportamientos de monta, produciendo un aumento de las magulladuras y hematomas en la canal con el detrimento en la calidad de la canal y carne (Warriss, 1990).

Bradshaw y cols. (1996c) observaron que los cerdos durante el transporte eran tres veces más activos cuando se mezclaban animales desconocidos. En el mismo estudio, encontraron que los cerdos que no habían sido mezclados, presentaban hacia el final del viaje (1,5 horas) lo que se denomina como enfermedad del transporte, con una mayor incidencia de arcadas y vómitos. En los cerdos que habían sido mezclados no mostraron ningún signo de enfermedad del transporte, debido posiblemente al incremento en las luchas, pero que cuando estas terminen, los posibles efectos del transporte podría aparecer (Bradshaw *et al*, 1996c).

Los cerdos cuando son mezclados con cerdos desconocidos, tienden a mostrar comportamientos agonísticos para restablecer el orden jerárquico. Si se encuentran los animales en un camión en movimiento estos comportamientos se inhiben, por que los cerdos necesitan todos sus esfuerzos para mantener el equilibrio mientras que el vehículo se encuentra en movimiento y frecuentemente se tumban cuando las vibraciones del camión no son excesivas (Warriss, 1996).

En lechones cuando tras el destete fueron mezclados, no hubo un incremento de las peleas en la primera media hora tras la mezcla comparado con los no mezclados, mientras que si estos lechones eran transportados, se producía un descenso de las agresiones tanto en los mezclados como en los no mezclados cuando fueron comparados con los no transportados (Dybkjær y Vestergaard, 2001). En los lechones que fueron mezclados presentaron una mayor duración y frecuencia de peleas en comparación con los mezclados durante el primer día de mezcla. En los días 7 y 49 tras la mezcla las agresiones encontradas fueron las mismas para ambos grupos.

La mezcla de ovejas produce un estrés de tipo medio en comparación con otras especies (Hall *et al*, 1998b). La mezcla de corderos desconocidos, reduce el número de agresiones entre ellos, aumentándola entre corderos conocidos (Ruiz de la Torre y Manteca, 1999a). Ruiz de la Torre y Manteca, (1999b), en corderos que les habían inyectado 250 mg de testosterona, la frecuencia de presentación de comportamientos agonísticos fue más alta con corderos desconocidos en relación con el control que fueron similares entre conocidos y desconocidos.

#### 2.3.3.2.- EFECTOS DE LA MEZCLA DE ANIMALES SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

La mezcla de animales da lugar a que se produzcan conflictos entre ellos y esto conlleva a que los animales tengan un mayor nivel de actividad, lo cual puede hacer que se produzcan lesiones en la piel y a parezcan carnes de tipo DFD. Cerdos mezclados durante la carga y la descarga no mostraron alteraciones en la calidad de la carne del *Longissimus dorsi*. Sin embargo, los músculos *Semimembranosus* y *Adductor* son más susceptibles a una depleción de glucógeno con el consiguiente menor valor de pH (Guise y Penny, 1989b).

El daño en la piel en el ganado porcino refleja el considerable estrés a que son sometidos los animales. Clark, (1995) encontró que el 6,8 % de los cerdos que eran sacrificados en Escocia presentaban lesiones en la piel.

Las peleas aumentaron la concentración de cortisol en saliva y plasma, siendo la concentración encontrada igual a la que presentaron cerdos estimulados con ACTH, ya que el estrés psicológico de la mezcla de animales tiene un efecto importante sobre la respuesta adrenal (Parrott y Misson 1989).

Heetkamp y cols. (1995) encontraron que cuando cerdos jóvenes se mezclaban, la producción total de calor y la producción de calor relacionada con la actividad, se veía aumentada durante la primera hora tras la mezcla de los cerdos. La producción total de calor aumentaba un 57,3 % en esa primera hora y era debido al incremento de la actividad de los cerdos. El resto del incremento de la producción de calor podía ser debido a cambios hormonales (cortisol).

En terneros encontraron un incremento de la CK (Creatin kinasa) en plasma que reflejaba un aumento de las interacciones sociales por la mezcla de animales desconocidos (Kenny y Tarrant, 1987). Pero fue más baja en los

terneros mezclados y transportados, debido a que el transporte redujo las interacciones agonísticas entre los animales mezclados.

#### 2.3.4.- PRIVACIÓN DE AGUA Y ALIMENTO

Durante el transporte de animales, se produce una privación de alimento y de agua en la mayoría de los casos, aunque los intervalos de suministro de agua y alimentos durante el transporte se encuentran regulados por el Real Decreto 1041/1997. El suministro de agua y alimento se realizará cada 8 horas, pero cuando el camión cumpla con unos requisitos, los intervalos de suministro de agua y alimento se modifican. Estos requerimientos en el camión son: disponer de alimento para que durante las paradas se pueda alimentar a los animales, disponer de un sistema de conexión a tomas de agua, y en el caso de ganado porcino, deberán tener bebederos para que los animales puedan tener acceso a agua durante todo el viaje. Además deben tener suficiente yacija en el suelo, poder tener acceso directo a los animales, disponer de un sistema de ventilación adecuado en función de la temperatura exterior e interior y tener sistemas para separar a los animales en compartimentos. Cumpliendo estos requisitos los intervalos de suministro de agua y alimento serán, para animales jóvenes no destetados, de 1 hora al menos tras 9 de transporte, para continuar con 9 horas más tras las cuales, los animales deben ser descargados. Para animales adultos, excluyendo a los cerdos, se sigue la misma pauta que para los jóvenes pero el tiempo de transporte sin que los animales reciban alimento será de 14 horas en vez de las 9 hora fijadas para animales jóvenes. En porcino será de 24 horas, pero siempre tendrán acceso a agua.

##### 2.3.4.1.- EFECTO DEL AYUNO SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO

Los conejos pierden entre un 3 y un 4 % de su peso durante un periodo de 12 horas de ayuno, que se incrementa entre un 6 y 10 % después de 24 horas de ayuno y llegan hasta el 10 y 12 % tras un ayuno entre 36 y 48 horas (Ashby *et al*, 1980; Purdue, 1984; Copping *et al*, 1989). Ashby y cols. (1980) obtuvieron una ecuación de regresión entre la pérdida de peso y la duración del ayuno, con un coeficiente de correlación de 0,73:

$$P = 0,314 \times T - 0,002 \times T^2$$

Donde P es la pérdida de peso en porcentaje del peso inicial y T es el tiempo de ayuno en horas.

Jolley (1990) comparó los datos de pérdida de peso obtenidos por Purdue (1984) y Copping y cols. (1989) con las pérdidas de peso que se calculaban aplicando la fórmula anterior y encontró una subestimación en las pérdidas obtenidas por la fórmula.

No solo es el ayuno el que produce pérdida de peso, sino que el hecho de ser transportados también influye. Se han descrito pérdidas de peso de 200 g en conejos sometidos a un periodo de ayuno de 24 horas y transportados durante 2 horas, mientras que cuando sólo fueron sometidos a ayuno durante 24 horas, las pérdidas fueron de 138 g (Copping *et al*, 1989). En el mismo sentido Purdue (1984) encontró que los conejos sometidos a un ayuno de 6 horas y transportados media milla (700 m), perdieron más peso que los que solo fueron sometidos al ayuno de 6 horas, pero que cuando el ayuno era de 24 horas, las pérdidas de peso eran mayores en los no transportados con respecto a los transportados (13,9 frente a 8,1 %).

Szendró y Kustos, (1992) encontraron que el ayuno progresivo de 6, 12, 18 y 24 horas incluyendo el transporte (4 horas) y espera antes del sacrificio (2 horas) afectó a la pérdida de peso de conejos llegando a ser máximo a las 18 horas de ayuno (8,0 %) frente a las pérdidas con 6 horas (3,6 %).

El transporte afecta a la pérdida del contenido intestinal dependiendo si los conejos han sido sometidos a un periodo de ayuno previo o no a al carga. En este sentido, conejos que fueron sometidos a un periodo de ayuno de 12 a 24 horas antes del transporte, tuvieron pérdidas de peso en el contenido digestivo mayores que los conejos no sometidos a ayuno (Jolley, 1990). Copping y cols. (1989) señalaron que podría existir un efecto de protección frente a los efectos adversos del transporte cuando el tubo digestivo se encontraba con alimento.

En pollos, la pérdida de peso que se produce tras 4-6 horas de ayuno es de 0,2 % a 0,5 % por hora, que es cuando las aves comienzan a metabolizar parte de los tejidos corporales (Veerkamp, 1986). Knowles y cols. (1995b) encontraron que en pollos la privación de comida o de agua y comida durante 24 horas causaba una pérdida de peso de un 10 % (0,43 % por hora) y que de esa pérdida de peso, el 41 % era pérdida como peso de la canal.

Los rumiantes toleran mejor el ayuno, debido a que el rumen actúa como reserva de agua y de nutrientes. Terneros con un peso medio de 396 Kg, que

fueron sometidos a 4 tiempos de ayuno, 12, 24, 48 y 96 horas, presentaron unas pérdidas de peso de 6, 8, 12 y 14 %, respectivamente (Wythes, 1982)

#### 2.3.4.2.- EFECTOS DEL AYUNO SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNAL Y DE LA CARNE

El peso del hígado en conejos no transportados está determinado por la duración del ayuno de acuerdo con la ecuación de regresión dada por Jolley, (1990) con un coeficiente de regresión de  $-0,96$ :

$$H = 108 - 2,31 \times T$$

Donde H es el peso del hígado en gramos y T es el tiempo de ayuno en horas.

El transporte de 6 horas causa una pérdida de peso hepático de aproximadamente 24 g que es equivalente a un ayuno de unas 10 horas. El peso del hígado de conejos transportados durante 24 horas fue como media 7 g más alto que los correspondientes a animales no transportados y representa una mayor proporción del peso vivo (Jolley, 1990). El peso de hígado fue más bajo en conejos sometidos a 24 horas de ayuno comparado con conejos no sometidos a ayuno (61,2 frente a 77,9 g, respectivamente) (Masoero *et al*, 1992).

La pérdida de peso del hígado se incrementa proporcionalmente con la duración del ayuno, dependiendo de que el ayuno sea de agua y comida o sólo de comida. Conejos sometidos a un ayuno de 12, 24, 36 y 48 horas tanto de agua como de comida, el peso del hígado se reducía en un 1,5, 9,8, 10,5 y 11,1 % respectivamente, mientras que si el ayuno era solo de comida el peso hepático se redujo un 0,5, 5,2, 6,9, 7,4 % respectivamente para cada tipo de ayuno (Kola *et al*, 1994).

Jolley (1990) indicó que las reservas de glucógeno hepático fueron mayores en los animales alimentados *ad libitum* antes del transporte, en comparación con los animales sometidos a ayuno de 12 horas (349 frente a 62  $\mu\text{mol}$  de glucosa/g, respectivamente), también observó que la concentración de glucógeno hepático cayó rápidamente entre las 6 y las 12 horas de ayuno (317 frente a 62  $\mu\text{mol}$  de glucosa/g, respectivamente). Este mismo autor encontró que la concentración de glucosa plasmática fue significativamente más alta en los conejos transportados que en los no transportados sometidos a ayuno por el mismo periodo de tiempo (4,27 frente a 3,45 mmol/l, respectivamente cuando

el transporte fue de 6 horas; 3,98 frente a 2,88 mmol/l, respectivamente cuando el transporte fue de 24 horas).

La calidad de la carne de conejos sometidos a un ayuno de 36 horas provocó una reducción de las reservas de glucógeno muscular en el músculo *bíceps femoris* comparado con animales sometidos a ayuno de 12 horas (11 frente a 15,5  $\mu\text{mol}$  de glucosa/g). Esta depleción del glucógeno muscular provocó un aumento en el pH a las 24 horas tras el sacrificio de los animales que estuvieron sometido a 36 horas de ayuno frente a los sometidos a 12 horas de ayuno (6,1 frente a 5,9, respectivamente). El color de la carne a las 24 horas tras el sacrificio, también se encontró afectada por el ayuno, mostrando una menor luminosidad la de aquellos animales sometidos a ayuno de 12 frente a los de 36 horas (41,3 frente a 44, respectivamente). Por último, las pérdidas por goteo fueron mayores en los animales sometidos a 12 horas de ayuno (4,1 %) que en los sometidos a ayuno de 36 horas (2,5 %) (Jolley, 1990).

Jolley, (1990) concluyó que un periodo de descanso anterior al sacrificio con acceso a comida y agua para los conejos que había sido transportados durante un largo periodo de tiempo, podría disminuir la variabilidad en la carne de conejo, maximizando la apariencia visual de la carne y el tiempo de almacenaje de las canales.

Kola y cols. (1994) observaron que el pH a las 24 horas tras el sacrificio se veía más afectado tanto por el tiempo como por el tipo de ayuno (de agua y alimento o de alimento solo) comparado con el control no sometido a ayuno. El rendimiento comercial de conejos sometidos a un ayuno de pienso y agua progresivo (12, 24, 36 y 48 horas) se reducía y que era significativamente más bajo cuando el ayuno era de 24 horas con respecto al grupo control no sometido a ningún ayuno y que el valor más bajo de rendimiento se obtenía con el ayuno de 48 horas. Szendrő y Kustos, (1992) observaron, en este mismo sentido, que el rendimiento comercial estaba afectado por la duración del ayuno, de tal forma, que los conejos sometidos a 24 horas de ayuno tuvieron un rendimiento comercial un 2 % más bajo que los sometidos a 6 horas de ayuno (53,8 frente a 55,8 %, respectivamente).

Masoero y cols. (1992) no encontraron diferencias en el pH muscular en el *Longissimus dorsi* a las 24 horas tras el sacrificio, tanto a nivel de la 7<sup>a</sup> vértebra torácica como en la 6<sup>a</sup> lumbar, entre los animales sometidos a un ayuno de 24 horas con respecto a los no sometidos a ayuno.

En un panel de degustación, comparando con un muestra control procedente de conejos no sometidos a ayuno, el panel prefirió 2,3 veces más las carnes procedentes de animales sometidos a un ayuno de 24 horas que la muestra de referencia (conejos no sometidos a ayuno) (Masoero *et al*, 1992).

El ayuno al que se someten los animals va a producir modificaciones en algunos parámetros sanguíneos. Becker y cols. (1989) encontraron un descenso en la concentración sanguínea de la hormona T<sub>3</sub> en ganado porcino, entre cerdos sometidos a ayunos de 24, 48 y 72 horas, siendo mayor este descenso para los periodos más largos de ayuno (0,41 y 0,33 ng/ml para el ayuno de 48 y 72 horas respectivamente) frente al control no sometido a ningún ayuno (0,08 ng/ml). El hematocrito y la osmolaridad sanguínea aumentaron con respecto al valor previo al ayuno, siendo este incremento mayor en los animales sometidos a 24 horas de ayuno, disminuyendo esas diferencias a medida que aumentaba el periodo de ayuno (tabla 2.12.).

Tabla 2.12.- Cambios en el hematocrito y osmolaridad en cerdos sometidos a diferentes periodos de ayuno

	Hematocrito (%)			Osmolaridad (mOs/Kg)		
	Antes	Después	Cambio	Antes	Después	Cambio
Control	41,0	41,9	+ 0,9	298	280	-18
24 horas	38,7	45,4	+ 6,7	282	300	+18
48 horas	40,1	44,6	+4,5	291	301	+10
72 horas	39,6	42,0	+2,4	282	291	+9

Fuente: Becker *et al*, 1989

En el mismo trabajo antes mencionado, se analizó el efecto del ayuno sobre el pH. El pH medido a las 24 horas tras el sacrificio en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* fue mayor en los animales sometidos a un ayuno de 72 y 48 horas frente a los animales sometidos a 24 horas de ayuno y a los animales control (5,68 y 5,94 frente a 5,54 y 5,57, para el *Longissimus dorsi*; 5,69 y 5,96 frente a 5,54 y 5,59 para el *Semimembranosus*, para el ayuno de 72, 48, 24 horas y control, respectivamente), siendo el valor más alto para los animales sometidos a 48 horas de ayuno (Becker *et al*, 1989).

Por otra parte, el ayuno puede afectar a parámetros directamente asociados con el bienestar animal, y se ha encontrado un descenso de la concentración salivar de cortisol en cerdos sometidos a un periodo de 24 horas de ayuno (Parrott y Misson, 1989).

Diversos estudios corroboran que un ayuno previo al transporte puede atenuar los efectos negativos del mismo. Hails, (1978) recomienda que los cerdos no deben comer en un periodo previo al transporte de 12 horas, ya que se incrementan las muertes durante el transporte. De la misma manera, Lambooy y cols. (1993) encontraron que el porcentaje de carnes PSE en porcino era más bajo en los animales que habían sido sometidos a un ayuno previo a la carga, mientras que Warriss y Bevis, (1987) recomendaron un ayuno previo al transporte entre 12 y 24 horas antes de la carga, para mejorar la calidad de la carne y las pérdidas de la canal fueran menores.

La mortalidad porcina durante el transporte se ve aumentada a medida que se reduce el tiempo de ayuno previo a la carga. La mortalidad fue de 0,66 % cuando el ayuno estaba entre 2 y 6 horas, y cuando el ayuno se encontraba entre 6 y 12 horas el porcentaje de mortalidad fue 0,13 % y cuando era mayor de 12 horas, la mortalidad se cifró en 0,17 % (Robertson, 1987).

### 3.- BIENESTAR Y SU VALORACIÓN

#### 3.1.- BIENESTAR ANIMAL

El bienestar animal se puede definir como un estado de completa salud mental y física, donde el animal está en perfecta armonía con el ambiente que le rodea (Hughes, 1976). Anteriormente, Brambell, (1965) en su informe sobre el bienestar de los animales en los sistemas intensivos de producción, define el bienestar en un término muy amplio, como el buen estado físico y mental de los animales. Broom, (1986) definió también el bienestar animal como: aquel estado en el un individuo no tiene que hacer frente al ambiente que le rodea.

A pesar de estas definiciones el estado de bienestar es un estado dinámico, variado en sus manifestaciones y enormemente complejo. Su naturaleza puede variar entre individuos además de variar en el mismo individuo de un momento a otro. Es irreal que el animal se encuentre en el mismo estado de bienestar todo el tiempo (Curtis, 1985).

En el concepto de bienestar animal se pueden encontrar tres enfoques (Duncan y Fraser, 2000):

1.- Un primer enfoque está basado en “**sentimientos**”, definiendo el bienestar animal a partir de las experiencias subjetivas de los animales (sentimientos y emociones), enfatizando la reducción de los sentimientos negativos (sufrimiento, dolor) o promoviendo los positivos (confort, placer). El problema que presenta es la escasa base científica que se puede obtener para realizar estas valoraciones, por el momento.

2.- El segundo enfoque que se puede dar al concepto de bienestar animal esta basado en la **funcionalidad**, en la base de la función biológica del animal, sobre parámetros de salud, de longevidad, de éxito reproductivo, así como alteraciones del comportamiento o de fisiología. Aunque estas medidas son fácilmente valorables, existe una controversia sobre si estas medidas están unidas con el bienestar animal.

3.- El último enfoque está basado en el **comportamiento** de los animales, intentado que éste se parezca al estado natural o salvaje del individuo, permitiéndoles realizar un repertorio completo de comportamientos, aunque este repertorio de comportamientos es muy criticado hoy en día.

Basándose en estos tres enfoques del complejo concepto de bienestar animal, es difícil llegar a una única escala de medida del bienestar de los animales, sino que hay que abarcar muy diferentes aspectos.

Los animales ante situaciones de estrés que amenacen su nivel de bienestar, ponen en funcionamiento diferentes mecanismos biológicos para mantener su homeostasis y responder a la situación de estrés. Los tres tipos generales de respuesta biológica frente a un estímulo externo que es percibido como una amenaza, son: comportamental, del sistema nervioso autónomo y neuroendocrina. (Moberg, 1985).

La respuesta de los animales frente a las amenazas externas siempre las realizan suponiéndoles el menor coste y de la forma más simple posible, normalmente se corresponde con una respuesta de tipo comportamental. Así lo más sencillo es escapar de una fuente de calor como es el sol en verano y colocarse a la sombra, mientras que en invierno se colocan al sol para evitar el frío.

Las respuestas del sistema autónomo y neuroendocrino están controladas por el hipotálamo. La acción de estos dos sistemas está encaminada a

proporcionar al organismo los mecanismos necesarios para ayudar al animal a hacer frente a la situación de estrés y mantener el equilibrio orgánico.

Por una parte, el sistema nervioso autónomo tiene un papel muy importante durante las situaciones de estrés agudo, ya que el sistema simpático y parasimpático de sistema autónomo actúan modificando la frecuencia cardíaca, la resistencia vascular, la secreción de glándulas exocrinas, contracción de la musculatura lisa y la secreción de catecolaminas de la médula adrenal (adrenalina y noradrenalina).

Por otra, el sistema neuroendocrino ofrece el mayor potencial del impacto del estrés sobre el bienestar animal. El principal sistema de regulación hipotalámica, es la pituitaria, la cual proporciona una conexión entre el sistema nervioso central y el sistema endocrino (Moberg, 1985).

Estos tres sistemas de respuesta frente al estrés, permiten al animal mantener el equilibrio interno necesario para el bienestar de individuo.

El Consejo de Bienestar de los Animales de Granja Británico, (FAWC, Farm Animal Welfare Council) redefinió en 1992 las “cinco libertades” (freedoms) que ya fueron establecidas por este Gobierno como los requerimientos en bienestar animal en 1979 (FAWC, 1992). Estas “5 libertades” son las siguientes:

- El animal tiene que estar libre de hambre y sed; teniendo acceso a agua fresca y a una dieta que mantenga al animal saludable y con vigor.
- El animal tiene que estar libre de incomodidad y malestar; proporcionándole un adecuado ambiente, incluyendo refugio o abrigo y un área confortable para el descanso.
- El animal tiene que estar libre de dolor, lesiones y enfermedades; previniendo o diagnosticando y tratando rápidamente.
- Al animal se le debe permitir expresar un patrón de comportamiento normal; proporcionándole suficiente espacio, apropiadas facilidades y compañía de animales del mismo tipo.
- El animal tiene que estar libre de miedos y angustias; asegurando condiciones y tratamientos que eviten el sufrimiento mental.

Los tres primeros requerimientos están bien documentados y la adecuada provisión de estos se puede valorar fácilmente. Pero cuando se quiere

satisfacer los dos últimos requerimientos, es mucho más complicado por no tener un sistema preciso de medición de estos parámetros, por la dificultad que existe en valorar la salud mental de los animales, además de poder medir el nivel de miedo de los mismos.

Una valoración bastante aproximada del bienestar de los animales requiere el empleo de una gran cantidad de medidas de bienestar que incluyan medidas fisiológicas, comportamentales y de calidad de la carne (Broom, 1995 y Broom, 2000).

Tabla 2.13.- Medidas de bienestar

---

Indicadores fisiológicos de placer
Indicadores comportamentales de placer
Mostrar comportamientos de elección
Mostrar una variedad de comportamientos normales
Supresión del comportamiento normal
Los procesos fisiológicos normales y desarrollos anatómicos se impiden
Mostrar comportamientos de aversión
Hacer frente por modificación fisiológica
Inmunosupresión
Prevalencia de enfermedades
Hacer frente por modificación del comportamiento
Patologías del comportamiento
Cambios cerebrales, como la autonarcotización
Presencia de daño corporal
Reducción de la capacidad de reproducirse y crecer
Reducción de las expectativas de vida

---

Fuente: Broom, 2000

Estas medidas de bienestar pueden utilizarse para valorar tanto el estrés agudo como el estrés crónico. Los animales durante el transporte son expuestos a un estrés de tipo agudo, utilizando para medir el nivel de bienestar

medidas como la presencia de comportamientos de aversión y la frecuencia cardiaca entre otras, aunque también se pueden utilizar otras medidas relacionadas con el estrés crónico o que tienen su efecto a largo plazo como la presencia de enfermedades o la inmunosupresión.

### 3.2.- MEDIDA DEL BIENESTAR ANIMAL

#### 3.2.1.- MEDIDAS COMPORTAMENTALES

El indicador más obvio que un animal tiene para reflejar la dificultad en hacer frente a una situación estresante (manejo, transporte, etc.) es el cambio en su comportamiento, manifestando reacciones de orientación, las cuales van seguidas de una respuesta de sobresalto y defensa o de huida. Las reacciones de orientación en los animales son comunes a muchos tipos e intensidades de estimulación, por lo que ellas mismas no son indicadoras por si mismas que el animal se encuentra ante un problema. Los animales ante estas situaciones, pueden rehusar avanzar, presentar inmovilidad, retroceder, correr o vocalizar (Broom, 2000).

La respuesta comportamental al dolor o a otras situaciones desagradables varía entre especies de acuerdo con la presión de selección a que hayan sido sometidas (SCAHAW, 2002).

Los humanos desencadenan en los animales de granja comportamientos de defensa frente a depredadores. Así, aquellos animales que su comportamiento social hace que colaboren en la defensa del grupo frente a depredadores, como es el caso del cerdo, vocalizan mucho cuando son cogidos o golpeados. Por otro lado, especies que son incapaces de defenderse ellas mismas, como las ovejas, vocalizan muy poco cuando son cogidas por un depredador, esto se debe probablemente a que así el animal no da información sobre su estado al depredador, incrementando su posibilidad de escapar (Broom, 2000).

Una confusión bastante frecuente, es asumir que los animales que no dan gritos no están lesionados y que por lo tanto, el manejo que se esta realizando con ellos es correcto. Esta valoración errónea puede generar problemas graves, ya que los animales pueden mostrar respuesta de inmovilidad por el estrés, y en ese caso, se debería tomar alguna medida fisiológica para valorar la respuesta del animal (Broom, 2000).

La reacción de huida es frecuente cuando se extraen las gallinas de las jaulas. Mientras que los pollos, al ser menos móviles, no siempre pueden huir de la persona que los está intentando coger, pero si les diéramos tiempo suficiente observaríamos un comportamiento de huida ante la presencia próxima del hombre. Del mismo modo, cuando el ave se deja en el suelo o en la jaula de nuevo, manifiesta una respuesta de inmovilidad (inmovilidad tónica). Esta respuesta se presenta por el miedo que tiene el animal, y muchas veces no es reconocido por las personas que manejan a las aves una manifestación producida por una alteración en su bienestar (SCAHAW, 2002).

La carga y descarga de los camiones tiene un efecto bastante importante sobre el animal y esto se pone de manifiesto en el comportamiento del mismo. De esta forma, en ovejas se manifiesta más por cambios fisiológicos que comportamentales, asociados con el ambiente nuevo en el vehículo (Parrott *et al*, 1998). En cerdos estresados hay una considerable variedad de respuestas comportamentales y fisiológicas. Por ejemplo, existe una variación individual muy importante, en la respuesta de los cerdos a subir por la rampa de carga al vehículo: algunos cerdos salen corriendo y gritando, otros se quedan inmóviles y rechazan ser movidos incluso empujándoles, y algunos intentan morder a las personas que se encuentran muy próximos a ellos (Broom y Johnson, 1993).

Los granjeros siempre utilizan el comportamiento de los animales como guía para valorar la salud y el bienestar de los animales (Mench y Mason, 1997).

### 3.2.2.- MEDIDAS FISIOLÓGICAS

#### 3.2.2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

La medida de cualquier parámetro fisiológico debe ser valorada en relación con un nivel basal de referencia y con su fluctuación en el tiempo. Hay muchos parámetros fisiológicos que se pueden cuantificar para valorar el bienestar de los animales. Algunos de ellos son bastantes simples de medir, como la frecuencia cardiaca y respiratoria o la temperatura corporal, mientras que otros son mucho más complicados de valorar.

Tabla 2.14.- Parámetros fisiológicos utilizados comúnmente para valorar el estrés durante el transporte

Factor Estresante	Variable fisiológica
Medidas en sangre:	
Privación de comida	↑ FFA, ↑ $\beta$ -OHB, ↓ Glucosa, ↑ Urea
Deshidratación	↑ Osmolaridad, ↑ Proteínas totales, ↑ Albúminas, ↑ HTC
Ejercicio físico	↑ CK, ↑ Lactato
Miedo y excitación	↑ Cortisol, ↑ HTC
Enfermedad de transporte	↑ Vasopresina
Otras medidas:	
Miedo, excitación y ejercicio físico	↑ Frecuencia cardiaca, ↑ Frecuencia respiratoria
Hipotermia e Hipertermia	Temperatura corporal y de la piel

FFA: ácidos grasos libres;  $\beta$ -OHB:  $\beta$ -hidroxibutirato; HTC: Hematocrito; CK: Creatin kinasa

Fuente: Knowles y Warriss, 2000

### 3.2.2.2.- INDICADORES GENERALES DE ESTRÉS

La repuesta inicial al estrés es la liberación de **catecolaminas** (adrenalina y noradrenalina) al torrente circulatorio, procedentes de la médula adrenal. La noradrenalina (norepinefrina) es también liberada en las terminaciones nerviosas del sistema nervioso simpático, donde actúan directamente. La liberación de estas hormonas provoca un incremento agudo de la frecuencia cardiaca y de la presión sanguínea, además de estimular a nivel hepático la glucogenolisis. Esto permite que aumente la disponibilidad de glucosa en sangre a los poco minutos tras producirse la situación estresante.

El efecto de estas hormonas se puede utilizar como indicador del nivel de estrés, pero la determinación de la adrenalina y noradrenalina debe realizarse rápidamente por que su vida media en sangre es muy baja (Lay *et al*, 1992). La adrenalina (epinefrina) a menudo refleja estrés psicológico, mientras que la noradrenalina esta más correlacionada con actividad física del animal (Scheurink *et al*, 1989). En ovejas, ambas hormonas aumentaron más cuando la carga se efectuó con rampa que cuando se utilizó ascensor (Parrott *et al*, 1998).

Uno de los puntos de acción de estas dos hormonas es el corazón, provocando un aumento de la **frecuencia cardiaca**. La medición de la frecuencia cardiaca da una percepción fácil del grado de excitación que tiene el animal. La frecuencia cardiaca aumenta como preparación de una acción que

prevé el animal que puede ocurrir en un futuro próximo. Esta respuesta de preparación psicológica es muy importante desde el punto de vista del bienestar, más que otros cambios fisiológicos que se pueden presentar como reflejo simplemente de un aumento en la actividad del animal (Broom, 1995).

La grabación de la frecuencia cardiaca se puede relacionar con la información del transporte, aceleraciones, cambios de velocidad, frenazos o cambios en la temperatura interna del camión de transporte (Broom, 1995) estando considerada como una medida útil de bienestar en situaciones agudas de estrés, como es en el caso de la carga, el manejo y la descarga. Pero hay que tener en cuenta que bajo condiciones muy adversas puede mantenerse elevada durante periodos de tiempo muy largos (Parrott *et al*, 1998). Estos autores encontraron que la frecuencia cardiaca se mantuvo alta, incluso 9 horas tras la carga de las ovejas en el camión.

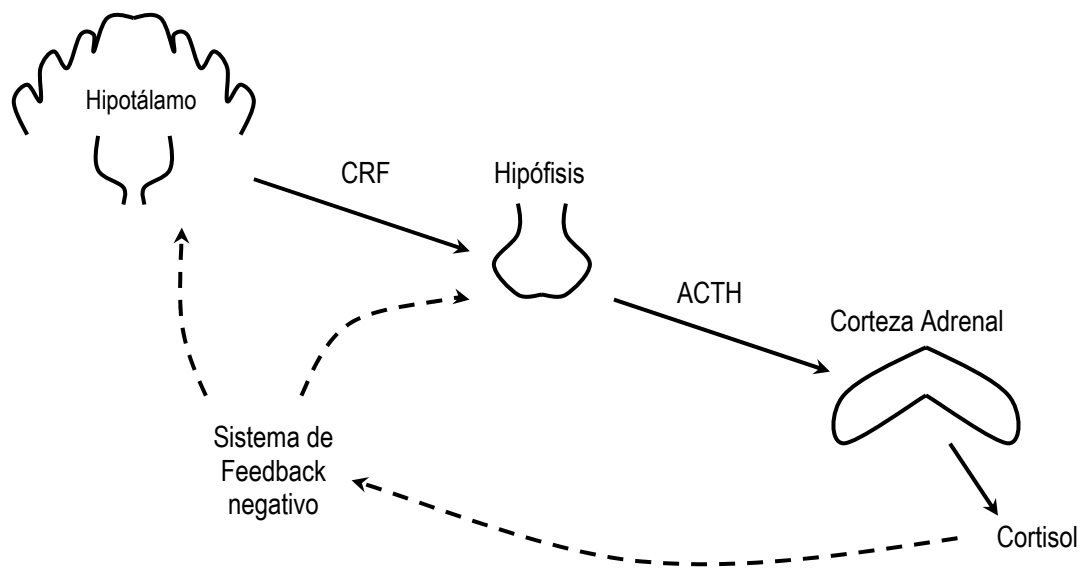
El mayor problema a la hora de interpretar la frecuencia cardiaca como medida de estrés es la gran variabilidad que existe entre individuos (Perremans *et al*, 1997; Minero *et al*, 2002).

La **frecuencia respiratoria** es fácilmente valorable, y aumenta de la misma forma que lo hace la frecuencia cardiaca. El metabolismo y el nivel de actividad van a marcar esta frecuencia, pero un animal que es estresado repentinamente en su ambiente, aumenta la frecuencia respiratoria.

El aumento en el torrente circulatorio de catecolaminas provoca un incremento de la temperatura corporal. El ascenso de esta temperatura puede estar en el orden de 1 °C, pero los valores dependerán de la adaptación que haya tenido el animal al transporte (Parrott *et al*, 1999).

Además de las hormonas producidas en la médula adrenal, en la corteza adrenal se producen **glucocorticoides** y dentro de los cuales el más utilizado para la valoración del estrés en los animales es el cortisol. La secreción de cortisol por la corteza adrenal, se produce por la estimulación de ACTH (hormona adrenocorticotrófica) secretada a su vez por la hipófisis anterior. La hormona ACTH, se encuentra estimulada por el factor de liberación de corticotropina (CRF) que se produce y se libera en el hipotálamo. Se activa un eje denominado eje hipotálamo-hipófisis-corteza adrenal. Este eje mantiene un sistema "feedback" de regulación, por la concentración de glucocorticoides en sangre (figura 2.21.).

Figura 2.21.-Principal vía que controla la liberación de cortisol



Fuente: Knowles y Warriss, 2000

El cortisol, es liberado en el torrente sanguíneo ante un amplio rango de situaciones estresantes, además de en otras situaciones normales en el comportamiento de la especie como en la reproducción (cortejo y monta) (Wingfield y Ramenofsky, 1999). El cortisol en sangre se puede encontrar en su mayor proporción unido a proteínas, aunque hay una cierta cantidad que esta libre en sangre que va a actuar sobre sus órganos diana. Este cortisol libre va a pasar a la saliva y a la orina, por difusión pasiva, donde se va a poder valorar como alternativa al cortisol plasmático, porque implica un método menos cruento hacia el animal para obtener la muestra. La proporción de cortisol que pasa a la saliva es suficiente como para mantener un equilibrio entre el cortisol libre en plasma y el de la saliva (Cook *et al*, 1996). El aumento de la concentración de cortisol salivar ante un estímulo externo, se produce unos minutos más tarde respecto al incremento de cortisol en plasma.

El cortisol juega un papel muy importante en la mediación de la respuesta fisiológica al estrés. Actúa sobre el metabolismo de la glucosa, activando la glucogenolisis hepática, inhibe la síntesis de proteínas, favoreciendo la proteólisis y modula los mediadores inmunológicos como la linfocinas y los mediadores de la inflamación, teniendo un efecto antiinflamatorio. Debido al papel que juega el cerebro en su liberación, se le atribuye un papel importante en la percepción psicológica de la situación de estrés.

### 3.2.2.3.- INDICADORES DE AYUNO Y DESHIDRATACIÓN

El transporte incluye periodos donde los animales no reciben ni agua ni comida, y como consecuencia se produce una pérdida de peso, que en un principio será de contenido intestinal, para luego producirse un descenso en el peso de la canal, que será debido a la deshidratación (pérdida de agua corporal) y a las pérdidas de reservas corporales.

Cuando el animal se encuentra en ayuno, tanto de agua como de alimento, sus reservas corporales actúan como sistema amortiguador, hasta que el animal vuelva a comer y a beber de nuevo. Las principales reservas corporales son los lípidos, y dentro de estos los triglicéridos (triacilgliceroles). Estos se movilizan degradándose a sus constituyentes básicos glicerol y ácidos grasos. Estos ácidos grasos se denominan ácidos grasos no esterificados (non-esterified fatty acids, NEFA) o **ácidos grasos libres** (free fatty acids, FFA), los cuales son transportados en la sangre unidos a proteínas, albúminas principalmente. Esta lipólisis, movilización de la grasa corporal, está regulada a nivel hormonal. Cuando el animal se encuentra en ayunas, hay menos glucosa en sangre, provocando cambios hormonales, con un aumento del glucagón y un descenso de la insulina, lo cual dispara a las lipasas para la ruptura de los triglicéridos, los cuales al ser insolubles en agua, son transportados unidos a albúminas, mientras que el glicerol está disuelto en el plasma. Los FFA y el glicerol pueden ser utilizados como fuente de energía por la mayoría de los tejidos corporales.

El hígado es una gran reserva de glucógeno, polisacárido de reserva de la glucosa, que rápidamente se utiliza por el organismo como fuente de glucosa. El glucógeno se puede medir en el tejido hepático tras el sacrificio o por biopsia, pudiendo valorar el peso hepático como referencia de uso de estas reservas. También existen reservas de este polisacárido en el músculo, pero se conserva su nivel incluso después de varios días de ayuno.

Durante el ayuno, las rutas metabólicas se encuentran modificadas, y conduce a la utilización por el hígado de los FFA y la consecuente formación de cuerpos cetónicos. El principal cuerpo cetónico es el  **$\beta$ -hidroxibutirato** (3-hidroxibutirato,  $\beta$ -OHB). Los FFA pueden ser utilizados por la mayoría de los tejidos como fuente energética, aunque parece que en las últimas investigaciones se ha encontrado que el  $\beta$ -OHB puede ser más fácilmente utilizado por las células.

Los FFA y el  $\beta$ -OHB aumentan cuando hay una demanda de energía por parte del animal, como es en el caso de un ayuno prolongado.

El agua corporal es el 60 % del peso de un individuo, para la mayoría de las especies domésticas. El contenido total de agua en el cuerpo se puede dividir en dos partes, líquido extracelular y el intracelular. En ruminantes debido al gran volumen de líquido que tienen en el rumen, éste actúa como sistema amortiguador para mantener el volumen de sangre en los momentos de privación de agua. Durante estos periodos de ayuno hídrico, las pérdidas de agua intra y extracelular se equilibran, para mantener el balance electrolítico.

El **hematocrito**, la **concentración total de proteínas**, la de albúminas y el cociente entre las albúminas y las globulinas son utilizadas como medidas de deshidratación. El hematocrito es el porcentaje de volumen sanguíneo ocupado por células (glóbulos rojos principalmente). Así, cuando no hay pérdida o ganancia de células se puede medir el volumen de plasma. Sin embargo, la mayoría de las especies presenta un reservorio de glóbulos rojos en el bazo, que son rápidamente liberados al torrente sanguíneo en respuesta a una situación estresante. Por este motivo es importante medir las proteínas sanguíneas, totales, albúminas y globulinas, ya que la cantidad de proteínas permanece constante en el plasma.

La **osmolaridad** se utiliza como una medida del contenido de agua plasmático y como está unida a una propiedad física, incluye solo ciertos tipos de solutos plasmáticos.

#### *3.2.2.4.- INDICADORES DE ACTIVIDAD FÍSICA*

La **enzima CK** (Creatin kinasa o también referida como CPK, creatin fosfokinasa), se encuentra en el tejido muscular e interviene en la formación de ATP necesario para la contracción muscular, a partir de la fosforilación de ADP con la coenzima creatin fosfato. Se encuentra en el torrente sanguíneo cuando existe una lesión muscular. Existen 3 isoenzimas, que son relativamente organo-específicas, y una cuarta isoenzima que se encuentra en las mitocondrias. Identificando el nivel de las isoenzimas presentes en sangre, se puede determinar el tejido que se ha dañado. Durante el ejercicio hay un incremento de la isoenzima CK3 (principal isoenzima que se encuentra en el tejido muscular y que se denomina CK-MM) en sangre, que ha salido por lesión de la pared celular de las fibras de músculo esquelético.

La **enzima lactato deshidrogenasa** (LDH) se encuentra en el músculo y su función es la de metabolizar el ión lactato a piruvato, y puede ser utilizado para la producción de ATP muscular. Aumenta en el torrente sanguíneo cuando existe un daño celular, aunque también aumenta sin que se produzca una rotura de fibras musculares. Existen 5 isoenzimas, pero no son órgano-específicas. La única isoenzima que se encuentra en músculo estriado es la LDH-5, y que la proporción de LDH-5 sobre la LDH total es muy interesante cuando el animal está sometido a un fuerte estrés.

Estas dos enzimas se encuentran altamente correlacionadas, lo que indica que responden de la misma forma a un estrés físico. El coeficiente de correlación encontrado en cerdos fue de 0,86 por Weeding y cols. (1993).

Durante la actividad física muscular, la principal fuente de energía proviene de la glucosa y de los FFA de la sangre. También existe una reserva de glucosa en el músculo en forma de glúcogeno, como ya hemos mencionado.

El metabolismo de la **glucosa** se puede realizar aeróbica o anaeróbicamente. En el músculo de forma normal, el metabolismo es aeróbico, pero en el caso de que no se cubra la demanda de oxígeno por el músculo para la degradación aeróbica, se pasa al metabolismo anaeróbico, donde la glucosa se degrada formándose ácido láctico (ión lactato). Cuando el músculo está sometido a un ejercicio severo, la producción de **lactato** es muy alta, ya que sólo se puede producir a partir de la glucosa, y no de los lípidos. Esta alta producción de lactato se ve reflejado en un aumento de este en el músculo y en sangre.

### 3.2.2.5.- OTROS INDICADORES FISIOLÓGICOS

Las  **$\beta$ -endorfinas** se forman por la ruptura del pro-opiomelanocortin rápidamente tras su secreción por la hipófisis anterior, formándose la  $\beta$ -endorfina y la hormona adrenocorticotrófica (ACTH), estando regulada su secreción por el factor de liberación de corticotropina (CRF). Su liberación en el torrente sanguíneo está unida, por lo tanto, con el aumento en sangre de cortisol. Las acciones de las  $\beta$ -endorfinas no están claras, ya que actúan como analgésico a través de  $\mu$ -receptores en el cerebro, pero además esta hormona peptídica está interviniendo en la regulación de las hormonas reproductivas. Las situaciones de estrés agudo estimulan la liberación de  $\beta$ -endorfinas, pero sus niveles descienden rápidamente (Bradshaw *et al*, 1996b).

Otra hormona interesante a la hora de valorar el bienestar de los animales durante el transporte es la **vasopresina**. Su principal función es la de regular la homeostasis del agua corporal, controlando la osmolaridad relativa entre el líquido extracelular y el intracelular, controlando la reabsorción de agua. Existen dos tipos de vasopresina, la mayoría de los mamíferos producen la arginina vasopresina, pero el cerdo produce solamente lisina vasopresina. El incremento de esta hormona en sangre se encuentra asociada a la enfermedad del transporte, mareo, náusea y vómito. Forsling y cols. (1984) encontraron que en cerdos expuestos a vibraciones y ruidos se producía un incremento en sangre de lisina vasopresina.

### 3.2.3.- MEDIDAS DE CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE

Las situaciones de estrés provocan en el animal diferentes reacciones fisiológicas, que van a causar modificaciones en parámetros fisiológicos, como los expuestos hasta ahora, pero que en el caso de los animales que son transportados para sacrificio, la calidad de la canal y de carne que se obtiene de ellos también se va a encontrar afectada.

La **presencia de lesiones**, hematomas y magulladuras en la piel, producen un detrimento de la calidad de la canal, lo mismo que sobre los rendimientos de la canal, ya que estas zonas lesionadas se van a retirar de la canal, porque no son aceptables para que pasen a la cadena de distribución y al consumo (Eldridge y Winfield, 1988).

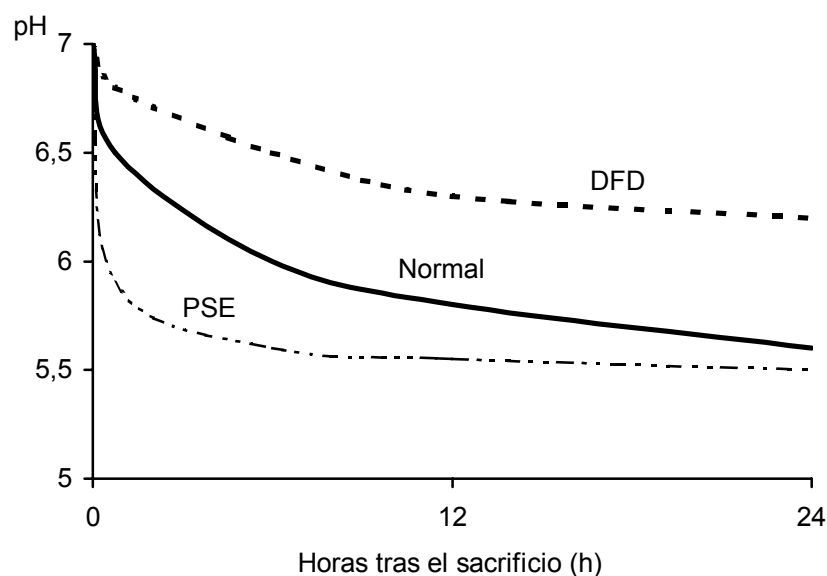
El nivel de lesiones en cerdos está en relación con el manejo que se hace de los animales durante la carga y la descarga. El número de lesiones en piel aumenta cuando los cerdos son mezclados durante la carga, transporte y la posterior descarga (Guise y Penny, 1989a).

Tras el sacrificio, se produce la transformación del tejido muscular en carne. La carne es el resultado de cambios *post-mortem* caracterizados por dos hechos bioquímicos, el establecimiento de *rigor mortis* y el proceso de maduración. En el establecimiento del *rigor mortis*, el principal proceso es la acidificación muscular. El **pH muscular** es una medida interesante porque es un estimador del tipo de fibra muscular y del equilibrio entre las vías metabólicas y el nivel de reserva energética en músculo, además de permitir valorar el tratamiento a que se ha sido sometido el animal antes del sacrificio.

La mayor influencia que tiene el manejo sobre la calidad de la carne es debido al efecto que tiene éste sobre las reservas de glucógeno muscular. Tras

el sacrificio, el glucógeno que se encuentra en el músculo es convertido en ácido láctico que reduce el pH. Cuando la concentración de glucógeno muscular es adecuada, se produce una perfecta acidificación de la carne desde un pH inicial próximo a la neutralidad (7,0) a un pH a las 24 horas tras el sacrificio ácido (5,5). Si las reservas de glucógeno se agotan antes del sacrificio, porque los animales han sido sometidos a un estrés crónico, por ejemplo un ayuno prolongado más de 6 horas, las reservas de glucógeno se han agotado y la acidificación está limitada, así que el pH a las 24 horas será más alto (DFD). Pero en el caso contrario, en situaciones de estrés agudo, por ejemplo al mezclar de animales en los corrales de espera, en ese momento es utilizado el glucógeno muscular para obtener la energía que demanda el animal en las peleas y se produce ácido láctico, pero como el sacrificio es inmediato no se da tiempo a que el músculo elimine ese ácido láctico que se ha producido, así que el pH inicial era próximo a la normalidad, pero sin embargo, cae muy rápidamente tras el sacrificio, para luego mantener bajo el pH a las 24 horas (PSE) (figura 2.22.).

Figura 2.22.-Patrón de caída de pH *post mortem*



Fuente: Warriss, 1990

Las carnes tipo PSE (pálidas, blandas y exudativas) y las DFD (oscuras, duras y secas) se pueden presentar en todas las especies, pero la mayor incidencia de las carnes PSE se presentan en porcino y las DFD en vacuno. En

ambos tipos de carne lo más característico es la presencia de colores y textura anómalos. En el caso de las carnes PSE, la unión de un pH bajo y una temperatura alta, producen una desnaturalización de las proteínas musculares, que lleva consigo una pérdida del agua que se encuentra ligada a ellas. Este agua es eliminado al espacio extracelular y hace que el exudado al corte sea mayor y la capacidad de retención de agua por el tejido muscular sea menor, de ahí el nombre de exudativas. El color pálido de estas carnes se debe a la diferencia en el índice de refracción entre el sarcoplasma y las miofibrillas musculares. Cuanto más grande es la diferencia, más alta es la dispersión y más pálida aparece la carne. En cuanto a los pigmentos, la mioglobina se desnaturaliza por el pH ácido, y se oxida a metamioglobina aumentando el brillo de la carne y dando un color amarillento.

En las carnes DFD, que tienen un pH elevado, no se produce la desnaturalización de las proteínas musculares, dando como consecuencia una carne con una capacidad de retención de agua elevada, que hacen que sean carnes secas. Además hay una pequeña o ninguna contracción del entramado de miofilamentos, produciendo que las diferencias en la refracción de las miofibrillas y el sarcoplasma sean reducidas, causando una menor luminosidad en este tipo de carnes. La mioglobina se encuentra en forma de deoximioglobina, dando un color púrpura, que hace que la carne tenga un color oscuro.

#### 3.2.4.- OTROS INDICADORES DE BIENESTAR

La **mortalidad** es un indicador útil de bienestar. Cuando un animal muere durante el transporte, es debido a que los mecanismos fisiológicos puestos en marcha por el animal han fallado en el mantenimiento de la homeostasis corporal ante la situación estresante con la que se han encontrado. Las compañías de transporte de animales, cuantifican el estrés del transporte por la mortalidad de animales que se presentan (Knowles y Warriss, 2000).

Durante las situaciones estresantes, los animales ponen una serie de mecanismos fisiológicos para hacer frente a esa situación. De la misma forma las células ponen en marcha la síntesis de una serie de proteínas que se denominan de **proteínas estrés**. Estas proteínas mejoran la supervivencia de las células, reduciendo la acumulación de polipéptidos anómalos y dañados dentro de la célula (Welch, 1992). Muchas de las proteínas de estrés actúan

ayudando a la síntesis, transporte y plegado de proteínas nuevas o como proteínas de unión para su degradación.

Debido a que las primeras proteínas de estrés se encontraron en células sometidas a estrés térmico se han denominado como proteínas de shock térmico (heat shock proteins, Hsps). Ya se han encontrado otras situaciones en la que se produce la expresión de estas proteínas en las células (Carey *et al*, 1999).

Existe una gran variedad de proteínas de estrés que se han clasificado por su peso molecular. La familia de Hsps que se encuentran más conservadas en la escala de evolución animal y que más frecuentemente se encuentra en células sometidas a estrés son las Hsps 70. Existen otras proteínas como la Hsp 60 y la GRP75 que se encuentran en la mitocondria y que facilitan el transporte de material nuclear codificado para proteínas mitocondriales al interior de las mitocondrias (Lill *et al*, 1996). Las Hsp 90 según Bao y cols. (2001) son unas proteínas que se redujeron en animales transportados durante 6 horas, que están asociadas con la calidad de la carne en cerdos y que pudieran ser utilizadas como indicadores potenciales de estrés.

## ***MATERIAL Y MÉTODOS***

---

### 3.- MATERIAL Y MÉTODOS

El planteamiento experimental de la tesis consistió en valorar en primer lugar el estrés al que son sometidos los conejos durante su transporte comercial a matadero, y en segundo lugar estudiar cada uno de los posibles factores estresantes durante el transporte (temperatura, ruido, mezcla de animales, manejo). Se valoró en cada caso el bienestar de los conejos y las posibles repercusiones en la calidad de la canal y carne. Tanto el cebo de los gazapos efectuado en la Facultad de Veterinaria como la realización de las pruebas de los factores estresantes se han realizado con el visto bueno de la Comisión de Ética de la Facultad de Veterinaria.

#### 1.- ANIMALES

Para la realización de la tesis se han utilizado un total de 276 conejos cebados de la raza Gigante de España (de ambos sexos), procedentes la mitad de la granja cunícola experimental situada en la Facultad de Veterinaria de Madrid y la otra mitad de una granja cunícola de la misma raza situada en San Martín de Pusa, Toledo.

Los conejos procedentes de la granja cunícola de la Facultad de Veterinaria, tras su destete a los 30 - 32 días de edad, se asignaban a los grupos que iban a pertenecer durante el tratamiento, intentando mantener grupos siempre estables. Los conejos procedentes de la otra granja cunícola se transportaban el mismo día del destete (30–32 días de edad), hasta la Facultad de Veterinaria (120 Km.), donde eran asignados a los grupos que iban a pertenecer, con el fin de mantener grupos estables.

Tras el destete y el alojamiento en las jaulas de cebo comercial (0,65 x 0,70 x 0,30 m), se les suministraba en el agua de bebida, un complejo vitamínico durante la primera semana, para luego mantenerse en los alojamientos hasta el momento de someterles a los distintos tratamientos, con alimentación a base de un pienso comercial (tabla 3.1.) y agua *ad libitum*. La temperatura de la nave de cebo fue entre 17 y 23 °C, la humedad relativa entre 55 y 60 %, el nivel de ruido fue de 72 dB ( $\pm$  5 dB) y la iluminación de la nave fue mediante tubos fluorescentes con un programa de luz de 16 horas de luz y 8 de oscuridad.

Tabla 3.1.- Composición del pienso comercial para el cebo de conejos

Proteína Bruta	16,0 %
Grasa Bruta	2,5 %
Celulosa Bruta	16,0 %
Cenizas Brutas	16,5 %
Calcio	1,2 %
Fósforo	0,55 %
Lisina	0,67 %
Vitamina A	8.600 UI/Kg
Vitamina D <sub>3</sub>	1.400 UI/Kg
Vitamina E (α-tocoferol)	17 mg /Kg
Cobre (CuSO <sub>4</sub> -5H <sub>2</sub> O)	5 mg/Kg
Rodenidina	66 mg/kg
Flavofosfolipol	4 mg/Kg

El crecimiento de los conejos se controló mediante pesadas semanales y cuando la media de peso del grupo superaba 1,7 Kg, de 28 a 35 días de cebo (Peso mínimo al sacrificio recomendado por el matadero para conejos de esta raza) se comenzaban las pruebas de estrés.

## 2.- PRUEBAS DE ESTRÉS

### 2.1.- TRANSPORTE COMERCIAL

Se han utilizado para esta prueba 80 conejos cebados (de ambos sexos). Se manejaron siguiendo las practicas normales de transporte a matadero, transportándose a un matadero comercial cunícola, situado en la localidad de Torrijos, Toledo. El comienzo de la carga se realizó a las 10:00 a.m., previamente los conejos fueron pesados. La duración media del transporte fue de 1 hora y 20 minutos y la distancia de transporte de 85 Km. Los conejos a la llegada a matadero fueron descargados, pasando a la zona de espera para su sacrificio. Se sacrificaron a las 14:30 p.m., suponiendo un tiempo total de transporte y espera desde la carga hasta el sacrificio de 4 horas y 30 minutos.

Se realizaron 4 transportes, dos en verano y dos en invierno, transportando 20 animales en cada viaje. En cada transporte los animales eran

alojados bajo dos densidades, alta y baja, 12 (0,034 m<sup>2</sup>/animal) y 8 (0,052 m<sup>2</sup>/animal) animales por jaula respectivamente. De cada jaula eran utilizados 6 animales (48 animales en total) para los posteriores análisis (tabla 3.2.).

La temperatura máxima y mínima fue recogida en cada transporte y los valores se presentan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2.- Temperaturas máximas y mínimas registradas en cada transporte

	Máxima (°C)	Mínima (°C)
Verano 1º	44,8	29,2
Verano 2º	40,6	28,8
Invierno 1º	12,2	7,4
Invierno 2º	23,0	13,1

El camión de transporte fue un trailer de tres ejes con suspensión neumática, abierto a los lados con una longitud de caja de 9 m y una anchura de 2,2 m, una capacidad de carga para 5.000 conejos y la altura de las torres de jaulas fue de 9 jaulas (figura 3.1.).

Figura 3.1.-Camión de transporte de conejos utilizado



Las jaulas comerciales utilizadas para el transporte tenían unas dimensiones de 0,75 m de largo, 0,55 m de ancho y una altura de 0,2 m (figura 3.2.).

Figura 3.2.-Jaula de transporte de conejos



## 2.2.- PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO

Los animales se sometieron a simulaciones de diferentes factores estresantes implicados en el transporte como el estrés térmico, por ruido, por mezcla social, por cambio de jaula y por manejo.

Las pruebas de estrés se realizaron a 200 m del lugar de cebo, moviéndose los animales desde las jaulas de cebo hasta las jaulas para las pruebas en grupos de 4 animales.

Las jaulas para las pruebas eran jaulas comerciales de las mismas dimensiones que se han descrito anteriormente (0,75 x 0,55 x 0,20 m, figura 3.2.) para el transporte. El tiempo al que fueron sometidos los animales a las diferentes pruebas de estrés fue de 4 horas y 30 minutos, el mismo tiempo que duró el transporte comercial. Los animales se pesaron antes y después de someterles a las pruebas de estrés.

### 2.2.1.- ESTRÉS TÉRMICO

Para esta prueba se han utilizado 80 animales (de ambos sexos). Se llevaron a cabo 8 pruebas, cuatro de calor y cuatro de frío. En cada prueba se utilizaron 12 animales para alta densidad ( $0,034 \text{ m}^2/\text{animal}$ ) y 8 animales para baja densidad ( $0,052 \text{ m}^2/\text{animal}$ ). En cada prueba se sacrificaron 6 conejos de cada densidad, para conseguir 12 animales de cada densidad en cada temperatura (48 animales en total) (tabla 3.4.).

Los animales fueron introducidos en unas cámaras térmicas aisladas. Las cámaras previamente se encontraban a una temperatura ambiente de 42 °C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) para calor y de  $-5^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) para frío. El nivel de ruido dentro de las cámaras era de 64 dB. La temperatura máxima y mínima fue recogida en cada prueba y los valores se presentan en tabla 3.3.

Tabla 3.3.- Temperaturas máximas y mínimas registradas en cada prueba de estrés térmico

		Máxima (°C)	Mínima (°C)
Calor	Alta densidad 1°	44,8	35,2
	Alta densidad 2°	44,1	38,3
	Baja densidad 1°	42,1	33,0
	Baja densidad 2°	43,5	29,7
Frío	Alta densidad 1°	2,1	-1,1
	Alta densidad 2°	2,1	-0,5
	Baja densidad 1°	1,1	-1,0
	Baja densidad 2°	4,1	-0,8

### 2.2.2.- ESTRÉS POR RUIDO

40 animales (de ambos sexos) se han utilizado para esta prueba. Se efectuaron 4 pruebas, dos a alta densidad (12 animales por jaula, 0,034 m<sup>2</sup>/animal) y dos a baja densidad (8 animales por jaula, 0,052 m<sup>2</sup>/animal). En cada prueba se sacrificaron 6 conejos, excepto en una prueba a baja densidad que solo se pudieron sacrificar 5, obteniéndose 12 animales en alta densidad y 11 en baja densidad (tabla 3.4.).

Los animales fueron introducidos en una cámara, donde se sometieron a un nivel medio de ruido constante de 96 dB ( $\pm 2\text{dB}$ ), reproduciendo un ruido de motor con un radiocasete. La temperatura ambiente de la cámara fue de 20 °C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ).

### 2.2.3.- ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL

Se han utilizado para esta prueba 40 animales (de ambos sexos). Los animales procedían de jaulas distintas y no contiguas, para mezclar conejos que no estuvieran familiarizados entre ellos. Se realizaron 4 pruebas, dos a alta

densidad (12 animales por jaula, 0,034 m<sup>2</sup>/animal), donde se mezclaron dos grupos de 6 conejos, y dos a baja densidad (8 animales por jaula, 0,052 m<sup>2</sup>/animal) procedentes de la mezcla de dos grupos de 4 animales. Estos grupos se mezclaron en la jaula de transporte al comienzo de la prueba.

Se sacrificaron 6 conejos en las primeras pruebas de alta y baja densidad y 5 para las segundas pruebas para ambas densidades, resultado 11 animales para cada densidad (tabla 3.4.). La temperatura ambiente fue de 22 °C (± 1 °C) y el nivel de ruido fue de 59 dB.

#### 2.2.4.- ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA

Para esta prueba se han empleado 24 animales (de ambos sexos). Se llevaron a cabo 2 pruebas, a alta densidad (12 animales por jaula, 0,034 m<sup>2</sup>/animal). En cada prueba se sacrificaron 6 conejos, dando como resultado un total de 12 animales para los posteriores análisis (tabla 3.4.).

Para someter a los animales a esta situación de estrés, los conejos fueron llevados desde la zona de cebo hasta la zona de prueba, para cargarlos en las jaulas de experimentación y mantenerlos allí alojados el tiempo que duró la prueba. La temperatura ambiente fue de 22 °C (± 1 °C) y el nivel de ruido fue de 61 dB.

#### 2.2.5.- ESTRÉS POR MANEJO

Se han empleado 12 animales (de ambos sexos) para esta prueba. Se realizaron 2 pruebas, sacrificándose 6 conejos en cada prueba, un total de 12 animales. Los conejos fueron sometidos únicamente al manejo realizado en las anteriores pruebas de estrés en laboratorio: fueron desplazados desde la zona de cebo hasta la de sacrificio, alojados 1 minuto en la jaula de prueba, fueron pesados, y se sacrificaron inmediatamente, para valorar el efecto que tiene manejarlos desde la zona de cebo hasta los alojamientos de las pruebas (tabla 3.4.).

Tabla 3.4.- Número de conejos utilizados en las pruebas y sacrificados para los análisis posteriores

Pruebas de estrés		Utilizados		Sacrificados	
		Alta	Baja	Alta	Baja
Transporte	Verano	24	16	12	12
	Invierno	24	16	12	12
Situación térmica	Calor	24	16	12	12
	Frío	24	16	12	12
	Ruido	24	16	12	11
	Mezcla	24	16	11	11
	Cambio de Jaula	24		12	
	Manejo	12		12	
	Total	276		165	

### 3.- SACRIFICIO

Todos los animales sacrificados en el matadero comercial se pesaron antes del sacrificio y fueron aturdidos y sacrificados de acuerdo con las prácticas normales del matadero. El aturdimiento fue a bajo voltaje (90 V durante 2 segundos), colgándose por las extremidades posteriores y sacrificándose mediante exsanguinación por corte de las arterias carótidas. Las muestras de sangre se recogieron en el momento de la exsanguinación. El faenado se realizó siguiendo las pautas habituales en matadero.

En el sacrificio de los animales en laboratorio, los conejos eran pesados, aturdidos y sacrificados de forma sucesiva, sin esperas entre estos tres pasos. Los animales fueron aturdidos a bajo voltaje (90 V durante 5 segundos), siguiéndose posteriormente las mismas pautas que en matadero.

### 4.- MÉTODOS REALIZADOS SOBRE LA CANAL

Las canales una vez faenadas, eran suspendidas por los corvejones para medir el pH muscular en el momento 0 (tras el sacrificio y faenado) y a los 45 minutos y el color de la canal y de la carne. El hígado era pesado y una muestra del lóbulo anterior era congelado en nitrógeno líquido para el posterior análisis del glucógeno hepático. Una muestra de músculo *Longissimus dorsi*

desde la séptima hasta la cuarta vértebra lumbar del lado izquierdo fue congelada en nitrógeno líquido para el posterior análisis del glúcogeno muscular tras el sacrificio.

Las canales procedentes de matadero, fueron transportadas bajo refrigeración hasta el laboratorio. Todas las canales suspendidas por los corvejones se mantuvieron en refrigeración durante 24 horas a 4 °C. Tras este periodo, se midió el pH a las 24 horas, el color de la canal y de carne y se tomó una muestra de *Longissimus dorsi* desde la séptima hasta la cuarta vértebra lumbar del lado derecho que fue congelada en nitrógeno líquido para el análisis del glúcogeno muscular a las 24 horas del sacrificio.

El músculo *Longissimus dorsi* se disecó para realizar la media de la capacidad de retención de agua y la humedad.

## 5.- ANÁLISIS SANGUÍNEOS

Las muestras de sangre eran recogidas en dos tubos, uno con EDTA (para analizar el cortisol, CK, LDH, hematocrito, osmolaridad, albúminas y globulinas) y otro con fluoruro sódico (FNa), el cual era centrifugado inmediatamente a 3.000 rpm durante 10 minutos para recoger el suero para la determinación las concentraciones de ión lactato y glucosa. Ambos tubos (EDTA y suero) se mantuvieron en refrigeración hasta su análisis en las siguientes 24 horas.

### 5.1.- CORTISOL

Se determina por enzimoimmunoanálisis competitivo (ELISA). Se realizan dos incubaciones, una primera de 1 hora donde el cortisol de la muestra (plasma con EDTA) (10 µl) compete con cortisol conjugado a una peroxidasa de rábano (POR) (200 µl) por sitios específicos de los pocillos cubiertos con el antisuero (anti-Cortisol de conejo). Tras la incubación se lavan los pocillos 4 veces con PBS, aspirando la mezcla con cuidado en cada lavado. La segunda incubación de 15 minutos de la placa con 200 µl del cromogeno (Tetrametilbencidina en tampón citrato-fosfato), después de este tiempo se para la reacción con 100 µl de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 1N. La lectura del color se hace en un espectrofotómetro en dos longitudes de onda, 450 y 405 nm. Se utiliza un blanco de agua destilada para la referencia colorimétrica.

Se realiza una curva patrón para determinar la concentración de cortisol con las siguientes concentraciones 0, 10, 30, 100, 300 y 900 ng/ml.

La lectura se debe realizar dentro de los 20 minutos siguientes a la finalización de la prueba.

Se mide bajo dos longitudes de onda, porque para concentraciones entre 30 y 900 ng/ml la lectura se debe hacer a 450 nm, mientras que concentraciones menores a 30 ng/ml la longitud de onda para la lectura es 405 nm.

## 5.2.- CREATIN KINASA (CK)

Se valora la actividad enzimática de desfosforilación del creatinifostato a creatinina con la formación de ATP, asociado a dos reacciones una de fosforilación de glucosa por la enzima Hexoquinasa con ATP y la deshidrogenación de la glucosa-6-fosfato por la enzima glucosa-6-fosfato deshidrogenasa y como coenzima NADP<sup>+</sup>. Se valora la extinción por minuto de la reacción en los tiempos 2', 3', 4' y 5' tras la mezcla de 2,5 ml de la solución reactiva (30 mmol/l de creatininfostato, 2 mmol/l de ADP, 20 mmol/l de glucosa, 2 mmol/l de NADP<sup>+</sup>) con 0,1 ml de la muestra de plasma con EDTA. La extinción por minuto se valora mediante la reducción de la absorbancia en la mezcla en estos cuatro tiempos, a una longitud de onda de 340 nm. La temperatura de medición de la reacción fue 30 °C.

La actividad de la enzima CK (U/l) se calcula multiplicando la extinción por minuto media de las tres medias por 4127. Cuando la actividad enzimática es alta, el valor de la extinción por minuto a los 3 minutos de reacción debe ser inferior a 0,250, en estos casos se medía de nuevo la reacción diluyendo el plasma 1/10 con una solución de CNa al 0,9 % y multiplicado la extinción por minuto media por 41270.

## 5.3.- LACTATO DESHIDROGENASA (LDH)

Se determina la actividad enzimática, mediante la reacción de hidrogenación del piruvato a L-lactato en presencia de NADH. Valorando la extinción por minuto de la reacción en los tiempos 30", 1' 30", 2' 30" y 3' 30" tras la mezcla de 2,5 ml de la solución reactiva (0,6 mmol/l de piruvato, 50 mmol/l a pH 7,5 de tampón fosfato y 0,18 mmol/l de NADH) con 0,1 ml de la muestra de plasma con EDTA. La extinción por minuto se valora por reducción

de la absorbancia de la mezcla entre esos cuatro tiempos, con una longitud de onda de 340 nm. La temperatura de medición de la reacción fue 30 °C.

La actividad de la enzima lactato deshidrogenasa (U/l) se calcula multiplicando la extinción por minuto media de las tres medias por 4921. Cuando la actividad enzimática es alta, el valor de la extinción por minuto a los 3 minutos de reacción debe ser inferior a 0,100, en estos casos se medía de nuevo la reacción diluyendo el plasma 1/10 con una solución de ClNa al 0,9 % y multiplicado le extinción por minuto media por 49210.

#### 5.4.- LACTATO

La concentración lactato se mide por la transformación enzimática a un compuesto coloreado (Quinona) en dos fases. En la primera fase, el suero en presencia de oxígeno y agua por acción de la enzima lactato oxidasa (800 U/l), se forma piruvato y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reacciona en presencia de la enzima peroxidasa (2000 U/l), 4-aminoantipirina (0,4 mmol/l) y 4-clorofenol (4 mmol/l) para formarse un compuesto de color rosáceo, Quinona.

Los reactivos se encuentran en una disolución tampón fosfato a pH 7,5. Se mezclan 10 µl del suero muestra y 10 µl de una solución patrón lactato (10mg/dl) con 1 ml de disolución de reactivos, se dejan 10 minutos a temperatura ambiente y se lee la absorbancia a 505 nm de las dos mezclas utilizándose como blanco la disolución de reactivos.

Para el cálculo de la concentración de lactato (mmol/l) se aplica la siguiente fórmula:

$$(\text{Abs. muestra} / \text{Abs. patrón}) \times \text{Conc. patrón}$$

El método es lineal hasta valores de 150 mg/dl. Si la concentración de la muestra es superior, se diluye el suero a la mitad con una disolución de ClNa al 0,9 % y el resultado final se multiplica por dos.

#### 5.5.- GLUCOSA

La medición de la concentración de glucosa se realiza por la formación de unos complejos coloreados (Quinonaimina) siguiendo dos reacciones enzimáticas acopladas. La primera reacción se produce cuando la muestra con glucosa en presencia de oxígeno y de agua por acción de la enzima glucosa oxidasa (250 U/ml) se forma glucónico y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). y en la

segunda el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reacciona en presencia de la enzima peroxidasa (20 UI/ml), 4-aminoantipirina (12,5 mmol/l) y fenol (5 mmol/l) para formarse el compuesto de color quinonaimina. Se mezclan 10 µl del suero de la muestra y 10 µl de la solución patrón de glucosa (100 mg/dl) con 1 ml de la solución reactiva. Se deja incubar 30 minutos a temperatura ambiente y se mide la absorbancia del patrón, de la muestra frente a un blanco de solución reactiva a 500 nm.

El color es estable durante 2 horas. La concentración de glucosa (mg/dl) se calcula aplicando la formula siguiente:

$$(\text{Abs. muestra} / \text{Abs. patrón}) \times \text{Conc. patrón}$$

#### 5.6.- HEMATOCRITO

Se utilizó la técnica de microhematocrito consistente en la centrifugación de la sangre con EDTA a 12.000-15.000 rpm durante 5 minutos, de un tubo capilar con sangre total llenado solamente tres cuartas partes de su capacidad. Se calcula el porcentaje de la longitud de la columna de células y la longitud total de la columna sanguínea. Se realizaron dos determinaciones por muestra.

#### 5.7.- OSMOLARIDAD

La osmolaridad (mOsmol/l) se calcula mediante la siguiente formula:

$$(1,86 \times \text{Na}^+ (\text{mEq/l})) + (0,026 \times \text{Urea} (\text{mg/dl})) + (\text{glucosa} (\text{mg/dl}) / 18) + 9$$

En la ecuación están los principales constituyentes sanguíneos que dan presión osmótica a la sangre.

Para el cálculo de la concentración de sodio en plasma se utiliza la fotometría de llama. Se hace una dilución inicial de plasma y de las soluciones patrón 1/200 y se utiliza un patrón interno de litio. La llama del fotómetro es de propano-aire. Se aísla la radiación de las líneas correspondientes a 589 nm, línea correspondiente al sodio. Obteniendo la concentración de sodio de la muestra en mEq/l.

La concentración de urea se calcula mediante la cuantificación espectrofotométrica de la NADH que se consume en las reacciones enzimáticas acopladas siguientes:



Se mezclan 5  $\mu\text{l}$  de plasma con EDTA y 5  $\mu\text{l}$  del patrón de urea (50mg/dl) con 1 ml de la solución reactiva (5 mmol/l de 2-Oxoglutarato, 14 mmol/l de NADH, 700 UI/ml de ureasa y de glutamato deshidrogenasa). Se deja incubar durante 30 minutos a temperatura ambiente y se mide la absorbancia del blanco (solución reactiva), del patrón y de la muestra frente a agua destilada a 340 nm de longitud de onda. La absorbancia es estable durante 2 horas. La concentración de urea (mg/dl) se calcula por la fórmula siguiente:

$$[(\text{Abs. blanco} - \text{Abs. muestra}) / (\text{Abs. blanco} - \text{Abs. patrón})] \times \text{Conc. patrón}$$

La concentración de glucosa se obtiene mediante la técnica anteriormente descrita.

#### 5.8.- ALBÚMINA

La concentración albúmina se obtiene por la medición de la variación de color debida a la formación de complejos entre la albúmina y el verde de bromocresol en medio ácido (pH 4,2). Se mezclan 0,01 ml de la muestra (plasma con EDTA) y de patrón de albúmina (7 g/dl) con 3 ml de la solución de reactiva de bromocresol (0,15 mmol/l de verde de bromocresol y 75 mmol/l de tampón succinato). Se deja incubar durante 5 minutos a temperatura ambiente y se miden la absorbancia con una longitud de onda de 630 nm, utilizando como blanco la solución reactiva. La concentración de albúmina (g/dl) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$(\text{Abs. muestra} / \text{Abs. patrón}) \times \text{Conc. patrón}$$

#### 5.9.- GLOBULINA

Se calcula como la diferencia de las proteínas totales sanguíneas menos la albúmina. La concentración de proteínas totales se calcula por la formación de unos complejos coloreados al unirse estas con iones de cobre (II) ( $\text{Cu}^{++}$ ) en medio alcalino. Se mezcla 50  $\mu\text{l}$  del suero de la muestra y de la solución patrón (albúmina, 7 g/dl) con 2,5 ml de la solución reactiva (6 mmol/l de  $\text{Cu}^{++}$  y 0,8

mol/l de hidróxido sódico (NaOH)). Se deja reposar a temperatura ambiente durante 10 minutos y se mide la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 545 nm. Se utiliza como blanco la solución reactiva (2,5 ml) con agua destilada (50 µl). El color es estable durante las dos horas siguientes a la mezcla. Para el cálculo de la concentración de proteínas totales (g/dl) se utiliza la siguiente fórmula:

$$(\text{Abs. muestra} / \text{Abs. patrón}) \times \text{Conc. patrón}$$

La concentración de globulinas (g/dl) se calculó como diferencia entre las proteínas totales y la albúmina.

## 6.- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CARNE

### 6.1.- GLUCÓGENO

La técnica consiste en la determinación colorimétrica del glucógeno hepático y muscular. Para ello se ha utilizado la formación de complejos glucógeno-yodo que se forman al unirse el yodo con las ramas polisacáridas del glucógeno, estabilizadas por la acción de sales inorgánicas. La intensidad y tono del color de los complejos glucógeno-yodo reflejan la media de uniones del yodo al glucógeno. Se ha seguido la técnica de Dreiling y cols, (1987).

La determinación se ha realizado por duplicado en cada muestra de hígado y músculo *Longissimus dorsi*, que sin descongelar se trocearon con una cuchilla partiendo la muestra en trozos pequeños, se picaron y se pesaron 2 g en tubos de 50 ml, para el hígado y el músculo a las 0 horas, mientras que para el músculo a las 24 horas se pesan 4 g, se añade 10 ml de ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>) frío al 8,4 % (APF), se homogeneiza durante 30 – 45 s, para posteriormente centrifugarse a 4.500 rpm, a 4 °C, obteniéndose un sobrenadante, donde se encuentra el glucógeno disuelto, y un residuo.

Para la valoración se ha realizado tres diluciones en función de la muestra que se trate:

- Hígado las diluciones han sido 1/180 y 1/30
- Músculo a las 0 horas 1/30 y 1/7,5
- Músculo a las 24 horas 1/7,5

De las diluciones se cogieron un volumen de 0,4 ml a los cuales se añade 2,6 ml del reactivo de color que se prepara diariamente.

Para la lectura y determinación de la concentración es necesario realizar un curva patrón. Hemos utilizado para ello glucógeno tipo III de hígado de conejo de Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Steinheim, Alemania). Se realizan 6 diluciones a 160, 80, 40, 20, 10 y 5 µg/ml.

Para la elaboración del reactivo de color se disuelven 0,26 g de yodo y 2,6 g de yoduro potásico (KI) en 10 ml de agua destilada. De esta solución se cogen 1,3 ml y se añaden a 100 ml de una disolución de cloruro cálcico (CaCl<sub>2</sub>) saturada.

Cuando se añade el reactivo de color se deja estabilizar la disolución de 20 a 30 minutos a temperatura ambiente, siendo el color estable por encima de 2 horas. Transcurrido este tiempo se procede a la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 460 nm, tomándose como referencia de color (blanco) el ácido perclórico a 8,4 %.

La concentración de glucógeno se expresa en mg/g de tejido, para ello se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$\text{Glucógeno mg/g} = \{D^{-1} \times \text{Conc} \times [10 + (0,75 \times \text{Peso})]\} / (1000 \times \text{Peso})$$

D : Dilución 1/180, 1/30 ó 1/7,5

Conc: Concentración obtenida en el espectrofotómetro

Peso: Peso de la muestra

## 6.2.- CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

Se ha realizado utilizando el método de presión en papel de filtro de Grau y Hamm (1953), consistente en presionar una cantidad determinada de músculo, sobre un papel de filtro entre dos placas, valorando el área del agua liberada por el músculo.

Para ello se pesan 300 mg de músculo *longissimus dorsi*, bien picado (procedentes de la canal de conejo refrigerada 24 h), sobre un papel de filtro Albet® nº 400 colocándolo entre dos placas de metacrilato, apretando fuertemente a mano con dos tornillos las placas durante cinco minutos. Transcurrido este tiempo, se separan las placas, dibujando el área que ha dejado el músculo (M) por el otro a donde se encuentra, antes de retirar la

placa superior, ya que normalmente la muestra se encuentra adherida a esta placa. Se dibuja también el área dejada por el agua liberada por el músculo (T), para la posterior media de dichas áreas. Se han realizado 4 repeticiones por animal.

Los papeles de filtro fueron escaneados utilizando un escáner HP Scanjet 3200C® y el área fue medida mediante el programa informático AutoCAD R14®.

Para la determinación del factor de conversión de área a peso del agua liberada por el músculo, se utilizó el método de Wierbicki y Deatherage (1958), obteniéndose un valor de 15,16 mg/cm<sup>2</sup> con un R<sup>2</sup>= 0,9926.

La capacidad de retención de agua del músculo se obtiene como la diferencia entre el porcentaje de agua total del músculo y el de agua liberada, de acuerdo a la siguiente formula:

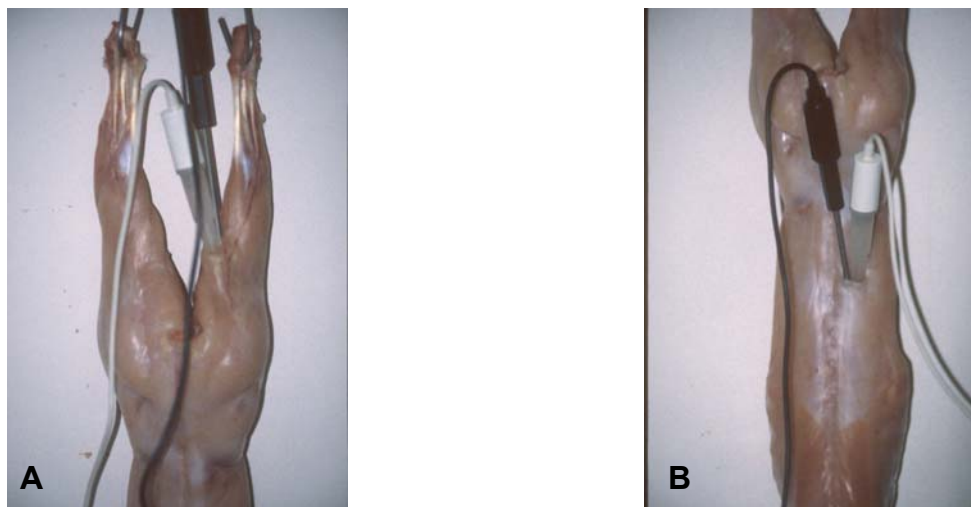
$$\text{CRA (\%)} = 100 - \{[(T(\text{cm}^2) - M(\text{cm}^2)) \times 15,16 \times 100] / \text{Agua de la muestra (mg)}\}$$

Se determinó la humedad del músculo mediante la técnica oficial para el análisis de productos cárnicos. (Orden de 31 de julio, 1979).

### 6.3.- pH

Para la determinación del pH se utilizó un pHmetro con electrodo de penetración y termómetro, Hanna Instruments HI-9025 (Hanna Instruments, S.L., Spain), introduciéndolo en el músculo después de hacer un corte con el bisturí. Las medidas se han tomado sobre los músculos *Semitendinosus* y *Longissimus dorsi* (a nivel de la 4ª vértebra lumbar) en el lado derecho, a las 0 horas (justo después del faenado del animal), a los 45 minutos y a las 24 horas (después de permanece en refrigeración). Cuando el sacrificio se realizó en el matadero comercial, debido a su sistema de funcionamiento, el primer pH se midió a los 45 minutos, no pudiéndose medir a en el momento 0. La temperatura también se registró en todos tiempos (figura 3.3).

Figura 3.3.-Localizaciones para la medición del pH muscular: (A) M. *Semitendinosus* y (B) M. *Longissimus dorsi*



#### 6.4.- COLOR

Para su determinación se ha utilizado un colorímetro Minolta Chromameter CR-200 (Minolta USA), utilizando el espacio de color CIELAB (Comision Internationale de l'Eclairage, CIE, 1986). Este sistema permite identificar un color con la ayuda de las coordenadas  $L^*$  (claridad),  $a^*$  (índice de rojo) y  $b^*$  (índice de amarillo), utilizando como iluminante  $D_{65}$ .

A partir de estas coordenadas se obtienen los índice colorímetros (Pla y Cervera, 1996 y Hernández *et al*, 1997):

- Saturación, cromaticidad o “chroma”,  $C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$
- Tono o “Hue”,  $H^* = \text{arctangente } (b^*/a^*)$  (expresado en grados)

Se han tomado tres medidas sobre la superficie del *Longissimus dorsi* al nivel de la cuarta vértebra lumbar del lado derecho y sobre la carne en un corte transversal al nivel de la séptima vértebra lumbar en lado izquierdo a los 30 minutos del sacrificio y en el derecho a las 24 horas. (figura 3.4.)

Figura 3.4.-Medición del color en la canal a los 30 minutos tras el sacrificio



## 7.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 7.1.- CONDICIONES GENERALES

Previo al análisis estadístico de los datos y con el fin de conseguir la normalización de las medidas, se ha realizado test *W* de Shapiro-Wilks para observar si los residuos de las comparaciones se distribuían según una normal y el test *C* de Cochran's para la homogeneidad de la varianza de dichos residuos. Debido a que todas las variables se distribuyeron según una normal no se realizó ningún cambio de variable. Todos los modelos son desequilibrados y de efectos fijos

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico SAS System V 8.01 para Windows.

En la siguiente tabla se presentan las abreviaturas de los modelos utilizados para el análisis estadístico.

Tabla 3.5.- Abreviaturas usadas en los modelos de análisis estadístico

---

$\mu$	=	media general
$E_i$	=	efecto de la época de transporte (verano e invierno)
$D_j$	=	efecto de la densidad (alta y baja)
$ED_{ij}$	=	interacción de la época de transporte y la densidad
$St_i$	=	efecto de la situación térmica (calor y frío)
$StD_{ij}$	=	interacción de la situación térmica y la densidad
$M_k$	=	efecto del manejo
$C_j$	=	efecto del cambio de jaula (cambio de jaula y manejo)
$\beta_1$	=	coeficiente de regresión de la covariable peso antes del transporte
$\beta_2$	=	coeficiente de regresión de la covariable peso previo a la prueba de estrés
$\beta_3$	=	coeficiente de regresión de la covariable temperatura muscular
$P_t$	=	peso antes del transporte
$T_m$	=	temperatura muscular
$P_p$	=	peso previo a la prueba de estrés
$\varepsilon$	=	error experimental

---

## 7.2.- TRANSPORTE COMERCIAL

Para el análisis estadístico en las comparaciones del transporte comercial con el grupo de animales sometidos a manejo se realizaron análisis por contrastes según el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \beta_1(P_{t_{ijkl}} - P_{t\dots}) + \mu + E_i + D_j + M_k + \varepsilon_{l(ijk)}$$

Para el análisis estadístico del transporte comercial se realizó un análisis de varianza según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \beta_1(P_{t_{ijk}} - P_{t\dots}) + \mu + E_i + D_j + ED_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Se utilizó como covariable en los dos modelos el peso antes del transporte, debido a que al tratarse de un transporte comercial, hubo un viaje que se retrasó dos semanas respecto a la fecha prevista para su transporte, causando que un grupo tuviera un peso ligeramente más alto que el resto de los grupos.

El pH muscular en el tiempo 45 minutos se estudió estadísticamente introduciendo en el modelo otra covariable que fue la temperatura muscular en

es momento, a causa de la importancia que tiene la temperatura sobre el valor del pH y como esta temperatura inicial puede estar influenciada por el estrés. El modelo estadístico para las comparaciones entre el transporte y el manejo fue:

$$Y_{ijkl} = \beta_1(P_{t_{ijkl}} - P_{t\dots}) + \beta_2(T_{m_{ijkl}} - T_{m\dots}) + \mu + E_i + D_j + M_k + \varepsilon_{l(ijk)}$$

El modelo estadístico para el análisis de varianza de transporte comercial para el pH a los 45 minutos fue:

$$Y_{ijk} = \beta_1(P_{t_{ijk}} - P_{t\dots}) + \beta_2(T_{m_{ijk}} - T_{m\dots}) + \mu + E_i + D_j + ED_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

### 7.3.- PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO

#### 7.3.1.- ESTRÉS TÉRMICO

Para el análisis estadístico en las comparaciones entre los animales expuestos a estrés térmico y el grupo de animales sometidos a manejo se realizaron análisis por contrastes siguiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + St_i + D_j + M_k + \varepsilon_{l(ijk)}$$

Para el análisis estadístico de los conejos expuestos a estrés térmico se realizó un análisis de varianza según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + St_i + D_j + StD_{ij} + \varepsilon_{l(ijk)}$$

Debido a que las reservas glucogénicas se encuentran muy relacionadas con el peso del animal, se utilizó como covariable para el análisis del peso del hígado y de las concentraciones de glucógeno hepático y muscular, el peso del animal previo a la prueba de estrés, en el análisis de contrastes con el siguiente modelo: .

$$Y_{ijkl} = \beta_3(P_{p_{ijkl}} - P_{p\dots}) + \mu + St_i + D_j + M_k + \varepsilon_{l(ijk)}$$

En el análisis de varianza para el estrés térmico se realizó de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \beta_3(P_{p_{ijk}} - P_{p\dots}) + \mu + St_i + D_j + StD_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

El pH muscular en el tiempo 0 y 45 minutos se estudió estadísticamente introduciendo en el modelo la covariable temperatura muscular en esos

momentos, a causa de la importancia que tiene la temperatura sobre el valor del pH, teniendo en cuenta que esta temperatura inicial puede estar influenciada por el estrés. El modelo estadístico para las comparaciones entre los animales expuestos a estrés térmico y los sometidos a manejo fue:

$$Y_{ijkl} = \beta_2(Tm_{ijkl} - Tm_{....}) + \mu + St_i + D_j + M_k + \varepsilon_{l(ijk)}$$

El modelo estadístico del análisis de varianza del estrés térmico para el pH en el tiempo 0 y 45 minutos fue:

$$Y_{ijk} = \beta_2(Tm_{ijk} - Tm_{...}) + \mu + St_i + D_j + StD_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

### 7.3.2.- ESTRÉS POR RUIDO

En el análisis estadístico de los conejos sometidos a ruido, en el mismo modelo de contrastes se compararon las dos densidades entre sí y con el grupo de conejos sometidos a manejo. El modelo general que se utilizó para el análisis fue:

$$Y_{jkl} = \mu + D_j + M_k + \varepsilon_{l(jk)}$$

Siguiendo el mismo criterio aplicado en el análisis para el estrés térmico, se incluyó en el modelo la covariable peso previo a la prueba de estrés para el análisis del peso del hígado y de la concentración de glucógeno hepático y muscular, resultando el modelo siguiente:

$$Y_{jk} = \beta_3(Pp_{jk} - Pp_{..}) + \mu + D_j + M_k + \varepsilon_{l(jk)}$$

En el modelo que se utilizó para el análisis estadístico del pH en el tiempo 0 y 45 minutos se incluyó la temperatura de esos músculos en el momento de cada valoración como covariable.

$$Y_{jk} = \beta_2(Tm_{jk} - Tm_{..}) + \mu + D_j + M_k + \varepsilon_{l(jk)}$$

### 7.3.3.- ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL

El modelo general utilizado para el análisis de resultados de los conejos sometidos a mezcla con animales desconocidos fue el siguiente:

$$Y_{jkl} = \mu + D_j + M_k + \varepsilon_{l(jk)}$$

Con el mismo modelo se realizaron todos los contrastes, entre ambas densidades con el grupo de conejos sometidos a manejo y la comparación entre ambas densidades.

Siguiendo el mismo criterio aplicado en el análisis para el estrés térmico, se incluyó en el modelo la covariable peso previo a la prueba de estrés para el análisis del peso del hígado y de la concentración de glucógeno hepático y muscular, resultando el modelo siguiente:

$$Y_{jk} = \beta_3(Pp_{jk} - Pp_{..}) + \mu + D_j + M_k + \varepsilon_{l(jk)}$$

Para el análisis estadístico del pH en el tiempo 0 y 45 minutos se incluyó como covariable en el modelo la temperatura de esos músculos en el momento de valoración.

$$Y_{jk} = \beta_2(Tm_{jk} - Tm_{..}) + \mu + D_j + M_k + \varepsilon_{l(jk)}$$

#### 7.3.4.- ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA

En la comparación entre el grupo de conejos sometidos a cambio de jaula y los sometidos a manejo, se realizó un análisis de varianza de una vía según el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + C_{j_i} + \varepsilon_{i(j)}$$

Para el análisis del peso hepático y de las concentraciones de glucógeno hepático y muscular, se incluyó como covariable en el modelo el peso previo a la prueba de estrés.

$$Y_{ij} = \beta_3(Pp_{ij} - Pp_{..}) + \mu + C_{j_i} + \varepsilon_{i(j)}$$

La temperatura muscular en el tiempo 0 y 45 minutos se incluyó en el modelo de análisis del pH para esos dos tiempos como covariable.

$$Y_{ij} = \beta_2(Tm_{ij} - Tm_{..}) + \mu + C_{j_i} + \varepsilon_{i(j)}$$

#### 7.4.- TRANSPORTE COMERCIAL Y PRUEBAS DE ESTRÉS

Para el análisis estadístico de las comparaciones entre los grupos de conejos transportados y los sometidos a las distintas pruebas de estrés en laboratorio se utilizó la comparación de medias por el test de Student-Newnam-Keuls.

## ***RESULTADOS Y DISCUSIÓN***

---

## 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.- TRANSPORTE COMERCIAL

#### 1.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

En la tabla 4.1. aparecen reflejados las comparaciones de medias para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades de carga (alta y baja) con respecto a los conejos que fueron sometidos solo al manejo previo al sacrificio y en la tabla 4.2. se muestran el análisis de varianza para los dos factores principales, época de transporte y densidad de carga, de los parámetros sanguíneos estudiados

Tabla 4.1.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Verano		Invierno		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
Cortisol (ng/ml)	3,74 <sup>y</sup>	3,35 <sup>y</sup>	1,99	2,13	1,31	1,50	**	NS	*	*
CK (U/l)	2314,96	2047,22	1582,80 <sup>x</sup>	1253,12 <sup>y</sup>	2323,75	665,14	NS	**	NS	*
LDH (U/l)	651,44 <sup>y</sup>	838,78	432,17 <sup>z</sup>	339,32 <sup>z</sup>	1081,43	329,26	*	***	***	***
Lactato (mmol/l)	30,62 <sup>z</sup>	32,32 <sup>z</sup>	15,19 <sup>z</sup>	19,19 <sup>z</sup>	71,80	11,64	***	***	***	***
Glucosa (mg/dl)	119,61 <sup>z</sup>	113,91 <sup>z</sup>	101,40 <sup>z</sup>	78,84 <sup>z</sup>	278,29	33,95	***	***	***	***
Hematocrito (%)	37,53 <sup>x</sup>	36,61 <sup>x</sup>	35,20	38,35 <sup>y</sup>	32,39	4,03	*	*	*	**
Osmolaridad (mOsmol/l)	320,05 <sup>z</sup>	308,30 <sup>y</sup>	286,55	283,34	273,95	21,07	***	NS	**	*
Albúminas (g/dl)	2,91	3,05	2,85	3,00	2,83	0,71	NS	NS	NS	NS
Globulinas (g/dl)	2,11	2,14	2,03	2,28	1,89	0,55	NS	NS	NS	NS

<sup>x</sup>, <sup>y</sup> y <sup>z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo (<sup>x</sup> = P<0,05; <sup>y</sup> = P<0,01; <sup>z</sup> = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo  
ES: Error Estándar

El nivel de cortisol sanguíneo de los conejos transportados en verano fue significativamente mayor que el de los conejos sometidos a manejo ( $P < 0,01$ ). Sin embargo, estos niveles no presentan diferencias con respecto a los transportados en invierno. En relación con la densidad de carga, ambas densidades mostraron diferencias significativas con respecto al grupo de animales manejados ( $P < 0,05$ ).

La concentración de las dos enzimas estudiadas, CK y LDH, ha sido significativamente más baja ( $P < 0,01$  y  $P < 0,001$ , respectivamente) en los conejos transportados en invierno que en los animales manejados. En los transportados en verano, la actividad enzimática de la CK no ha mostrado diferencias significativas con respecto a los animales manejados, lo mismo que cuando la densidad de carga fue alta. La actividad de la LDH es significativamente más baja en los conejos transportados en verano a alta densidad que los sometidos a manejo, pero cuando se mira en conjunto el transporte en verano fue significativamente menor ( $P < 0,05$ ).

Las concentraciones de lactato y de glucosa fueron significativamente diferentes ( $P < 0,001$ ) para las dos épocas y densidades con respecto al grupo de animales manejados. El hematocrito es estadísticamente mayor en las dos densidades de transporte realizado en verano y en el de invierno a baja densidad que en los conejos sometidos a manejo, pero estudiando los efectos en conjunto de época y de densidad, las dos épocas y las dos densidades presentan unos valores de hematocrito superiores a los de los conejos manejados ( $P < 0,05$ ).

La osmolaridad sanguínea ha sido significativamente más alta en los conejos transportados en verano que en los animales manejados ( $P < 0,001$ ), mientras que en los transportados en invierno no se han observado diferencias significativas con respecto a los conejos manejados. La osmolaridad sanguínea de los animales bajo las dos densidades de carga han sido superiores que la de los animales sometidos a manejo.

Las proteínas sanguíneas, albúminas y globulinas, no mostraron diferencias significativas ni en cuanto a la época de transporte ni en cuanto a la densidad.

En la comparación entre las dos densidades de carga (tabla 4.2.) no encontraron diferencias en los parámetros sanguíneos, pero sin embargo, si que se observan diferencias significativas muy marcadas entre las dos épocas de transporte, mostrando unos valores más altos en verano que en invierno

para los parámetros de estrés (cortisol), de actividad física (CK, LDH y lactato) y de demanda energética (glucosa), así como en un parámetro muy característico de deshidratación como es la osmolaridad.

Tabla 4.2.- Análisis de varianza de los parámetros sanguíneos estudiados para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja)

	Verano		Invierno		ES	Significación		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Época	Densidad	Interacción
Cortisol (ng/ml)	3,67	3,27	1,87	2,03	1,55	***	NS	NS
CK (U/l)	2287,82	2019,42	1550,78	1221,97	650,66	***	NS	NS
LDH (U/l)	651,39	843,83	469,63	370,09	252,93	***	NS	NS
Lactato (mmol/l)	30,53	32,16	14,62	18,72	8,18	***	NS	NS
Glucosa (mg/dl)	120,48	114,98	103,80	80,97	29,51	***	NS	NS
Hematocrito (%)	37,50	36,57	35,15	38,30	4,27	NS	NS	NS
Osmolaridad (mOsmol/l)	318,68	306,92	285,07	281,89	22,72	***	NS	NS
Albúminas (g/dl)	2,92	3,06	2,85	3,01	0,75	NS	NS	NS
Globulinas (g/dl)	2,09	2,11	1,99	2,24	0,54	NS	NS	NS

Significación: NS: no significativo; \*\*\* P<0,001  
ES: Error Estándar

Los animales transportados en verano se encuentran expuestos a un mayor estrés que los sometidos a manejo, valorado por mostrar un mayor nivel de cortisol. Altos niveles de cortisol están asociados a estrés agudo, siendo más altos al comienzo del transporte, para ir reduciéndose durante el transporte (Cockram *et al*, 1996), por una adaptación al mismo (Knowles *et al*, 1995). Los animales transportados en verano, además mostraron el hematocrito y la osmolaridad más alta que el grupo manejado, indicando que durante el transporte la deshidratación fue más alta, ya que los niveles sanguíneos de proteínas no mostraron diferencias significativas con respecto al grupo de animales manejados.

El parámetro relacionado con la demanda energética celular, la glucosa, fue más baja en los animales transportados, que en el grupo de animales sometidos a manejo. Este hecho puede ser debido por un lado, a la mayor

demanda energética del organismo para hacer frente a la situación de estrés. En un principio, se produce un aumento de la glucosa en sangre por estimulación adrenérgica de la glucogenolisis (Broom, 2000), y estimulación de la gluconeogénesis por los glucocorticoides (cortisol) (Abdelatif y Modawi, 1994), que se agotan a medida que va transcurriendo el transporte. Por otro lado, los animales transportados estuvieron sometidos a un ayuno de 4 hora y media mientras que los manejados no estuvieron sometidos a ayuno. Este hecho también contribuye a que los conejos manejados presenten unos niveles de glucosa en sangre más elevados, debido a la posible hiperglucemia postprandrial (Plaza Carrión, 1996), que los normales para la especie, que se establecen entre 70 y 160 mg/dl (Kozman *et al*, 1974), encontrándose dentro de la normalidad los valores de los conejos transportados.

El menor nivel de lactato de los conejos transportados frente a los sometidos a manejo esta unido a ese menor nivel de LDH, ambos parámetros muy relacionados, por ser la LDH la enzima la encargada de metabolizar el lactato, y que están relacionados con el estrés físico (Weeding *et al*, 1993, Warriss *et al*, 1994). Lo mismo que la CK, que también se encuentra relacionada con el estrés físico, y que es liberada al torrente sanguíneo cuando el tejido muscular esta dañado. Así, podemos comprobar que el estrés físico que supone a los animales el manejo es más alto que en los transportados, que aunque han sido sometidos al mismo estrés al comienzo del transporte, durante la carga, estos ya se han recuperado al final del transporte y durante la espera en el matadero, donde son sacrificados directamente desde la jaula de transporte.

Sin embargo los conejos transportados en la época de verano, presentan unos niveles de CK que no difieren significativamente a los de los animales manejados, aunque algo más bajos, lo mismo que la LDH para los animales transportados en verano a baja densidad tampoco hay diferencias significativas con respecto a los animales manejados. Este hecho puede deberse a que los animales transportados en verano no se produce el descenso a unos niveles basales tras el manejo durante la carga, debido a que no hubo acostumbramiento al transporte.

Los parámetros sanguíneos encontrados más altos en los animales transportados en verano nos indican que están sometidos a un estrés mayor que los transportados en invierno. Este hecho es debido, en primer lugar como consecuencia de la temperatura a que son sometidos los animales durante el transporte. En verano, la temperatura mínima fue de 29 °C y la máxima de 42,7 °C,

a estas temperaturas se produce un estrés térmico que conlleva a una mayor liberación de cortisol en sangre, para estimular la gluconeogénesis y cubrir las demandas energéticas del organismo ante esta situación de estrés, aumentando la cantidad de glucosa en sangre incluso después de un periodo de ayuno de 4 horas y media (Abdelatif y Modawi, 1994).

La actividad enzimática de la CK y LDH se encuentra aumentada también por el efecto de la época de transporte, asociado principalmente a la temperatura de transporte (Abdelatif y Modawi, 1994). El lactato según estos autores también se encuentra elevado debido a la temperatura como consecuencia del trabajo que tienen que realizar los animales para el jadeo. Este aumento en el ácido láctico indica la incapacidad de la circulación sanguínea para suministrar suficiente oxígeno al músculo que lo está demandando y se produce la oxidación anaerobia de la glucosa, que además en estos animales se encuentra aumentada por la demanda energética muscular (Abdelatif y Modawi, 1994).

La temperatura media en el camión durante el transporte realizado en verano, al ser más alta que la de invierno (35,8 y 13,9 °C, respectivamente), provoca una hemoconcentración asociada a un aumento en la pérdida de calor evaporativo, pero que no se ve reflejado ni en el hematocrito ni en la concentración de proteínas, pero que se observa en la osmolaridad asociada por un lado a la pérdida de agua en plasma y al aumento de los constituyentes osmóticos de la sangre (sodio, urea y glucosa). Este hallazgo también fue encontrado por Abdelatif y Modawi (1994), que en conejos sometidos a estrés térmico, no encontraron variación en el hematocrito ni en la concentración proteica sanguínea, pero sí en la osmolaridad.

Los valores de hematocrito tanto en los grupos de conejos transportados como en el grupo de sometidos a manejo, se encuentran dentro de la normalidad de este parámetro, ya que aunque existe una gran discrepancia entre diferentes autores, el rango encontrado por Kozma y cols. (1974) en una revisión de parámetros sanguíneos de conejos de laboratorio está entre 29,8 y 42,7%. Sin embargo, Abdelatif y Modawi (1994) cifraron como normal para conejos un valor de hematocrito de  $37,4 \pm 1,5$  %, lo cual daría como normal el valor encontrado para los conejos transportados pero muy por encima del obtenido para el grupo de animales manejados. Estas diferencias en el hematocrito pueden ser causadas por la edad de los animales que en nuestro estudio fueron más jóvenes, presentando un hematocrito menor (Laird *et al*, 1970).

## 1.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE

## 1.2.1.- PÉRDIDAS DE PESO, PESO Y GLÚCOGENO HEPÁTICO, GLÚCOGENO MUSCULAR, HUMEDAD Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) DE LA CARNE

En la tabla 4.3. aparecen reflejadas las comparaciones de medias en las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a manejo y en la tabla 4.4. se presentan el análisis de varianza de los factores estudiados, época de transporte y densidad de carga, para el peso del hígado, la concentración de glucógeno hepático y muscular, así como la humedad y capacidad de retención de agua (CRA) de la carne

Tabla 4.3.- Valores medios y comparaciones del peso del hígado, concentración de glucógeno hepático (Gluc. Hep.) y muscular (Gluc. Musc.), humedad y capacidad de retención de agua (CRA) de la carne para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Verano		Invierno		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
Hígado (g)	58,89 <sup>z</sup>	59,27 <sup>z</sup>	61,69 <sup>y</sup>	62,29 <sup>y</sup>	71,78	7,03	***	**	***	***
Gluc. Hep. (mg/g tejido)	311,94 <sup>z</sup>	382,98 <sup>x</sup>	110,08 <sup>z</sup>	113,09 <sup>z</sup>	468,06	88,31	**	***	***	***
Gluc. Musc. (mg/g tejido)										
30 minutos	4,40 <sup>z</sup>	4,45 <sup>z</sup>	2,70 <sup>z</sup>	2,27 <sup>z</sup>	8,46	1,55	***	***	***	***
24 horas	0,55 <sup>z</sup>	0,58 <sup>z</sup>	0,23 <sup>z</sup>	0,24 <sup>z</sup>	1,66	0,56	***	***	***	***
Variación	3,84 <sup>z</sup>	3,87 <sup>z</sup>	2,47 <sup>z</sup>	2,03 <sup>z</sup>	6,80	1,56	***	***	***	***
Humedad (%)	76,33 <sup>y</sup>	75,98 <sup>z</sup>	76,51 <sup>y</sup>	76,25 <sup>z</sup>	77,18	0,54	***	***	**	***
CRA (%)	38,63	38,23	41,04 <sup>x</sup>	40,51 <sup>x</sup>	35,58	4,96	NS	*	*	NS

<sup>x, y y z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo (<sup>x</sup> = P<0,05; <sup>y</sup> = P<0,01; <sup>z</sup> = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

Podemos observar que el peso de hígado, la concentración de glucógeno hepático y muscular en los dos momentos estudiados, así como la variación en dicha concentración, son menores para los animales transportados que para los

animales sometidos a manejo. La humedad del músculo es mayor en los animales sometidos a manejo que los transportados, mientras que la CRA es mayor en los animales transportados en invierno que los animales sometidos a manejo ( $P<0,05$ ), y comparándolos por densidad, los transportados en densidades altas mostraron una CRA también mayor ( $P<0,05$ ).

Tabla 4.4.- Análisis de varianza de la pérdida de peso, peso del hígado, concentración de glucógeno hepático (Gluc. Hep.) y muscular (Gluc. Musc.), humedad y capacidad de retención de agua (CRA) de la carne para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja)

	Verano		Invierno		ES	Significación		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Época	Densidad	Interacción
Pérdida de peso (g)	61,19	63,00	80,47	72,66	20,89	*	NS	NS
Prop. pérd. (%)	3,18	3,25	4,35	3,89	1,15	*	NS	NS
Hígado (g)	59,45	59,84	62,08	62,69	6,72	NS	NS	NS
Gluc. Hep. (mg/g tejido)	321,32	392,39	120,04	123,03	89,53	***	NS	NS
Gluc. Musc. (mg/g tejido)								
30 minutos	4,40	4,45	2,64	2,22	1,52	***	NS	NS
24 horas	0,56	0,59	0,21	0,22	0,27	***	NS	NS
Variación	3,84	3,86	2,44	2,00	1,44	**	NS	NS
Humedad (%)	76,30	75,95	76,47	76,21	0,53	NS	NS	NS
CRA (%)	38,97	38,58	41,46	40,92	5,25	NS	NS	NS

Significación: NS: no significativo; \*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; \*\*\*  $P<0,001$

ES: Error Estándar

La pérdida de peso, tanto en gramos como en porcentaje del peso inicial, esta afectado por la época de transporte ( $P<0,05$ ). Esta pérdida es mayor en los animales transportados en invierno que en verano. La concentración de glucógeno hepático y muscular en los dos tiempos valorados, 30 minutos y 24 horas, es mayor en los animales transportados en verano que en los transportados en invierno ( $P<0,001$ ) y la variación en la concentración de glucógeno entre ambos momentos es mayor también en los animales transportados en verano que en los transportados en invierno ( $P<0,05$ ).

El peso de hígado, la humedad y la CRA de la carne no se encontró afectada por la época de transporte. La densidad de carga no afectó a ninguno de los parámetros presentados en la tabla 4.4.

Las pérdidas de peso obtenidas durante las dos épocas de transporte son similares a las encontradas por Luzi y cols. (1994), pero ellos no encontraron diferencias en las pérdidas de peso entre las cuatro épocas estudiadas (otoño, invierno, primavera y verano), aunque cifran el porcentaje de pérdida de peso en un 3,9 % de media. La pérdida de peso que encontraron Masoero y cols. (1992) fue de un 2,2 % en animales transportados durante dos horas.

Aplicando la fórmula propuesta por Ashby (1980) para el cálculo de la pérdida de peso por ayuno, la pérdida en los conejos de nuestra experiencia sería de 1,37 %, más baja que la que hemos observado en nuestros animales, coincidiendo con Jolley (1990), quién también encontró una subestimación en la pérdida de peso aplicando la fórmula de Ashby (1980). Purdue (1984) calculó una pérdida de peso de 3,5 % para conejos transportados durante 6 horas.

La reducción en el peso del hígado se debe principalmente al ayuno al que están sometidos los animales transportados en comparación con los sometidos a manejo, que no estuvieron sometidos a ningún ayuno. La pérdida media de peso hepático ha sido en nuestro estudio de 15,7 %. Esta reducción en el peso hepático está en consonancia con las pérdidas encontradas por otros autores, así Purdue (1984) encontró una reducción del peso hepático de un 8,9 % en conejos sometidos sólo a ayuno de 6 horas, pero cuando ese ayuno estuvo producido por un transporte de 6 horas, la pérdida de peso hepático llegó al 24,7 %. Coppings y cols. (1989) encontraron una pérdida de peso hepático en animales sometidos a 12 horas de ayuno, tanto de agua como de alimento, de un 40 %. En ambos estudios los pesos de los conejos utilizados fueron mayores a los utilizados en el nuestro (2,2 y 2 Kg frente a los nuestros de 1,8 Kg), estas diferencias de peso de los animales afectan al peso del hígado y pueden explicar las diferentes pérdidas de peso por el ayuno y el transporte.

La concentración de glucógeno hepático es más baja en los animales sometidos a transporte que en los manejados, esto es debido a que el estrés del transporte provoca una liberación de cortisol, como se ha visto en la tabla 4.1., y este cortisol induce a la glucogenolisis hepática para cubrir las demandas de glucosa en el organismo. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Jolley (1990), que describió reducciones del glucógeno hepático del 22,5 y 60 % en transportes de 6 y 24 horas respectivamente. Aunque este mismo autor encontró que la reducción de glucógeno hepático en animales sometidos a ayuno de 6 a 12 horas podía llegar al 80 %.

La concentración de glucógeno muscular también estuvo afectada por el transporte, así, ambas épocas de transporte y densidades produjeron una

reducción en el glucógeno muscular en comparación con el grupo de conejos sometidos a manejo ( $P < 0,001$ ). Esta reducción se observó tanto en el glucógeno tras el sacrificio (30 minutos) como en el de las 24 horas, y la diferencia de la concentración de glucógeno entre ambos momentos fue menor para los animales transportados. El transporte tiene un efecto más pronunciado sobre esta pérdida de glucógeno muscular que el ayuno a que están sometidos los animales (Hulot y Ouhayoun, 1999). Jolley (1990) encontró que el glucógeno muscular pasaba de 15,54 a 8,23  $\mu\text{mol}$  de glucosa / g de tejido muscular durante un transporte de 24 horas, mientras que solo se reducía a un 10,97  $\mu\text{mol}$  de glucosa / g de tejido muscular en ayuno por el mismo periodo de tiempo, 24 horas.

Con relación a la humedad de la carne, los conejos transportados presentaron menor porcentaje de humedad, debido a la movilización de agua del tejido muscular al torrente circulatorio, por el ayuno hídrico a que están sometidos los animales durante el transporte. La CRA solamente es mayor en los animales transportados en invierno ( $P < 0,05$ ).

Los conejos transportados en invierno, mostraron una concentración de glucógeno más baja, tanto en el hígado como en el músculo. Esta menor concentración se debe a que en un principio se encuentra estimulada la glucogenolisis por una acción adrenérgica (Broom, 2000), además de encontrarse inhibida la secreción de insulina por el estrés térmico (Abdelatif y Modawi, 1994). Los conejos transportado en invierno presentaron una mayor demanda energética para hacer frente al transporte que los transportados en verano, causándoles una reducción en las concentraciones de glucógeno hepático y muscular.

Warriss y cols. (1999) encontraron que en pollos transportados a matadero en dos épocas, verano e invierno, había un ligero aumento en la concentración de glucógeno hepático en verano respecto al invierno, pero sin ser estadísticamente significativa esa diferencia, sin embargo, a nivel del músculo *bíceps femoris* esas diferencias aunque más pequeñas, 3,7 y 3,9 mg/g de tejido para invierno y verano respectivamente, si que eran significativamente diferentes.

#### 1.2.2.- PH

En la tabla 4.5. se muestran las comparaciones de medias para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades de carga (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo y en la tabla 4.6.

aparecen reflejados el análisis de varianza para los dos factores estudiados, época de transporte y densidad de carga, para el pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*.

Tabla 4.5.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Verano		Invierno		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
<i>Longissimus dorsi</i>										
45 minutos	6,90 <sup>z</sup>	6,89 <sup>z</sup>	6,37	6,31	6,44	0,21	***	NS	*	NS
24 horas	5,75	5,73	5,82	5,81	5,83	0,16	NS	NS	NS	NS
Variación	1,08 <sup>z</sup>	1,00 <sup>y</sup>	0,68	0,57	0,65	0,23	***	NS	*	NS
<i>Semitendinosus</i>										
45 minutos	6,63 <sup>x</sup>	6,61 <sup>x</sup>	6,47	6,26	6,39	0,19	*	NS	NS	NS
24 horas	5,94	5,98	6,00	5,93	6,06	0,20	NS	NS	NS	NS
Variación	0,71 <sup>y</sup>	0,69 <sup>y</sup>	0,41	0,30	0,33	0,25	**	NS	*	NS

<sup>x</sup>, <sup>y</sup> y <sup>z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo ( <sup>x</sup> = P<0,05; <sup>y</sup> = P<0,01; <sup>z</sup> = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

El pH muscular a los 45 minutos fue más alto en animales transportados en verano en ambos músculos que en los animales sometidos a manejo (P<0,001 y P<0,05 para el *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* respectivamente), mientras que no hay diferencias significativas para los transportados en invierno. El pH a las 24 horas no muestra diferencias significativas entre los conejos transportados y los animales sometidos a manejo. La variación de pH fue también mayor en los conejos transportados en verano para ambos músculos.

Tabla 4.6.- Análisis de varianza del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja)

	Verano	Invierno	ES	Significación
--	--------	----------	----	---------------

	Alta	Baja	Alta	Baja		Época	Densidad	Interacción
<i>Longissimus dorsi</i>								
45 minutos	6,87	6,83	6,41	6,34	0,19	***	NS	NS
24 horas	5,75	5,74	5,83	5,82	0,17	NS	NS	NS
Variación	1,07	1,00	0,68	0,57	0,19	***	NS	NS
<i>Semitendinosus</i>								
45 minutos	6,61	6,59	6,47	6,26	0,20	**	NS	NS
24 horas	5,95	5,98	6,01	5,94	0,21	NS	NS	NS
Variación	0,70	0,68	0,40	0,28	0,26	***	NS	NS

Significación: NS: no significativo; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001  
ES: Error Estándar

El pH a los 45 minutos tras el sacrificio fue más alto en los animales transportados en verano que en los transportados en invierno para los dos músculos estudiados. La caída del pH entre los 45 minutos y las 24 horas también fue mayor para los animales transportados en verano frente a los transportados en invierno.

Dal Bosco y cols. (1997) encontraron que los animales sometidos a un transporte largo de 400 Km presentaban un valor de pH inicial más alto en los músculos *Bíceps femoris* y *Longissimus lumborum* que los sometidos a un transporte corto de 15 Km.

El músculo *Longissimus dorsi* es un músculo de tipo glicolítico, con una gran capacidad de acumulación de glucógeno esto hace que el pH inicial sea más alto en comparación el pH inicial de músculo *Semitendinosus*, que es de tipo intermedio pero con un mayor metabolismo oxidativo. Estas características metabólicas provocan que el pH final sea más bajo en el músculo *Longissimus dorsi* que en el *Semitendinosus* (Hulot y Ouhayoun, 1999).

El menor pH de los conejos transportados en invierno fue causado por el consumo de glucógeno y la transformación en ácido láctico que provocó un pH inicial más bajo, y el final más alto por falta de glucógeno para provocar la acidificación adecuada el músculo.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores tanto en conejos como en otras especies. Así, Biondi y cols. (1990) observaron un pH más alto a los 15 minutos y a las 24 horas tras sacrificio en el *Cuadriceps femoris* en conejos sometidos a fatiga y a ayuno de dos horas previo al

sacrificio, comparado con un grupo control sin ayuno y sin ser fatigados previo al sacrificio.

En cerdos, el pH muscular a los 45 minutos en el músculo *Semimembranosus* fue mayor en los animales sometidos a 24 °C con duchas cada media hora que los animales mantenidos a temperatura de 16 °C (6,7 frente a 6,6 respectivamente) (Lambooy *et al*, 1987). Igualmente, Guise y Warriss (1989) encontraron en ganado porcino que el pH en el músculo *Semimembranosus* a los 45 minutos *post-mortem* era mayor en los animales transportados en tiempo caluroso que en tiempo frío.

### 1.2.3.- COLOR DE LA CANAL

La tabla 4.7. muestra las comparaciones de medias para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo y la tabla 4.8. presenta el análisis de varianza de los factores estudiados, época de transporte y densidad de carga, de los parámetros de color de la canal.

La luminosidad ( $L^*$ ) de la canal es menor tanto a los 30 minutos como a las 24 horas en los animales transportados que en los sometidos a manejo. El índice de rojo ( $a^*$ ) a los 30 minutos no muestra diferencias significativas entre los cuatro grupos transportados y los manejados, pero si que se observaron al mirar los datos por factor, los transportados en invierno tienen un índice de rojo más alto que los manejados y lo mismo que los transportados a alta densidad ( $P < 0,05$ ). A las 24 horas se observan diferencias muy marcadas entre los conejos transportados en verano y los sometidos a manejo ( $P < 0,001$ ), pero no se muestran diferencias los transportados en invierno con respecto a los conejos manejados. El transporte tanto a alta como a baja densidad de carga provocó que el índice fuera mayor en para los individuos sometidos a manejo ( $P < 0,01$ ).

El índice de amarillo ( $b^*$ ) fue más alto en los animales transportados en verano a los 30 minutos *post-mortem* que en los sometidos a manejo, suprimiéndose estas diferencias a las 24 horas.

Tabla 4.7.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Verano		Invierno		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
<b>30 minutos</b>										
L*	58,96 <sup>y</sup>	59,67 <sup>x</sup>	57,34 <sup>z</sup>	57,45 <sup>z</sup>	63,10	3,17	**	***	***	**
a*	1,48	1,02	1,45	1,41	0,17	1,50	NS	*	*	NS
b*	-5,30 <sup>z</sup>	-5,81 <sup>z</sup>	-9,98	-8,99	-10,97	2,37	***	NS	**	***
C*	6,78 <sup>y</sup>	6,72 <sup>y</sup>	10,08	9,16	10,81	1,70	***	NS	**	***
H*	-26,93	14,32	-33,81	-36,09	-26,36	63,60	NS	NS	NS	NS
<b>24 horas</b>										
L*	51,25 <sup>z</sup>	50,07 <sup>z</sup>	53,75 <sup>z</sup>	53,94 <sup>z</sup>	57,84	1,81	***	***	***	***
a*	8,33 <sup>z</sup>	8,50 <sup>z</sup>	5,13	5,17	4,04	2,15	***	NS	**	**
b*	3,86	3,73	2,42	2,80	2,13	2,16	NS	NS	NS	NS
C*	9,45 <sup>y</sup>	9,65 <sup>y</sup>	5,81	5,97	4,70	2,59	***	NS	**	**
H*	18,34	13,75	22,92	26,36	25,21	15,47	NS	NS	NS	NS
<b>Variación</b>										
L*	7,64	9,45 <sup>x</sup>	3,49	3,41	5,15	3,83	*	NS	NS	NS
a*	-6,77 <sup>y</sup>	-7,50 <sup>y</sup>	-3,65	-3,73	-3,85	1,92	***	NS	NS	*
b*	-9,05 <sup>z</sup>	-9,58 <sup>y</sup>	-12,35	-11,73	-13,06	2,25	***	NS	*	*
C*	-2,75 <sup>z</sup>	-2,88 <sup>z</sup>	4,24	3,15	6,08	3,63	***	NS	**	***
H*	-46,41	-1,15	-58,45	-63,60	-52,72	69,33	NS	NS	NS	NS

x, y y z indican diferencias con los animales sometidos a manejo (x = P<0,05; y = P<0,01; z = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo; L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ; H\*: Tono =  $\arctan(b^* / a^*)$

ES: Error Estándar

La saturación o cromaticidad (C\*) fue mayor (P<0,001) en los dos momentos de valoración para los conejos transportados en verano que para los animales manejados. La densidad de carga también mostró diferencias entre los transportados y los sometidos a manejo para las dos densidades de carga.

El tono (H\*) no presenta diferencias significativas entre los conejos transportados y los sometidos a manejo.

Tabla 4.8.- Análisis de varianza de los parámetros de color de la canal para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja)

	Verano		Invierno		ES	Significación		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Época	Densidad	Interacción
<b>30 minutos</b>								
L*	59,14	59,86	57,54	57,66	3,35	NS	NS	NS
a*	1,39	0,93	1,37	1,33	1,59	NS	NS	NS
b*	-5,42	-5,94	-10,15	-9,15	2,53	***	NS	NS
C*	6,88	6,82	10,21	9,28	1,81	***	NS	NS
H*	-24,07	17,19	-32,09	-34,38	61,88	NS	NS	NS
<b>24 horas</b>								
L*	51,32	50,14	53,78	53,98	1,92	***	NS	NS
a*	8,22	8,38	4,96	5,02	2,28	***	NS	NS
b*	3,76	3,62	2,28	2,66	2,25	NS	NS	NS
C*	9,32	9,48	5,69	5,78	2,73	***	NS	NS
H*	17,76	13,18	22,35	25,79	16,04	NS	NS	NS
<b>Variación</b>								
L*	7,74	9,57	3,64	3,56	4,03	**	NS	NS
a*	-9,76	-7,46	-3,57	-3,65	2,02	***	NS	NS
b*	-9,06	-9,59	-12,38	-11,75	2,36	***	NS	NS
C*	-2,53	-2,63	4,57	3,47	3,85	***	NS	NS
H*	-42,98	1,72	-56,15	-61,31	67,04	NS	NS	NS

Significación: NS: no significativo; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001

L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ;

H\*: Tono =  $\arctan(b^* / a^*)$

ES: Error Estándar

La luminosidad de la canal (L\*) a los 30 minutos tras el sacrificio no muestra diferencias, pero sí a las 24 horas, donde las canales de los animales transportados en verano tiene un menor valor L\* (P<0,001) dando canales más oscuras y la diferencia entre el momento inicial (30 minutos) y el final (24 horas) es mayor en los conejos transportados en verano que en invierno (P<0,01).

En el caso del índice de rojo (a\*) no se observaron diferencias entre las dos épocas de transporte para el momento 30 minutos, pero si a las 24 horas tras el sacrificio, siendo más alto el valor para las canales de los animales transportados en verano (p<0,001) y se ha producido un aumento más significativo entre los dos tiempos para los animales transportados en verano (P<0,001).

El índice de amarillo ( $b^*$ ) fue mayor a los 30 minutos para los transportados en verano ( $P < 0,001$ ), mientras los valores se igualaron en a las 24 horas y la variaciones fue mayor para las canales procedentes de animales transportados en invierno ( $P < 0,001$ ).

La cantidad de color de la canal ( $C^*$ ) fue mayor para los animales transportados en invierno los 30 minutos ( $P < 0,001$ ), pero se invierte a las 24 horas, teniendo mayor intensidad en las canales procedentes de animales transportados en verano. La variación en la cantidad de color, mientras que en los transportados en invierno disminuye en los de verano aumentó, mostrando diferencias significativas ( $P < 0,001$ ). No se observaron diferencias en cuanto al tono de la canal ( $H^*$ ) en los diferentes momentos ni en la variación entre los dos tiempos de valoración.

La medida del color de la canal es interesante valorarla ya que en conejos se vende la canal entera, no como en el caso de vacuno, corderos o cerdos (Pla *et al*, 1996). A los 30 minutos *post-mortem* la canal de en los conejos transportados fue más oscura por tener un valor  $L^*$  más bajo que las canales de los sometidos a manejo, lo que le da menor luminosidad, y al mismo tiempo tener un índice de amarillo ( $b^*$ ) más alto. Cuando se valoró el color de la canal a las 24 horas observamos que la luminosidad sigue siendo mayor en los sometidos a manejo y que el índice de rojo ( $a^*$ ) fue menor, obteniéndose como resultados canales más oscuras en los animales sometidos a transporte, causado por la fatiga del mismo.

Con relación a la cantidad de color ( $C^*$ ) fue mayor en un principio para los manejados, pero al refrigerarse y producirse la transformación del tejido muscular en carne, la canal de los animales transportados en verano posee una mayor cantidad de color a las 24 horas y un aumento de la cantidad del mismo entre los dos tiempos, dando como resultado canales más oscuras.

En definitiva, encontramos que aunque las canales procedentes de animales transportados en verano fueron más claras al principio,  $b^*$  más alto y  $C^*$  más bajo, a las 24 horas se produce una inversión, resultando canales más oscuras y rojizas,  $L^*$  más bajo,  $a^*$  y  $C^*$  más alto.

Por otro parte, no se encontró ningún efecto significativo de la densidad durante el transporte para los parámetros de color de la canal estudiados.

#### 1.2.4.- COLOR DE LA CARNE

La tabla 4.9. presenta las comparaciones de medias para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y para las dos densidades (alta y baja) con respecto al grupo de animales sometidos a manejo y la tabla 4.10. muestra el análisis de varianza de los dos factores estudiados, época de transporte y densidad de carga, para los parámetros de color de la carne.

Tabla 4.9.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la carne para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto los animales sometidos a manejo

	Verano		Invierno		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
<b>30 minutos</b>										
L*	42,67	42,21	43,08	44,07	42,95	1,97	NS	NS	NS	NS
a*	3,58 <sup>y</sup>	3,47 <sup>y</sup>	4,88	4,57	5,20	1,10	**	NS	*	*
b*	0,84 <sup>z</sup>	0,91 <sup>y</sup>	1,68	2,16	1,83	0,56	***	NS	*	NS
C*	3,72 <sup>z</sup>	3,61 <sup>z</sup>	5,22	5,14	5,51	1,04	***	NS	*	*
H*	12,03	13,75	21,20	26,93	20,06	8,59	NS	NS	NS	NS
<b>24 horas</b>										
L*	54,19 <sup>y</sup>	54,08 <sup>y</sup>	52,60 <sup>z</sup>	52,22 <sup>z</sup>	58,89	3,25	**	***	***	***
a*	3,10 <sup>y</sup>	3,31 <sup>x</sup>	4,30	3,86	4,74	1,19	**	NS	*	*
b*	0,79 <sup>z</sup>	1,00 <sup>z</sup>	1,11 <sup>y</sup>	0,83 <sup>z</sup>	2,32	0,79	***	***	***	***
C*	3,37 <sup>y</sup>	3,59 <sup>y</sup>	4,52	4,02 <sup>x</sup>	5,35	1,18	***	*	**	**
H*	17,19	18,34	14,33	13,75 <sup>x</sup>	25,21	12,03	NS	*	NS	NS
<b>Variación</b>										
L*	-11,53 <sup>x</sup>	-11,87 <sup>x</sup>	-9,52 <sup>y</sup>	-8,15 <sup>z</sup>	-15,95	4,11	*	***	**	**
a*	0,45	0,15	0,58	0,71	0,46	0,82	NS	NS	NS	NS
b*	0,05	-0,09	0,57 <sup>y</sup>	1,32 <sup>z</sup>	-0,49	1,04	NS	**	NS	*
C*	0,35	0,02	0,70	1,10 <sup>x</sup>	0,15	0,94	NS	NS	NS	NS
H*	-5,16	-4,01	6,88	13,18 <sup>y</sup>	-4,58	13,75	NS	**	NS	NS

<sup>x, y y z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo (<sup>x</sup> = P<0,05; <sup>y</sup> = P<0,01; <sup>z</sup> = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo; L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ; H\*: Tono =  $\arctan(b^* / a^*)$

ES: Error Estándar

Los índices de rojo ( $a^*$ ), amarillo ( $b^*$ ) y la cromaticidad ( $C^*$ ) fueron mayores en los animales manejados que en los transportados en verano, a los 30 minutos tras el sacrificio, no observándose diferencias entre los transportados en invierno y los manejados para ningunos de los parámetros de color en este momento. La densidad de carga también presenta diferencias para estos tres parámetros, mostrando los transportados en alta densidad unos valores más bajos ( $P < 0,05$ ), mientras que los transportados en baja densidad muestran valores más bajos que los manejados en el índice de rojo y en la cromaticidad ( $P < 0,05$ ).

A las 24 horas se observan mayores diferencias entre los conejos transportados y los manejados. En este sentido, la luminosidad ( $L^*$ ) y el índice de amarillo fueron menores en los transportados que en los sometidos a manejo.

El índice de rojo ( $a^*$ ) a las 24 horas fue menor ( $P < 0,01$ ) para los transportados en verano que para los sometidos a manejo y las dos densidades presentan diferencias significativas con respecto los animales manejados ( $P < 0,05$ ).

La saturación del color ( $C^*$ ) a las 24 horas es menor para los animales transportados tanto en verano ( $P < 0,001$ ) como en invierno ( $P < 0,05$ ), pero al analizar por grupos, los animales transportados en invierno a alta densidad, muestran no tener diferencias significativas con el grupo de conejos sometidos a manejo.

Se observó que los parámetros de color de la carne a los 30 minutos tras el sacrificio de los animales transportados en verano, fueron más bajos que los transportados en invierno, excepto para la luminosidad, para la que no se observaron diferencias significativas.

Cuando la carne se refrigeró 24 horas, estas diferencias observadas en un principio se redujeron, y solo se mantuvo la diferencia significativa entre las dos épocas de transporte para el índice de rojo, que sigue siendo más alto para los transportados en invierno que en los transportados en verano ( $P < 0,05$ ).

En cuando a la variación entre los dos momentos estudiados, se observa que al partir de unos valores diferentes a los 30 minutos, pero que se igualan a las 24 horas, las variaciones son diferentes entre las los época de transporte. Lo más significativo es el incremento de la luminosidad muscular, es mayor en los animales transportados en verano que los de invierno ( $P < 0,05$ ), sin mostrar

diferencias significativas entre las dos épocas para los valores a los 30 minutos y a las 24 horas.

Tabla 4.10.- Análisis de varianza de los parámetros de color de la carne para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja)

	Verano		Invierno		ES	Significación		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Época	Densidad	Interacción
<b>30 minutos</b>								
L*	42,62	42,16	42,97	43,97	2,08	NS	NS	NS
a*	3,62	3,50	4,95	4,63	1,17	**	NS	NS
b*	0,85	0,92	1,70	2,18	0,60	***	NS	NS
C*	3,75	3,65	5,29	5,20	1,10	***	NS	NS
H*	12,61	14,33	21,20	26,93	9,17	***	NS	NS
<b>24 horas</b>								
L*	54,09	53,96	52,36	52,00	3,42	NS	NS	NS
a*	3,13	3,34	4,35	3,91	1,26	*	NS	NS
b*	0,78	0,98	1,06	0,79	0,82	NS	NS	NS
C*	3,40	3,62	4,56	4,06	1,24	NS	NS	NS
H*	17,19	17,76	13,18	12,61	12,61	NS	NS	NS
<b>Variación</b>								
L*	-11,47	-11,80	-9,40	-8,03	4,38	*	NS	NS
a*	0,49	0,16	0,60	0,73	0,80	NS	NS	NS
b*	0,08	-0,06	0,64	1,39	1,07	**	NS	NS
C*	0,35	0,03	0,74	1,14	0,91	*	NS	NS
H*	-4,58	-3,44	7,45	14,33	14,90	**	NS	NS

Significación: NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001

L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ;

H\*: Tono =  $\arctan(b^*/a^*)$

ES: Error Estándar

La variación en el índice de amarillo, la saturación y el tono es muy pequeña en los animales transportados en verano y es significativamente más alta para los animales transportados en invierno.

La carne mostró un menor tono (H\*) a las 24 horas *post-mortem* en los animales transportados en invierno que en los sometidos a manejo (P<0,05),

pero que a su vez fue menor en los transportados a baja densidad en esta misma época. En cuando a la variación del tono entre los dos momentos valorados, encontramos que se produce un ligero aumento en los animales transportados en verano que no es significativamente diferente al también ligero aumento en el tono en los sometidos a manejo. Mientras que en los transportados en invierno se produce un descenso en el mismo que es significativamente diferentes en los animales transportados a baja densidad con respecto a los manejados ( $P < 0,01$ ).

A partir de todas estas observaciones, encontramos que el color de la carne tras el sacrificio en los animales transportados en verano fue menor, siendo una carne más pálida, por tener unos valores de  $a^*$ ,  $b^*$  y  $C^*$  más bajos que los sometidos solamente a manejo, lo mismo que la carne de los animales transportados tanto a alta como a baja densidad, y que se pone de manifiesto a las 24 horas donde la carne presenta, además de menores valores de  $a^*$ ,  $b^*$  y  $C^*$  una menor luminosidad que los sometidos solo a manejo, es decir una carne más pálida. Asimismo, los transportados en invierno mostraron una carne más pálida, pero que es más acentuado en los animales transportados a baja densidad.

Estos resultados ponen de manifiesto que el transporte realizado tanto en verano como en invierno tanto a alta como a baja densidad de carga provoca una disminución en el color de la carne causando que la carne tenga menos brillo y sea más pálida.

El valor menor del índice de rojo a los 30 minutos de los conejos transportados en verano se debe a que presentan un valor del pH más elevado que produce el paso de la oximioglobina, de un color rojo vivo, a mioglobina reducida que tiene un color rojo oscuro (Renerre, 1982). En este sentido, Dalle Zotte, (2002) en una revisión sobre la calidad de la carne de conejo, cita que el transporte provoca una reducción el color de la carne, confirmando nuestros hallazgos.

No existe bibliografía en relación al efecto del estrés sobre los parámetros de color de la carne, pero comparando nuestros resultados con los de otros estudios sobre calidad de la carne de conejos, existe una gran discrepancia. Con relación a la luminosidad, Piles y cols. (2000) encontraron valores más bajos a las 24 horas que los encontrados por nosotros, aunque la cromaticidad fue muy parecida. En el mismo sentido, Hernández y cols (1998) hallaron una luminosidad más baja que a la nuestra, mientras que la cromaticidad y el tono fueron muy similares a nuestros resultados. Sin embargo, Hernández y cols.

(1997) encontraron valores más altos a los observados por nosotros para todos los parámetros de color, excepto para el índice de rojo, que fue similar al nuestro.

Conesa y cols (1990) hallaron valores para los dos índices, de rojo y amarillo, en conejos de la misma raza a la usada en nuestros estudios, más bajos, debido a fueron medidos a las 48 horas tras sacrificio y en muestras que se mantuvieron en refrigeración hasta su valoración. Estos mismos autores, encontraron mayor luminosidad de la carne a la hallada por nosotros.

### 1.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

Los animales sometidos solamente a manejo presentaron mayores niveles sanguíneos de LDH, lactato y glucosa que los que se obtuvieron tras el transporte. Se puede deducir, por lo tanto, que el manejo provocó un incremento de los niveles de estos parámetros, que se van reduciendo conforme avanza el transporte. La concentración en sangre de CK se comporta igual que los parámetros anteriores, con la diferencia que durante el transporte realizado en verano, los niveles de la CK se mantuvieron elevados.

A pesar de que siendo los procesos de carga y descarga los que producen un mayor estrés a los animales, el transporte realizado bajo condiciones de temperatura elevadas parece generar un mayor estrés a los conejos, ya que presentan los niveles de cortisol más elevados

El transporte parece que incrementa los valores de hematocrito frente a los manejados, así como el transporte en verano provoca un aumento de la osmolaridad, lo que pone de manifiesto, por un lado la deshidratación de los transportados, en parte ocasionada por el ayuno hídrico a que fueron sometidos y parece ser acentuada en los conejos transportados en verano.

Los animales sometidos a manejo mostraron una mayor concentración de glucosa en sangre debido a que previo al sacrificio no se les sometió a ayuno, mientras que los conejos transportados se les sometido al ayuno durante el transporte.

Con relación a las reservas de glucógeno, tanto hepáticas como musculares, en los conejos manejados fueron mayores porque el estrés de la carga es muy breve y no produce una variación en los niveles de glucógeno. Sin embargo, cuando observamos los datos de los animales transportados, vemos que el transporte en invierno provocó una reducción de los niveles de

glucógeno hepático y muscular, como consecuencia de la mayor demanda energética de estos animales, causada por la más baja temperatura ambiente durante el transporte que provocó un incremento en la producción de calor, con un mayor desgaste de las reservas energéticas. Al mismo tiempo, el nivel de glucosa en sangre fue menor en estos individuos, y de la misma forma, que pérdida de peso fue mayor.

Cuando observamos el pH de la carne, los animales manejados y los transportados en invierno tuvieron un pH ácido normal para la especie en ese momento, mientras que los conejos transportados en verano mostraron un pH más alto, como consecuencia de la mayor temperatura en el músculo. Aunque se ha reducido el efecto la temperatura introduciéndola en el modelo estadístico como una covariable, su efecto ha provocado un aumento en el pH muscular inicial, para los dos músculos estudiados.

A las 24 horas el pH bajó a unos niveles normales para la especie en todos los grupos, por lo que no hubo diferencias en los transportados entre sí ni con los manejados, pero debido a que los transportados en verano comenzaron con un pH más alto, tuvieron una mayor caída.

La medición del color de la canal es importante en el caso de los conejos, debido a que mientras en las grandes especies de abasto, vacuno, porcino y ovino, se comercializan tras efectuarse el despice, los conejos se ofertan como un conjunto toda la canal. En este sentido, las canales de los conejos sometidos a manejo fueron más claras, brillantes y pálidas (mayor  $L^*$  y  $C^*$ ) que la de los transportados, en los primeros momentos tras el sacrificio, que se puso más de manifiesto a las 24 horas, ya que eran más pálidas y con una menor intensidad de color (mayor  $L^*$  y menor  $C^*$ ).

En todas las canales se produjo una reducción de la luminosidad, desde el sacrificio a las 24 horas, debido a que al medirse sobre la superficie de la fascia muscular, está más hidratada y con una estructura más cerrada que refleja la luz, mientras que transcurridas las 24 horas, se ha oreado y deshidratado y esta fascia presenta una estructura más abierta que refleja menos la luz.

Por otro lado, las canales de los conejos transportados en verano fueron más pálidas que las de los transportados en invierno, pero a las 24 horas se produjo una inversión, resultando unas canales más oscuras (menor  $L^*$  y mayor  $a^*$  y  $C^*$ ). Esta inversión en el color de la canal puede ser debida a la mayor caída de pH entre los dos tiempos que provocan una transformación en los pigmentos de la carne.

Además de valorar el color de la canal, es muy interesante la medición del color de la carne, que es lo que el consumidor va percibir durante la manipulación en casa. Así, la carne procedente de los animales transportados en verano fue más pálida en los momentos posteriores al sacrificio (menor  $a^*$ ,  $b^*$  y  $C^*$ ), debido a que tuvieron un pH más alto. A las 24 horas, hay un aumento de la luminosidad por la bajada del pH entre los dos tiempos. En general la carne de los animales transportados fue pálida y con menos brillo (menor  $L^*$ ,  $b^*$  y  $C^*$ ) que la de los animales solamente manejados.

Como conclusión del transporte comercial a matadero de conejos, podemos afirmar, que el transporte realizado en época estival compromete más el bienestar de los conejos al mostrar éstos una mayor concentración de cortisol sanguíneo y osmolaridad, un pH de la carne inicial alto y un color de la canal y de la carne oscuro y apagado.

## 2.- PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO

### 2.1.- ESTRÉS TÉRMICO

#### 2.1.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

En la tabla 4.11. se presentan las comparaciones de medias para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo y en la tabla 4.12. se muestra el análisis de varianza de los dos factores, situación térmica y densidad de carga, de los parámetros sanguíneos estudiados.

En las dos pruebas que se realizaron con los animales expuestos a calor y alojados en alta densidad, se produjo la muerte durante la experiencia de dos animales en cada prueba de los doce que se alojaron en la jaula, lo que representa un 16,6 % de mortalidad, no siendo ninguno de los conejos muertos, los elegidos a *priori* para formar parte de los análisis posteriores.

El cortisol de los animales alojados en alta densidad y sometidos a calor es significativamente más alto que el de los animales manejados ( $P < 0,01$ ). Por el contrario, los alojados en baja densidad mostraron un nivel de cortisol sanguíneo más bajo que el de los manejados ( $P < 0,05$ ). En general, tanto para los animales expuestos a calor como a frío alojados a baja densidad, mostraron unos niveles de cortisol más bajos que los sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ).

Tabla 4.11.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Calor		Frío		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			Cl vs C	F vs C	A vs C	B vs C
Cortisol (ng/ml)	3,35 <sup>y</sup>	0,60 <sup>x</sup>	1,68	1,33	1,84	1,06	NS	NS	NS	*
CK (U/l)	3702,75 <sup>x</sup>	1678,00	4066,58 <sup>y</sup>	2934,42	2489,25	996,90	NS	*	**	NS
LDH (U/l)	794,58	284,75 <sup>z</sup>	1308,67	1135,42	983,12	332,65	**	NS	NS	*
Lactato (mmol/l)	80,33	60,25	45,33 <sup>z</sup>	42,25 <sup>z</sup>	73,50	16,91	NS	***	NS	**
Glucosa (mg/dl)	251,67	88,75 <sup>z</sup>	220,33 <sup>x</sup>	263,41	269,37	50,17	***	NS	NS	***
Hematocrito (%)	42,28 <sup>z</sup>	39,48 <sup>z</sup>	41,47 <sup>z</sup>	38,40 <sup>z</sup>	32,58	2,62	***	***	***	***
Osmolaridad (mOsm/l)	305,83 <sup>z</sup>	259,50 <sup>z</sup>	289,91	286,41	281,75	10,69	NS	NS	***	*
Albúminas (g/dl)	2,82	2,94	3,25 <sup>z</sup>	3,12 <sup>x</sup>	2,78	0,28	NS	**	*	*
Globulinas (g/dl)	2,09	1,16 <sup>z</sup>	1,30 <sup>y</sup>	1,75	2,05	0,50	*	*	NS	**

<sup>x</sup>, <sup>y</sup> y <sup>z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo (<sup>x</sup> = P<0,05; <sup>y</sup> = P<0,01; <sup>z</sup> = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

Cl: calor; F: frío; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

En cuando a los niveles de actividad enzimática encontramos que los animales expuestos ante las dos situaciones térmicas, calor y frío, en alta densidad mostraron niveles más altos de CK que los sometidos a manejo (P<0,01), y que los conejos expuestos a frío muestran una mayor actividad de la enzima CK que aquellos manejados. Con relación a la otra actividad enzimática estudiada, LDH, se observa que los individuos sometidos a calor presentan una menor actividad de dicha enzima que los manejados y que los conejos en baja densidad expuestos a calor muestran niveles más bajos que los conejos manejados (P<0,001).

La concentración de lactato en sangre es menor en los animales expuestos a frío, en ambas densidades que los animales sometidos a manejo (P<0,001) y en los alojados a baja densidad para ambas situaciones térmicas también es menor (P<0,01). La concentración de glucosa en sangre es significativamente más baja (P<0,001) en los conejos expuestos a calor en baja densidad y para los expuestos a frío en alta que en los manejados.

El hematocrito de todos los grupos expuestos a una de la dos situaciones térmicas mostraron unos niveles más altos que los sometidos a manejo ( $P < 0,001$ ). Por otro lado, la osmolaridad de los animales expuestos a calor y en alta densidad es significativamente más alta ( $P < 0,001$ ) que la de los conejos sometidos a manejo, mientras que para los expuestos a calor en baja densidad, mostraron unos niveles significativamente menores que los conejos manejados ( $P < 0,001$ ).

La concentración de albúminas en sangre es mayor para los animales expuestos a frío que para los sometidos a manejo ( $P < 0,01$ ). Con relación a la densidad de carga, tanto los animales alojados en alta como en baja densidad mostraron un mayor nivel de albúminas en sangre que los conejos sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ).

Por otro lado, la concentración de globulinas es estadísticamente menor en los conejos sometidos a calor en baja densidad y en alta densidad expuestos a frío que en los animales sometidos a manejo.

Tabla 4.12.- Análisis de varianza de los parámetros sanguíneos estudiados para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja)

	Calor		Frío		ES	Significación		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Situación térmica	Densidad	Interacción
Cortisol (ng/ml)	3,34 <sup>c</sup>	0,60 <sup>a</sup>	1,68 <sup>b</sup>	1,33 <sup>ab</sup>	1,05	NS	***	***
CK (U/l)	3702,75	1678,00	4066,58	2934,42	1031,22	**	***	NS
LDH (U/l)	794,58	284,75	1308,67	1135,42	289,75	***	***	NS
Lactato (mmol/l)	80,33	60,25	45,33	42,25	15,88	***	*	NS
Glucosa (mg/dl)	251,67 <sup>b</sup>	88,75 <sup>a</sup>	220,33 <sup>b</sup>	263,42 <sup>b</sup>	50,18	***	***	***
Hematocrito (%)	42,28	39,48	41,47	38,40	2,68	NS	***	NS
Osmolaridad (mOsmol/l)	305,83 <sup>c</sup>	259,50 <sup>a</sup>	289,92 <sup>b</sup>	286,42 <sup>b</sup>	11,00	NS	***	***
Albúminas (g/dl)	2,82	2,94	3,25	3,12	0,24	***	NS	NS
Globulinas (g/dl)	2,09 <sup>b</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	1,75 <sup>b</sup>	0,49	NS	NS	***

<sup>a,b y c</sup> Medias en la misma fila con distinta letra son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) con relación a la interacción  
Significación: NS: no significativo; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$   
ES: Error Estándar

Se observa que la situación térmica tiene un efecto sobre las actividades enzimáticas, siendo más baja para los expuestos a calor que los expuestos a

frío. La concentración de lactato en sangre es mayor en los animales expuestos a calor que para los sometidos a frío ( $P < 0,001$ ), pero en el caso de las albúminas sucede al contrario es más baja en los expuestos a calor ( $P < 0,001$ ).

La densidad de carga también muestra un efecto sobre los parámetros sanguíneos. La actividad enzimática de la LDH y la CK, la concentración de lactato y el hematocrito es mayor en los animales expuestos a ambas situaciones térmicas alojados en alta densidad que para los alojados en baja densidad.

Se aprecia una interacción entre los dos efectos principales, situación térmica y densidad para las concentraciones de cortisol, glucosa y globulinas, así como para osmolaridad.

Los animales sometidos a frío no mostraron diferencias significativas entre las dos densidades a las que fueron alojados para las concentraciones de cortisol y glucosa ni tampoco para la osmolaridad, mientras que si hay diferencias para la concentración de globulinas. Por el contrario, en los expuestos a calor si que se observan diferencias entre los dos densidades para todos los parámetros que presentaron una interacción significativa.

A partir de los datos expuestos, se puede apreciar que los conejos expuestos a calor y alojados en alta densidad muestran un mayor riesgo de amenazada de su nivel de bienestar, primero la mortalidad que se produjo durante las pruebas fue del 16,6 %, tasa de mortalidad alta; y segundo las muestras de deshidratación, aumento en el hematocrito y en la osmolaridad que junto con un mayor nivel de cortisol y una actividad de la CK, implican un mayor daño muscular y posible acidosis metabólica.

Durante el transporte por carretera de animales a matadero, la mortalidad es una de las medidas más objetivas del nivel de bienestar, en este sentido Gregory (1998) indicó que la mortalidad por estrés térmico en transporte de aves y de cerdos era más alta que en ganado vacuno y ovino.

En el transporte de conejos, lo mismo que en de conejos, se transportan gran cantidad de animales confinados en jaulas, que todos ellos en conjunto producen una calor en cantidades considerables. Es por ello, que la exposición de los conejos a calor y alojados en alta densidad, produjera la muerte de animales por golpe de calor cuando la temperatura superó el nivel térmico de tolerancia, provocando un shock circulatorio (Abdelatify Modawi, 1994).

La tasa de mortalidad observada durante la prueba de calor a alta densidad, podría equipararse a la que se puede presentar durante el transporte

comercial de conejos a matadero en verano y cuando el camión se encuentre detenido baja la acción directa del sol. Durante el transporte, la temperatura ambiente en el camión se encuentra reducida por la ventilación natural debida al movimiento del camión, pero que al detenerse el mismo y albergar una gran cantidad de animales la temperatura ambiente puede ascender bastantes grados (Kettlewell *et al*, 1993), pudiendo en algunos casos superar la temperatura crítica y provocar el golpe de calor.

Los conejos sometidos a calor y alojados a alta densidad presentaron una mayor concentración de CK que los conejos manejados. Estos niveles más elevados de CK concuerdan con los hallazgos de Abdelatif y Modawi (1994) que encontraron que las enzimas CK, GOT (glutamato oxalacetato transaminasa) y GPT (glutamato piruvato transaminasa) eran más altas a medida que aumentaba la temperatura corporal de los conejos. Estos resultados según estos autores, eran debidos al daño muscular que se produce en el músculo esquelético y cardiaco. El mayor nivel de esta enzima en sangre se debe al aumento en la permeabilidad de la membrana celular por efecto del cambio en la temperatura corporal (Manjoo *et al*, 1985).

En el caso de los conejos expuestos a calor pero alojados a baja densidad, la presencia de menor número de animales en cada jaula parece que atenuó los efectos del calor, y como resultado su nivel de bienestar se vio menos comprometido, ya que presentaron un menor incremento del hematocrito y de la osmolaridad que en alta densidad. Al mismo tiempo, los niveles de cortisol también fueron inferiores.

A esta densidad baja, los animales podían permanecer tumbados en posición lateral y estirados durante la totalidad de la prueba, por lo que los movimientos dentro de la jaula en busca de la posición adecuada podrían estar reducidas al mínimo. Esto explicaría que los niveles de CK y LDH fueran más bajos que en alta densidad y que en los manejados.

Los animales expuestos a frío y alojados en alta densidad, mostraron una mayor actividad de la CK y una menor concentración de glucosa en sangre, pudiendo atribuirse a la falta de espacio de los animales que provocaría que estos estuvieran más activos.

La CK y la LDH de los individuos alojados a baja densidad fueron igual a la de los animales manejados. La baja densidad no parece empeorar el bienestar de los conejos respecto a los manejados, porque indica que no se ha producido lesión muscular. El hecho de que los conejos permanezcan tumbados durante

la mayor parte del transporte contribuye a que sea menor el esfuerzo muscular, que tienen que realizar para mantener el equilibrio, a diferencia de otros animales como ovejas o cerdos, en los que una baja densidad durante el transporte puede incrementar el esfuerzo y las lesiones musculares al permanecer de pie y tener que mantener el equilibrio.

Las actividades enzimáticas de las dos enzimas estudiadas, fueron superiores en los conejos expuestos a frío y en los alojados a alta densidad. Este hecho nos informa de la mayor fatiga muscular a que fueron sometidos los animales en frío y en alta densidad.

Además la concentración sanguínea de cortisol no varió significativamente respecto a la de los animales sometidos a manejo, por lo que no parece que las temperaturas a las que fueron sometidos les provocasen una situación de estrés.

Los conejos poseen una escasa capacidad de pérdida de calor por la sudoración y jadeo (pérdida de calor evaporativo), además la posibilidad de pérdida de calor por la respiración no es muy eficaz al encontrarse la temperatura ambiente por encima de los 30 °C (Fayez *et al*, 1994). En este sentido se ha descrito un incremento de un 70 % en la frecuencia respiratoria de los conejos en verano frente al invierno (Shafie *et al*, 1982) Los mecanismos de pérdida de calor no evaporativos, además de no ser muy eficaces a estas temperaturas, se ven mermados por la mayor cantidad de animales dentro de la jaula, que les impide a los conejos estirarse para aumentar la superficie corporal y obtener una mayor pérdida de calor por estos sistemas no (radiación, convección y conducción) (Jolley, 1990).

Cuando el jadeo se mantiene durante periodos prolongados, se produce un déficit en CO<sub>2</sub> con una alcalosis respiratoria, pero en algunos casos, cuando la polipnea térmica no es suficiente como para producir la reducción de la temperatura corporal, se desarrolla un shock circulatorio con hipotensión y una acidosis metabólica, con la producción excesiva de ácido láctico (Castaño-Bello, 1995).

En caso de los conejos sometidos a calor, se puede observar que existe una ligera acidosis metabólica, por el aumento de la concentración de ácido láctico en sangre, comparado con los animales expuestos a frío. Cuando se compara con el grupo de conejos manejados, la concentración de ión lactato es similar, pero esto es debido al estrés producido por el manejo que provoca rápidamente la activación adrenérgica de la vía glucogénolítica muscular, ya

que produce energía 2,5 veces más rápido que el sistema oxidativo de producción de energía, aunque solo se puede mantener a máxima capacidad de producción de energía durante 1,3 a 1,6 minutos (Guyton y Hall, 1996).

En los conejos expuestos a frío la respuesta ha sido más parecida entre las dos densidades, con un incremento en el hematocrito y en las albúminas con respecto a los sometidos a manejo, sin que exista un efecto sobre la osmolaridad de la sangre. Este efecto también fue observado por Sutherland y cols. (1958), quienes tras exponer a los animales durante una semana a 4 °C, encontraron un aumento en el hematocrito y en las proteínas totales, pero no en la osmolaridad sanguínea.

Si bien el nivel de hematocrito en los animales sometidos a calor y a frío no presentó diferencias significativas entre ellos, en todos los casos fue superior a los mostrados por el grupo control. En el caso de los conejos sometidos a calor, un incremento en el hematocrito puede relacionarse con proceso de deshidratación que van asociados a estrés por calor.

El efecto de la deshidratación puede agravarse por otras situaciones de estrés. En ternero de 6 meses muy estresados durante el transporte, se produjo un incremento de las proteínas plasmáticas en solo 4 horas (Kent y Ewbank, 1983). Normalmente la deshidratación necesita más tiempo para presentar estos efectos. Mientras que los animales sometidos a frío se produce una vasoconstricción periférica para mantener la temperatura corporal (Gregory, 1998) que incrementa el hematocrito.

Sin embargo, las proteínas totales (suma de albúminas y globulinas) de los conejos sometidos a calor y alta densidad no variaron respecto al grupo de conejos sometidos a manejo, de lo que podíamos inferir que el aumento del hematocrito no sería debido a la deshidratación, sino más bien, un efecto del elevado cortisol que produjo una contracción esplénica y el consiguiente incremento del hematocrito (Ibáñez *et al*, 2002).

Asimismo, el ejercicio en sí mismo también conlleva un incremento del hematocrito, al incrementarse las necesidades de intercambio gaseoso (Gregory, 1998).

El alojamiento a altas densidades derivó en un mayor incremento de las concentraciones de CK, LDH y lactato, así como del hematocrito y de la osmolaridad. De ello se puede deducir que la falta de espacio disponible para adoptar las medidas de comportamiento necesarias para combatir las

situaciones térmicas adversas, acentúa los efectos nocivos de estas, generando una situación de menor bienestar que en las densidades bajas.

## 2.1.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE

### 2.1.2.1.- PÉRDIDAS DE PESO, PESO Y GLÚCOGENO HEPÁTICO, GLÚCOGENO MUSCULAR, HUMEDAD Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) DE LA CARNE

En la tabla 4.13. aparecen reflejados las comparaciones de medias de las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades de carga (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a manejo y en la tabla 4.14. se presenta el análisis de varianza para los dos factores estudiados, situación térmica y densidad de carga, para el peso del hígado, la concentración de glúcogeno hepático y muscular, así como la humedad y capacidad de retención de agua (CRA) de la carne.

Tabla 4.13.- Valores medios y comparaciones del peso del hígado, concentración de glúcogeno hepático (Gluc. Hep.) y muscular (Gluc. Musc.), humedad y capacidad de retención de agua (CRA) de la carne para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Calor		Frío		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			CI vs C	F vs C	A vs C	B vs C
Hígado (g)	68,07	60,24 <sup>z</sup>	45,65 <sup>z</sup>	57,15 <sup>z</sup>	73,49	7,26	**	***	***	***
Gluc. Hep. (mg/g tejido)	98,26 <sup>z</sup>	172,79 <sup>z</sup>	48,40 <sup>z</sup>	240,49 <sup>z</sup>	430,04	97,68	***	***	***	***
Gluc. Musc. (mg/g tejido)										
30 minutos	7,25 <sup>x</sup>	5,56 <sup>z</sup>	4,97 <sup>z</sup>	8,28	8,96	1,57	***	***	***	***
24 horas	0,69 <sup>z</sup>	0,34 <sup>z</sup>	0,39 <sup>z</sup>	0,84 <sup>y</sup>	1,80	0,59	***	***	***	***
Variación	6,56	5,21 <sup>x</sup>	4,57 <sup>z</sup>	7,44	7,17	1,51	NS	NS	*	NS
Humedad (%)	76,21 <sup>z</sup>	75,91 <sup>z</sup>	76,07 <sup>z</sup>	76,45 <sup>y</sup>	77,41	0,74	***	***	***	***
CRA (%)	38,13 <sup>x</sup>	37,66 <sup>x</sup>	40,51 <sup>z</sup>	37,97 <sup>x</sup>	33,31	4,29	*	**	**	*

<sup>x, y y z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo (<sup>x</sup> = P<0,05; <sup>y</sup> = P<0,01; <sup>z</sup> = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

CI: calor; F: frío; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

El peso del hígado fue menor en los animales expuestos a frío, tanto a baja como a alta densidad, que en los sometidos a manejo y en los expuestos a

calor, solamente en los alojados en baja densidad mostraron tener un peso del hígado menor, mientras que la concentración de glucógeno hepático fue menor para todos los grupos ( $P < 0,001$ ) que para los conejos manejados.

En cuanto a la concentración de glucógeno muscular a los 30 minutos, fue menor para todos los grupos excepto para los expuestos a frío en baja densidad con respecto al grupo de animales sometido a manejo. A las 24 horas se observa que la concentración de glucógeno en el músculo fue menor para todos los grupos, tanto los expuestos a frío como a calor y para ambas densidades con relación a los animales manejados. La variación entre los dos momentos fue menor para los sometidos a frío en alta densidad ( $P < 0,001$ ) y sometidos a calor en baja densidad ( $P < 0,05$ ) que en los manejados. Cuando se estudia en conjunto las dos situaciones térmicas encontramos que solamente fue menor en los alojados en alta densidad que en los sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ).

Todos los grupos de animales expuestos a ambas situaciones térmicas y a ambas densidades mostraron una menor humedad ( $P < 0,001$ ) y una mayor CRA de la carne.

Tabla 4.14.- Análisis de varianza de la pérdida de peso, del peso del hígado, humedad muscular, capacidad de retención de agua (CRA) del músculo, concentración de glucógeno hepático (Gluc. Hep.) y muscular (Gluc. Musc.) para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja)

	Calor		Frío		ES	Significación		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Situación térmica	Densidad	Interacción
Pérdida de peso (g)	54,45 <sup>c</sup>	41,00 <sup>b</sup>	13,25 <sup>a</sup>	41,33 <sup>b</sup>	12,10	***	*	***
Prop. pérd. (%)	3,03 <sup>c</sup>	2,14 <sup>b</sup>	0,71 <sup>a</sup>	2,28 <sup>b</sup>	0,63	***	NS	***
Hígado (g)	68,81 <sup>c</sup>	61,03 <sup>b</sup>	46,41 <sup>a</sup>	57,89 <sup>b</sup>	7,08	***	NS	***
Gluc. Hep. (mg/g tej.)	100,34	177,12	51,62	242,79	99,48	NS	***	NS
Gluc. Musc. (mg/g tej.)								
30 minutos	7,30 <sup>b</sup>	5,63 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>	8,33 <sup>b</sup>	1,57	NS	NS	***
24 horas	0,70 <sup>ab</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>	0,33	NS	NS	***
Variación	6,61 <sup>b</sup>	5,25 <sup>a</sup>	4,62 <sup>a</sup>	7,48 <sup>b</sup>	1,38	NS	NS	***
Humedad (%)	76,21	75,91	76,07	76,45	0,76	NS	NS	NS
CRA (%)	38,13	37,66	40,50	37,97	4,50	NS	NS	NS

<sup>a,b y c</sup> Medias en la misma fila con distinta letra son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) con relación a la interacción  
Significación: NS: no significativo; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$   
ES: Error Estándar

La pérdida de peso fue mayor en los animales sometidos a calor en alta densidad mientras que la menor pérdida fue para los animales expuestos a frío en alta densidad. En el caso del peso del hígado los animales que tuvieron un peso más alto fueron para los conejos expuestos a calor alojados en alta densidad y el peso del hígado fue menor para los alojados en alta densidad sometidos a frío. No observándose diferencias ni en la pérdida de peso ni en el peso del hígado entre los dos grupos alojados en baja densidad expuestos a calor o a frío.

La densidad ha mostrado tener un efecto sobre la concentración de glucógeno hepático, siendo más alta en los animales alojados en baja densidad que en los alojados en alta densidad ( $P < 0,001$ ).

A partir de los datos encontrados podemos concluir que los animales expuestos tanto a calor como a frío reducen sus reservas hepáticas de glucógeno, acompañadas de una reducción del peso del hígado, frente al grupo de animales sólo manejados.

El hecho de que los animales alojados en alta densidad presenten una menor concentración de glucógeno hepático se corresponde con la mayor tasa de ejercicio que presentaron los animales en estas condiciones, según quedó reflejado con los resultados de los parámetros sanguíneos estudiados. En este sentido, Lambooy y Engel (1991) encontraron que el índice de actividad era mayor en cerdos alojados en alta densidad y que los de baja densidad se tumbaron más rápidamente tres comenzar el transporte.

La concentración de glucógeno muscular también fue más baja en los animales sometidos a las dos situaciones térmicas que los manejados, lo que indica, por un lado, la mayor actividad de los animales sometidos a estrés térmico, y por otro el ayuno a que fueron sometidos. Los animales expuestos a frío y en alta densidad tuvieron una mayor fatiga muscular, que afectó a las reservas energéticas del hígado y del músculo. Este mayor desgaste de las reservas también fue encontrado por Lambooy y cols. (1987), que observaron que la producción de calor por actividad física era mayor en cerdos sometidos a frío (8 °C) que en cerdos expuestos a calor (24 °C).

Se puede observar que existe una interacción entre los dos factores estudiados, situación térmica y densidad, para la concentración de glucógeno muscular, se observa como entre los dos grupos de alta densidad existen diferencias, lo que nos hace pensar que la actividad muscular de los dos grupos de conejos sometidos a alta densidad fue distinta. Los conejos expuestos a

calor mostraron una concentración alta de glucógeno muscular, pero que puede ser causada por la falta de actividad del músculo *Longissimus dorsi*, y sin embargo el aumento la actividad muscular reflejada por otros parámetros sanguíneos sea debido a la mayor actividad de otros grupos musculares implicados en el jadeo (Tronco cutáneo, Recto abdominal,...). Por otra parte, en los conejos sometidos a frío, los hallazgos de mayor actividad muscular si pueden ser debidos a la mayor actividad del músculo *Longissimus dorsi*, por la mayor actividad física realizada al estar a mayor densidad dentro de la jaula de prueba, dando como resultado una menor concentración de glucógeno muscular.

Estas diferencias en la concentración de glucógeno en los músculos en función de la actividad muscular, han sido encontradas también en porcino. Así Fernández y cols. (1994b) encontraron que la mezcla de cerdos desconocidos, producía una reducción en la concentración de glucógeno muscular en el músculo trapecio (músculo encargado del movimiento del cuello), pero no así en el músculo *Longissimus dorsi*, ya que el aumento en el número de peleas implicaba una mayor actividad del músculo trapecio.

La menor humedad y la mayor CRA de la carne procedente de los conejos sometidos a estrés térmico que la de los animales manejados, fue consecuencia del mayor hematocrito que mostraron los primeros con respecto a los segundos. Sin embargo, ni entre las dos situaciones térmicas ni entre las dos densidades se observan diferencias ni de la humedad ni de la CRA, debido a que entre los grupos las diferencias en el hematocrito fueron mínimas.

#### 2.1.2.2.- pH

En la tabla 4.15. se muestran las comparaciones de medias para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a manejo y en la tabla 4.16. se presenta el análisis de varianza de los factores de estudio, situación térmica y densidad de carga, del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*

El pH muscular en el *Longissimus dorsi* en el momento 0 tras el sacrificio ha sido más bajo en los animales expuestos a calor que en los sometidos a manejo ( $P < 0,01$ ). A los 45 minutos tras el sacrificio ya solamente es más bajo en los animales expuestos a calor y alojados en baja densidad que en los manejados ( $P < 0,05$ ). Mientras que el pH a las 24 horas tras el sacrificio es mayor en los animales sometidos a frío alojados en alta densidad que en los conejos

manejados ( $P < 0,001$ ), que produce una diferencia significativa entre los expuestos a frío y los sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ).

Tabla 4.15.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Calor		Frío		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			CI vs C	F vs C	A vs C	B vs C
<i>Longissimus dorsi</i>										
0 minutos	6,42 <sup>x</sup>	6,36 <sup>z</sup>	6,74	6,66	6,62	0,15	**	NS	NS	NS
45 minutos	6,23	6,07 <sup>x</sup>	6,58	6,46	6,34	0,25	NS	NS	NS	NS
24 horas	5,76	5,72	5,94 <sup>z</sup>	5,80	5,79	0,09	NS	*	NS	NS
<i>Variación</i>										
0 – 45	0,06	0,15	0,31	0,32	0,16	0,23	NS	NS	NS	NS
45 – 24	0,57	0,47	0,51	0,54	0,67	0,27	NS	NS	NS	NS
0 – 24	0,63	0,62 <sup>x</sup>	0,82	0,86	0,82	0,18	*	NS	NS	NS
<i>Semitendinosus</i>										
0 minutos	6,39	6,29	6,55	6,34	6,48	0,19	NS	NS	NS	*
45 minutos	6,21	6,10 <sup>x</sup>	6,67 <sup>x</sup>	6,63	6,37	0,23	*	*	NS	NS
24 horas	6,13	5,89 <sup>x</sup>	6,12	5,93	6,02	0,13	NS	NS	NS	*
<i>Variación</i>										
0 – 45	-0,03	0,00	0,07	-0,15 <sup>x</sup>	0,06	0,19	NS	NS	NS	NS
45 – 24	0,15	0,31	0,47	0,62	0,40	0,29	NS	NS	NS	NS
0 – 24	0,12 <sup>y</sup>	0,30	0,54	0,47	0,46	0,23	*	NS	NS	NS

<sup>x, y y z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo ( <sup>x</sup> =  $P < 0,05$ ; <sup>y</sup> =  $P < 0,01$ ; <sup>z</sup> =  $P < 0,001$ )

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ )

CI: calor; F: frío; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

Con relación a la caída de pH en el músculo *Longissimus dorsi* entre los tres momentos estudiados, encontramos que los animales expuestos a calor en baja densidad tienen una menor caída entre el momento inicial (0 minutos) y el final (24 horas) que los conejos sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ) y provoca que el conjunto de animales expuestos a calor presente una menor caída entre el momento 0 y 24 horas que los sometidos a manejo.

En el músculo *Semitendinosus* los animales alojados en baja densidad presentan un menor pH inicial (0 minutos) que en los sometidos a manejo ( $P<0,05$ ), aunque los grupos por separado no muestran diferencias con el grupo de animales sometidos a manejo. El pH a los 45 minutos tras el sacrificio fue más alto en los expuestos a frío y más bajo en los expuestos a calor que los sometidos a manejo ( $P<0,05$ ). A las 24 horas el pH muscular ha sido más bajo en los alojados a baja densidad que en los conejos manejados ( $P<0,05$ ) y el grupo de animales expuestos a calor y alojados a baja densidad muestran un pH significativamente más bajo ( $P<0,05$ ) que en los manejados. La variación del pH muscular en el músculo *Semitendinosus* es negativa entre el momento 0 y los 45 minutos tras el sacrificio para los animales sometidos a calor en alta densidad y para los expuestos a frío en baja densidad, pero solamente es significativamente diferentes entre estos últimos y el grupo de conejos manejados.

Con relación a la variación total de pH entre el momento 0 minutos y las 24 horas en el músculo *Semitendinosus* fue menor en los animales expuestos a calor que los manejados ( $P<0,05$ ).

En la tabla 4.16. se observa que el pH en el músculo *Longissimus dorsi* en el tiempo 0 minutos y 24 horas tras el sacrificio fue menor para los animales expuestos a calor que para los expuestos a frío ( $P<0,001$ ). La densidad mostró un efecto sobre el pH a las 24 horas ( $P<0,01$ ), los alojados a baja densidad tuvieron un pH más bajo que los alojados a alta densidad.

La variación del pH para el músculo *Longissimus dorsi* entre los momentos 0 y 45 minutos y la variación total de 0 a 24 horas fue menor para los animales expuestos a calor que para los expuestos a frío, mientras que la caída de pH entre los 45 y 24 horas fue igual para los animales expuestos a ambas situaciones térmicas.

En el músculo *Semitendinosus* la situación térmica presenta un efecto sobre el pH a los 45 minutos ( $P<0,01$ ), la carne procedente de los animales expuestos a frío presentaron un pH más alto. La densidad también afectó al pH en el momento 0 y 24 horas, siendo más altos los valores para los animales alojados en alta densidad que para los de baja densidad.

El pH en el músculo *Longissimus dorsi* en el tiempo 0 minutos y 24 horas tras el sacrificio fue menor para los animales expuestos a calor que para los expuestos a frío ( $P<0,001$ ). La densidad mostró un efecto sobre el pH a las 24

horas ( $P<0,01$ ), los alojados a baja densidad tuvieron un pH más bajo que los alojados a alta densidad.

Tabla 4.16.- Análisis de varianza del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja)

	Calor		Frío		ES	Significación <sup>1</sup>		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Situación térmica	Densidad	Interacción
<i>Longissimus dorsi</i>								
0 minutos	6,41	6,35	6,75	6,66	0,12	***	NS	NS
45 minutos	6,42	6,29	6,38	6,27	0,24	NS	NS	NS
24 horas	5,76	5,72	5,94	5,80	0,09	***	**	NS
<i>Variación</i>								
0 – 45	0,06	0,15	0,31	0,32	0,23	**	NS	NS
45 – 24	0,57	0,47	0,51	0,54	0,25	NS	NS	NS
0 – 24	0,63	0,62	0,82	0,86	0,15	***	NS	NS
<i>Semitendinosus</i>								
0 minutos	6,41	6,30	6,53	6,33	0,19	NS	*	NS
45 minutos	6,16	6,04	6,69	6,66	0,24	**	NS	NS
24 horas	6,13	5,89	6,11	5,93	0,14	NS	***	NS
<i>Variación</i>								
0 – 45	-0,03	0,00	0,07	-0,15	0,19	NS	NS	NS
45 – 24	0,15	0,31	0,47	0,62	0,31	***	NS	NS
0 – 24	0,12	0,30	0,54	0,47	0,23	***	NS	NS

Significación: NS: no significativo; \*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; \*\*\*  $P<0,001$

ES: Error Estándar

La variación del pH para el músculo *Longissimus dorsi* entre los momentos 0 y 45 minutos y la variación total de 0 a 24 horas fue menor para los animales expuestos a calor que para los expuestos a frío, mientras que la caída de pH entre los 45 y 24 horas fue igual para los animales expuestos a ambas situaciones térmicas.

En el músculo *Semitendinosus* la situación térmica presenta un efecto sobre el pH a los 45 minutos ( $P<0,01$ ), la carne procedente de los animales expuestos a frío presentaron un pH más alto. La densidad también afectó al pH

en el momento 0 y 24 horas, siendo más altos los valores para los animales alojados en alta densidad que para los de baja densidad.

La caída de pH total entre el momento 0 y 24 horas y la caída entre los momentos 45 minutos y 24 horas es menor en los animales expuestos a calor que los expuestos a frío ( $P < 0,001$ ).

De acuerdo con los datos de pH tanto en el músculo *Longissimus dorsi* como en el *Semitendinosus*, los animales expuestos a calor presentaron un pH menor en el momento del sacrificio que los solamente manejados. El mayor pH en el músculo fue reflejo de la mayor producción de ácido láctico por la acidosis metabólica que presentaron estos conejos por ser sometidos a altas temperaturas, como se ha mencionado anteriormente.

A las 24 horas el pH en el *Longissimus dorsi* de todos los grupos se igualó, excepto para los conejos expuestos a frío en alta densidad, este hecho estaría provocado por la menor concentración inicial de glucógeno en este músculo, causando una menor reducción total de glucógeno en las 24 horas *post mortem*, e hizo que el pH final en este músculo fuera más alto.

Con relación a la densidad de animales en las jaulas de prueba, encontramos que los animales alojados en alta densidad presentaron un pH a las 24 horas en ambos músculos más alto. Estos hallazgos pueden estar relacionados con la mayor actividad que presentaron los animales alojados en alta densidad,

En ganado porcino el efecto de la densidad durante el transporte presenta controversia, algunos autores como Guise y Warriss (1989) no encontraron diferencias entre dos densidades de carga tanto en el pH a los 45 minutos como a las 24 horas, mientras que Gerber (1984) si que encontró que la calidad de la carne de los cerdos transportados en alta densidad fue peor.

El pH final encontrado en los animales sometidos a calor está dentro del rango de los valores encontrados por otros autores, sin someter a los animales a ningún estrés, solo relacionados con factores de alimentación (Piles *et al*, 2000; Pla y Cervera, 1997; Pla *et al*, 1996). Por el contrario hay autores que obtienen valores de pH más altos en animales que tampoco fueron sometidos a estrés y no fueron transportados (Paci *et al*, 1999; Kola *et al*, 1994).

## 2.1.2.3.- COLOR DE LA CANAL

La tabla 4.17. presenta las comparaciones de medias para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y para las dos densidades de carga con respecto a los animales sometidos a manejo y la tabla 4.18. muestra el análisis de varianza de los factores estudiados, situación térmica y densidad de carga, de los parámetros de color de la canal,

Tabla 4.17.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Calor		Frío		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			CI vs C	F vs C	A vs C	B vs C
30 minutos										
L*	62,45	63,69	59,25	61,41	61,93	3,12	NS	NS	NS	NS
a*	0,57	-1,14 <sup>y</sup>	1,10	-0,01	0,68	1,49	NS	NS	NS	*
b*	-7,05 <sup>x</sup>	-9,59	-9,26	-10,82	-10,09	2,62	NS	NS	NS	NS
C*	8,37 <sup>x</sup>	9,91	9,44	10,87	10,15	1,52	NS	NS	NS	NS
H*	0,48	20,63	-37,65	0,09	-41,26	81,37	NS	NS	NS	NS
24 horas										
L*	56,97	57,02	54,31 <sup>z</sup>	55,72 <sup>x</sup>	57,54	1,60	NS	***	**	NS
a*	4,00 <sup>y</sup>	4,36	4,74	5,84 <sup>y</sup>	4,85	0,68	*	NS	NS	NS
b*	1,89 <sup>x</sup>	1,78 <sup>x</sup>	1,34 <sup>y</sup>	3,68	2,84	1,03	*	NS	**	NS
C*	4,52 <sup>y</sup>	4,77 <sup>x</sup>	5,03	6,93 <sup>y</sup>	5,70	0,86	**	NS	*	NS
H*	24,64	21,77	13,75 <sup>y</sup>	32,09	28,65	10,31	NS	NS	*	NS
Variación										
L*	5,48	6,67	4,94	5,70	4,39	3,11	NS	NS	NS	NS
a*	-3,42	-5,50	-3,63	-5,85 <sup>x</sup>	-4,17	1,47	NS	NS	NS	*
b*	-8,94 <sup>y</sup>	-11,37	-10,60	-14,51	-12,93	2,88	*	NS	**	NS
C*	3,86	5,15	4,42	3,95	4,45	1,48	NS	NS	NS	NS
H*	-24,06	-0,57	-51,57	-32,09	-69,33	84,23	NS	NS	NS	NS

<sup>x</sup>, <sup>y</sup> y <sup>z</sup> indican diferencias con los animales sometidos a manejo (<sup>x</sup> = P<0,05; <sup>y</sup> = P<0,01; <sup>z</sup> = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

CI: calor; F: frío; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo; L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ; H\*: Tono =  $\arctan(b^* / a^*)$

ES: Error Estándar

Los parámetros del color de la canal a los 30 minutos tras el sacrificio no muestran diferencias significativas entre los animales expuestos tanto a calor como a frío y los animales sometidos a manejo, solo se aprecia una ligera reducción en el índice de rojo ( $a^*$ ) entre los animales expuestos a calor y alojados a baja densidad frente a los sometidos a manejo. Por otro lado, se observó un mayor índice de amarillo ( $b^*$ ) en los animales expuestos calor en alta densidad que hace que tengan una menor saturación del color ( $C^*$ ) que las canales de los conejos sometidos a manejo.

Al medir el color de la canal a las 24 horas sí que se observan más diferencias entre los grupos expuestos estrés térmico y el grupo de animales sometidos a manejo. La luminosidad ( $L^*$ ) de la canal fue menor en los animales expuestos a frío que en los animales sometidos a manejo ( $P < 0,001$ ), y también fue más baja en los animales alojados en alta densidad ( $P < 0,01$ ).

El índice de rojo ( $a^*$ ) fue más bajo en los individuos expuestos a calor que los manejados ( $P < 0,05$ ) y dentro de estos dos grupos los animales alojados en alta densidad mostraron un valor significativamente más bajo que el grupo de animales manejados ( $P < 0,01$ ). En el otro extremo tenemos a los animales expuestos a frío en baja densidad, que presentaron un valor estadísticamente más alto que los manejados ( $P < 0,01$ ) para este parámetro.

Los animales expuestos a calor mostraron un índice de amarillo ( $b^*$ ) más bajo que los sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ). Las canales procedentes de los animales sometidos a frío en baja densidad tuvieron un índice de amarillo más bajo que las procedentes de los animales manejados ( $P < 0,01$ ).

Los animales expuestos a calor mostraron un índice de amarillo ( $b^*$ ) más bajo que los sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ) y los animales sometidos a frío en baja densidad también tuvieron un índice de amarillo más bajo que las canales de los animales manejados ( $P < 0,01$ ).

La cromaticidad de las canales ( $C^*$ ) fue menor para los animales expuestos a calor que para los sometidos a manejo ( $P < 0,01$ ) y también fue menor para los animales alojados en alta densidad que para las canales procedentes de los conejos manejados ( $P < 0,05$ ). Sin embargo, esta saturación del color fue mayor para los animales sometidos a frío en baja densidad que para los individuos manejados ( $P < 0,01$ ).

El tono del color ( $H^*$ ) de las canales de los animales expuestos a frío y en alta densidad fue significativamente menor que las de los animales sometidos a manejo ( $P < 0,01$ ).

Las variaciones en los parámetros de color mostraron que los animales alojados a baja densidad independientemente de la situación térmica a que fueran expuestos tuvieron un mayor aumento en el índice de rojo ( $a^*$ ) que los conejos sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ). Por otro lado el aumento fue menor en el índice de amarillo ( $b^*$ ) para los animales expuestos a altas temperaturas y a aquellos que fueron alojados en alta densidad que los individuos sometidos a manejo, por lo que la intersección de los dos factores, animales expuestos a calor y alojados en alta densidad, tuvieron una variación del índice significativamente menor que para los conejos sometidos a manejo ( $P < 0,01$ )

Tabla 4.18.- Análisis de varianza de los parámetros de color de la canal para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja)

	Calor		Frío		ES	Significación <sup>1</sup>		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Situación térmica	Densidad	Interacción
<b>30 minutos</b>								
L*	62,45	63,69	59,25	61,42	3,27	**	NS	NS
a*	0,57	-1,14	1,10	-0,01	1,56	NS	**	NS
b*	-7,05	-9,59	-9,26	-10,82	2,82	*	*	NS
C*	8,37	9,91	9,44	10,87	1,61	*	**	NS
H*	0,57	21,20	-37,82	0,05	81,94	NS	NS	NS
<b>24 horas</b>								
L*	56,97	57,02	54,31	55,72	1,66	***	NS	NS
a*	4,00	4,36	4,74	5,84	0,66	***	***	NS
b*	1,89 <sup>b</sup>	1,78 <sup>b</sup>	1,34 <sup>a</sup>	3,68 <sup>c</sup>	0,95	*	***	***
C*	4,52 <sup>a</sup>	4,77 <sup>a</sup>	5,03 <sup>a</sup>	6,93 <sup>b</sup>	0,77	***	***	***
H*	24,64 <sup>bc</sup>	21,77 <sup>ab</sup>	13,75 <sup>a</sup>	32,09 <sup>c</sup>	10,31	NS	*	***
<b>Variación</b>								
L*	5,48	6,67	4,94	5,70	3,23	NS	NS	NS
a*	-3,42	-5,50	-3,63	-5,86	1,53	NS	***	NS
b*	-8,94	-11,37	-10,60	-14,51	3,05	**	***	NS
C*	3,86	5,15	4,42	3,95	1,47	NS	NS	NS
H*	-24,07	-0,57	-51,57	-32,01	84,23	NS	NS	NS

<sup>a,b y c</sup> Medias en la misma fila con distinta letra son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) con relación a la interacción

Significación: NS: no significativo; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$

L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ;

H\*: Tono =  $\arctan(b^* / a^*)$

ES: Error Estándar

La luminosidad ( $L^*$ ) de la canal a los 30 minutos tras el sacrificio de los animales sometidos a calor fue mayor que la de los expuestos a frío ( $P < 0,01$ ).

El índice de amarillo ( $b^*$ ) a los 30 minutos *post-mortem*, fue más alto en las canales de los animales sometidos a calor que los sometidos a frío, mientras que la saturación del color ( $C^*$ ) fue menor en los animales sometidos a calor ( $P < 0,05$ ).

Con relación a la densidad, encontramos que los animales alojados en alta densidad mostraron unos valores más altos de los dos índices a los 30 minutos, rojo ( $a^*$ ) y amarillo ( $b^*$ ), que los alojados en baja densidad. Por el contrario, la saturación ( $C^*$ ) fue menor en los alojados en alta densidad ( $P < 0,01$ ).

La luminosidad ( $L^*$ ) a las 24 horas fue significativamente mayor ( $P < 0,001$ ) para los conejos sometidos a calor, incrementándose las diferencias presentadas a los 30 minutos.

El índice de rojo ( $a^*$ ) a las 24 horas se encuentra afectado tanto por la situación térmica como por la densidad, siendo menor en los animales sometidos a calor y en los alojados a alta densidad ( $P < 0,001$ ).

Se observa interacción entre los dos factores analizados, situación térmica y densidad, para el índice de amarillo ( $b^*$ ), la saturación de color ( $C^*$ ) y el tono ( $H^*$ ) a las 24 horas *post-mortem*.

El valor más alto del índice de amarillo ( $b^*$ ) a las 24 horas lo presentaron las canales procedentes de los animales sometidos a frío y alojados en baja densidad, y el valor más bajo los mostraron las procedentes de los animales expuestos a frío pero alojados en alta densidad.

En el mismo sentido, la cromaticidad del color ( $C^*$ ) de la canal a las 24 horas fue mayor para los animales expuestos a frío a baja densidad, y los otros tres grupos no mostraron diferencias significativas. El tono del color ( $H^*$ ) a las 24 horas, también fue mayor para este grupo, expuestos a frío en baja densidad, y menor para el grupo de los alojados en alta densidad y expuestos a la misma situación térmica.

En cuanto a la variación del color entre los dos tiempos valorados, observamos que el incremento del índice de amarillo ( $b^*$ ) fue mayor en los animales expuestos a frío que en los expuestos a calor ( $P < 0,01$ ).

La densidad también presenta un efecto sobre la variación del color entre los tiempos de medida para el índice de rojo ( $a^*$ ) y el índice de amarillo ( $b^*$ ),

mostrando un incremento de los dos índices, mayores para los animales alojados en baja densidad.

El color de la canal es importante en el caso de conejos, ya que es la canal la unidad de venta, aunque cada vez más debido a los cambios en los hábitos de consumo, se están realizando el despiece de la canal, para la venta por trozos.

El color en general de las canales de los animales expuestos a calor fue más pálido que el de las canales procedentes de los conejos sometidos a manejo por tener un menor índice de rojo y de amarillo a la vez que una menor saturación del color. Estos hechos pueden ser consecuencia de la ligera acidosis metabólica que presentan los animales expuestos a calor, como se ha observado por la mayor concentración del ión lactato en sangre y el pH muscular más bajo que causan que las carnes tengan ese color más pálido.

No existe bibliografía en relación al efecto de la exposición de animales en un breve periodo de tiempo a calor o a frío sobre el color de la canal, pero sí se ha encontrado que los animales criados en verano mostraron un valor de saturación a las 24 horas ( $C^*$ ) más bajo que los animales criados en invierno (6,3 frente a 7,3) (Paci *et al*, 1999). Los valores reflejados estos autores como más bajos, corresponderían con los más altos encontrados por nosotros. El índice de rojo y amarillo encontrados por estos autores fueron ligeramente más altos que los encontrados por nosotros en cualquiera de las dos situaciones térmicas.

Las posibles diferencias en el color entre los datos encontrados por Paci y cols. (1999) se pueden deber a la diferencia entre las razas de conejos utilizadas. Pla y cols. (1996) encontraron diferencias significativas en los parámetros de color entre dos híbridos de conejos comerciales, bajo las mismas condiciones de cría y de sacrificio.

#### 2.1.2.4.- COLOR DE LA CARNE

La tabla 4.19. presenta las comparaciones de medias para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y para las dos densidades de carga (alta y baja) con respecto los animales sometidos a manejo y la tabla 4.20. presenta el análisis de varianza de los factores estudiados, situación térmica y densidad de carga, de los parámetros de color de la carne

Tabla 4.19.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la carne para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Calor		Frío		Sometidos a manejo	ES	Significación <sup>1</sup>			
	Alta	Baja	Alta	Baja			Cl vs, C	F vs, C	A vs, C	B vs, C
<b>30 minutos</b>										
L*	44,74	43,68	39,85 <sup>z</sup>	38,92 <sup>z</sup>	43,43	2,04	NS	***	NS	*
a*	3,82 <sup>z</sup>	3,88 <sup>z</sup>	4,96	5,21	4,91	0,62	***	NS	*	NS
b*	2,15	1,79	1,21 <sup>x</sup>	0,83 <sup>z</sup>	1,73	0,52	NS	**	NS	NS
C*	4,43 <sup>y</sup>	4,35 <sup>y</sup>	5,13	5,30	5,21	0,51	***	NS	*	NS
H*	29,80 <sup>y</sup>	25,21	13,75	9,17 <sup>y</sup>	19,48	8,02	*	*	NS	NS
<b>24 horas</b>										
L*	59,58	59,67	53,96 <sup>z</sup>	58,97	59,93	2,42	NS	**	**	NS
a*	2,80 <sup>z</sup>	3,10 <sup>z</sup>	5,06	5,12	4,51	0,79	***	NS	NS	NS
b*	1,76 <sup>y</sup>	1,96 <sup>x</sup>	1,18 <sup>z</sup>	2,32	2,49	0,52	**	**	***	NS
C*	3,36 <sup>z</sup>	3,72 <sup>z</sup>	5,26	5,64	5,17	0,71	***	NS	**	NS
H*	32,66	33,81	13,75 <sup>z</sup>	24,07	28,65	8,60	NS	**	NS	NS
<b>Variación</b>										
L*	-14,84	-15,99	-14,11	-20,05 <sup>y</sup>	-16,50	2,88	NS	NS	NS	NS
a*	1,02 <sup>x</sup>	0,78	-0,10	0,08	0,39	0,58	*	NS	NS	NS
b*	0,39 <sup>y</sup>	-0,17	0,02 <sup>x</sup>	-1,49 <sup>x</sup>	-0,76	0,73	**	NS	**	NS
C*	1,07 <sup>z</sup>	0,64 <sup>x</sup>	-0,13	-0,34	0,04	0,62	**	NS	NS	NS
H*	-2,86	-8,60	0,17 <sup>x</sup>	-14,90	-9,17	8,60	NS	NS	*	NS

x, y y z indican diferencias con los animales sometidos a manejo (x = P<0,05; y = P<0,01; z = P<0,001)

<sup>1</sup> Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a manejo (NS: no significativo; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

Cl: calor; F: frío; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo; L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ; H\*: Tono =  $\arctan(b^* / a^*)$

ES: Error Estándar

La luminosidad (L\*) de la carne a los 30 minutos tras el sacrificio fue significativamente menor en los animales expuestos a frío que en los sometidos a manejo (P<0,001). Esta diferencia también se observó en el índice de amarillos (b\*) para el mismo momento (P<0,01).

En el caso del índice de rojo (a\*) a los 30 minutos *post-mortem*, fue estadísticamente menor en los animales expuestos a calor que en los sometidos a manejo (P<0,001), y lo mismo sucede para la cantidad de color

(C\*) que fue menor en los conejos expuestos a calor que en los manejados ( $P < 0,001$ ).

Por otro lado, el tono (H\*) del color de la carne a los 30 minutos tras el sacrificio de los animales expuestos a frío, fue menor que en los sometidos a manejo ( $P < 0,05$ ), sucediendo lo contrario para los expuestos a calor, que mostraron un mayor valor del tono del color de la carne, que los conejos solamente manejados ( $P < 0,05$ ).

A las 24 horas tras el sacrificio el color de la carne de los animales sometidos a frío y alojados en baja densidad, presentó un valor de luminosidad menor que la de los conejos sometidos a manejo ( $P < 0,001$ ), provocando que tanto la densidad como la situación térmica mostraran diferencias significativas con el grupo de individuos sometidos a manejo.

El índice de rojo (a\*) y de amarillo (b\*), además de la saturación del color (C\*) fueron menores a las 24 horas *post-mortem* en los conejos expuestos a calor que en los animales sometidos a manejo.

La carne procedente de los individuos expuestos a frío y alojados a alta densidad mostró un valor del índice de amarillo (b\*) a las 24 horas estadísticamente más bajo que la procedente de los animales manejados ( $P < 0,001$ ), observándose este mismo efecto sobre el tono del color ( $P < 0,001$ ).

La variación en los parámetros de color entre los dos tiempos medidos mostraron que el índice de rojo (a\*) se redujo mucho más entre los animales expuestos a calor que en los manejados ( $P < 0,05$ ). Esta reducción mayor para los animales expuestos a calor también se observa para la saturación (C\*) ( $P < 0,01$ ).

El índice de amarillo (b\*) presentó una reducción mayor entre los dos tiempos medidos para los animales alojados en alta densidad, siendo la reducción más grande para los expuestos a calor ( $P < 0,01$ ). El tono de la carne (H\*) de los animales alojados en alta densidad mostró una menor variación entre los dos tiempos medidos que en los conejos manejados ( $P < 0,05$ ).

En la tabla 4. 20. se observa que la luminosidad (L\*), el índice de amarillo (b\*) y el tono (H\*) de la carne a los 30 minutos *post-mortem* de los animales expuestos a calor fueron más altos que la de los expuestos a frío ( $P < 0,001$ ). Mientras que los otros dos parámetros, el índice de rojo y la saturación fueron menores para los primeros con respecto a los segundos ( $P < 0,001$ ). La densidad mostró un efecto sobre el índice de amarillo que fue menor para los animales alojados en baja densidad que para los de alta ( $P < 0,05$ ).

Tabla 4.20.- Análisis de varianza de los parámetros de color de la carne para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja)

	Calor		Frío		ES	Significación <sup>1</sup>		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Situación térmica	Densidad	Interacción
<b>30 minutos</b>								
L*	44,74	43,66	39,85	38,92	2,16	***	NS	NS
a*	3,82	3,88	4,96	5,20	0,65	***	NS	NS
b*	2,15	1,79	1,21	0,83	0,55	***	*	NS
C*	4,43	4,35	5,13	5,30	0,52	***	NS	NS
H*	29,80	25,21	13,75	9,17	8,60	***	NS	NS
<b>24 horas</b>								
L*	59,58 <sup>b</sup>	59,67 <sup>b</sup>	53,96 <sup>a</sup>	58,97 <sup>b</sup>	2,58	***	**	**
a*	2,80	3,10	5,06	5,12	0,81	***	NS	NS
b*	1,76 <sup>b</sup>	1,96 <sup>bc</sup>	1,19 <sup>a</sup>	2,32 <sup>c</sup>	0,53	NS	***	**
C*	3,36	3,71	5,26	5,64	0,71	***	NS	NS
H*	32,66	33,81	13,18	24,07	8,60	***	*	NS
<b>Variación</b>								
L*	-14,84 <sup>b</sup>	-15,99 <sup>b</sup>	-14,11 <sup>b</sup>	-20,05 <sup>a</sup>	3,05	NS	***	**
a*	1,02	0,78	-0,10	0,08	0,51	***	NS	NS
b*	0,39 <sup>b</sup>	-0,17 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	-1,48 <sup>a</sup>	0,74	***	***	*
C*	1,07	0,63	-0,13	-0,33	0,52	***	NS	NS
H*	-2,86	-8,60	0,17	-14,90	9,17	NS	***	NS

<sup>a,b y c</sup> Medias en la misma fila con distinta letra son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) con relación a la interacción Significación: NS: no significativo; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$

L\*: Luminosidad; a\*: Índice de rojo; b\*: Índice de amarillo; C\*: Saturación, cromaticidad o cantidad de color =  $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ ;

H\*: Tono =  $\arctan(b^* / a^*)$

ES: Error Estándar

La carne de los animales expuestos a calor siguió presentando a las 24 horas unos valores menores para el índice de rojo (a\*) y para la saturación del color (C\*) ( $P < 0,001$ ) que en la de los animales sometidos a frío. En sentido contrario aparecen los datos del tono de color (H\*) a las 24 horas, fue mayor para los primeros que para los segundos ( $P < 0,001$ ). Con relación a la densidad, los animales alojados en alta densidad mostraron unos valores de tono (H\*) menores que los que se encontraron en baja densidad ( $P < 0,05$ ).

Para la luminosidad (L\*) y el índice de amarillo (b\*) a las 24 horas se presenta una interacción entre los dos efectos estudiados. En ambos

parámetros los menores valores los presentaron la carne de los animales expuestos a frío y alojados en alta densidad. La luminosidad ( $L^*$ ) de los otros tres grupos no fue estadísticamente diferente, mientras que el índice de amarillo ( $b^*$ ) fue mayor para los animales expuestos a frío pero alojados a baja densidad, siendo los dos grupos de los expuestos a calor no significativamente diferentes entre ellos.

La variación del índice de rojo ( $a^*$ ) entre los dos tiempos medidos fue mayor para los animales expuestos a calor que para los expuestos a frío ( $P < 0,001$ ), produciéndose una reducción del índice en la carne de los conejos expuestos a calor, mientras que para los expuestos a frío, los alojados a alta densidad mostraron un ligero aumento y los alojados a baja un ligero descenso.

La saturación del color de la carne ( $C^*$ ) mostró lo mismo que el índice de rojo, un efecto de la situación térmica, produciéndose una reducción del parámetro entre los dos momentos estudiados para los expuestos a calor y un aumento en los sometidos a frío ( $P < 0,001$ ). El tono ( $H^*$ ) mostró un efecto de la densidad, teniendo un mayor aumento en los animales alojados a baja densidad que en los alojados a alta ( $P < 0,001$ ).

Lo mismo que los valores a las 24 horas, la variación entre los dos momentos de estudio presentó una clara interacción. Los animales sometidos a frío y alojados a baja densidad mostraron la mayor variación para la luminosidad ( $L^*$ ) y para el índice de amarillo ( $b^*$ ), mientras que el resto de los grupos no mostraron diferencias entre ellos.

La carne procedente de los animales expuestos a frío fue menos brillante que la de los sometidos a manejo por tener menores valores de  $L^*$ ,  $b^*$  y  $H^*$ , que fueron más marcados a los 30 minutos tras el sacrificio, pero que se mitigaron tras la refrigeración de 24 horas, aunque se mantenía ese color más claro en los alojados en baja densidad.

De la misma forma, la carne de los animales expuestos a calor fue más pálida por tener menor valor de  $a^*$  y de  $C^*$  a los 30 minutos, pero que pierde mucho más color a las 24 horas, por tener además de los parámetros antes mencionados, el índice de amarillo ( $b^*$ ) más bajo y mostrar además una mayor reducción de estos parámetros que la carne de los sometidos a manejo. Este color más pálido de la carne procedente de los animales expuestos a calor también fue debido a la ligera acidosis metabólica que mostraron estos conejos. Esta acidosis provoca en la carne un mayor reflejo luminoso y una

transformación de la mioglobina a metamioglobina de color pardo (Renerre, 1982).

Con los datos obtenidos, podemos concluir que la carne de los animales sometidos a calor tuvo una coloración más pálida por tener menor  $a^*$  y  $C^*$  y mayor  $L^*$ ,  $b^*$  y  $H^*$  que los animales sometidos a frío, y que el brillo de la carne se iguala a las 24 horas, siendo más bajo para los animales expuestos a frío a baja densidad.

### 2.1.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

La exposición de los conejos a calor y alojados en alta densidad causó un mayor compromiso de su nivel de bienestar, ya que fallecieron 4 conejos durante las pruebas, lo que indica que cuando la temperatura supera el nivel térmico de tolerancia, se produce lo que se denomina golpe de calor con shock térmico y muerte. En este sentido, estos animales mostraron un mayor nivel de cortisol sanguíneo que el resto de los grupos, por ese mayor estrés térmico, mientras que los expuestos a calor pero a baja densidad tuvieron los niveles más bajos.

Las actividades enzimáticas de las dos enzimas estudiadas, fueron superiores en los conejos expuestos a frío y en los alojados a alta densidad. Este hecho nos informa de la mayor fatiga muscular a que fueron sometidos los animales en frío y en alta densidad.

Las reservas energéticas del hígado de los conejos alojados en alta densidad fueron menores, causadas por la mayor actividad que pudieron presentar estos animales, tal y como reflejan las concentraciones enzimáticas estudiadas. En el caso de los conejos sometidos a frío y alojados en baja densidad, la concentración de glucógeno hepático fue la más baja y que estaba acompañada con las mayores actividades de las enzimas CK y LDH.

Los conejos expuestos a calor han desarrollado un comienzo de shock circulatorio, con una ligera acidosis metabólica, provocada por un aumento en la producción tisular de ácido láctico, como consecuencia del jadeo prolongado. Como resultado se ha producido un aumento de la concentración del ión lactato en sangre y un pH inicial muscular más bajo.

El hematocrito de los grupos sometidos a estrés térmico fue más alto que el de los conejos manejados, lo puede ser un reflejo de la deshidratación que se

































































































































































































































