

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE VETERINARIA

Departamento de Producción Animal



**BIENESTAR ANIMAL EN EL TRANSPORTE DE
CONEJOS A MATADERO**

**MEMORIA PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR POR**

Jesús de la Fuente Vázquez

Bajo la dirección de los Doctores:

Miguel Ibáñez Talegón
Elisabeth González de Chavarri Echaniz

Madrid, 2003

ISBN: 84-669-2164-8

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE VETERINARIA

**BIENESTAR ANIMAL EN EL TRANSPORTE DE
CONEJOS A MATADERO**

**Memoria presentada por el Licenciado en Veterinaria
Jesús de la Fuente Vázquez para optar al grado
de Doctor en Veterinaria**

Madrid, febrero de 2003

D. Miguel Ibáñez Talegón, Profesor Titular del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid y **Dña. Elisabet González de Chavarri Echaniz**, Profesora Asociada del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid,

CERTIFICAN: Que la presente Memoria de Tesis Doctoral titulada “Bienestar animal en el transporte de conejos a matadero”, de la que es autor el Licenciado en Veterinaria **D. Jesús de la Fuente Vázquez**, ha sido realizada bajo nuestra dirección conjunta, y cumple las condiciones exigidas para optar al grado de Doctor en Veterinaria.

Para que conste, firman la presente en Madrid, febrero de 2003

Fdo.: Miguel Ibáñez Talegón

Fdo.: Elisabet González de Chavarri

AGRADECIMIENTOS

A D. Miguel Ibáñez Talegón codirector de esta tesis, que con su ayuda y constante apoyo ha hecho posible la realización de la misma.

A Dña. Elisabet González de Chavarri codirectora de esta tesis, por su amistad, su inestimable ayuda y apoyo, además de sus oportunos consejos y correcciones.

A Juan Antonio Aguado, Concha Pérez, Jaime Thos, Josefina Ávila, Sara Lauzurica, Macarena Navarro y Teresa Castro, por su amistad, su ayuda y sus consejos oportunos y por darme siempre ánimos.

A Joaquín Guerra y a Maribel Salazar, por su ayuda con la estadística y por su apoyo constante.

A Ana del Campo por su valiosísima ayuda y apoyo para la realización de la tesis y a Pablo su hijo, por tener que soportarme incluso en el vientre de su madre.

A Vicente Cañequé por su amistad y por permitirme utilizar su laboratorio para la consecución de esta tesis

A Carolina, Ketty y Joaquín por su amistad y por haber alentado siempre a seguir adelante.

A Maria Jesús, Rosa, Verónica y Amelia que con su ayuda han permitido la realización de esta tesis.

A todo el personal del matadero de conejos Bozano, S.A. que me han permitido utilizar sus instalaciones y me han prestado ayuda siempre que la he necesitado, especialmente a Juanjo, Monse y Pilar.

A Belén y Pepa por su inapreciable ayuda y constantes ánimos

A Ruth, que gracias a su inestimable ayuda se pudo realizar la toma de muestras en el matadero, así como a toda la familia de Maite, por su apoyo para la realización de la tesis.

A mis padres por haberme ayudado y apoyado en todo momento, y por sus ánimos constantes, así como a toda mi familia por su gran apoyo y comprensión.

Un agradecimiento muy especial para Maite, por sus críticas constructivas, su ayuda y apoyo continuo, sus consejos, sus ánimos y sus constante muestras de amor, durante todos los años que ha durado la realización de esta tesis.

A todos los que directa o indirectamente han facilitado la terminación de esta tesis, a todos muchas gracias.

A mis Padres

A Maite

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE.....	i
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.- INTRODUCCIÓN.....	6
2.- FACTORES IMPLICADOS EN EL ESTRÉS DEL TRANSPORTE.....	8
2.1.- FACTORES RELACIONADOS CON LAS CONDICIONES	
AMBIENTALES	8
2.1.1.- TEMPERATURA	8
2.1.1.1.- <i>ZONA TERMONEUTRAL.....</i>	8
2.1.1.2.- <i>MECANISMOS DE TERMORREGULACIÓN EN EL CONEJO.....</i>	11
2.1.1.3.- <i>NECESIDADES TÉRMICAS DE LOS CONEJOS.....</i>	13
2.1.1.4.- <i>TEMPERATURA DURANTE EL TRANSPORTE</i>	15
2.1.1.4.1.- <i>Efecto de la ventilación sobre la temperatura</i>	16
2.1.1.4.2.- <i>Efecto del color externo del camión sobre la temperatura</i>	
<i>interna.....</i>	20
2.1.1.4.3.- <i>Efecto del material de construcción del camión sobre la</i>	
<i>temperatura</i>	22
2.1.1.5.- <i>EFFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL</i>	23
2.1.1.5.4.- <i>Efecto de la temperatura sobre parámetros fisiológicos.....</i>	23
2.1.1.5.5.- <i>Efecto de la temperatura sobre la calidad de la carne.....</i>	24
2.1.1.5.6.- <i>Efecto de la temperatura en la mortalidad durante el</i>	
<i>transporte.....</i>	24
2.1.2.- HUMEDAD	27
2.1.2.2.- <i>EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE LA PÉRDIDA DE CALOR.....</i>	28
2.1.2.3.- <i>RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA.....</i>	29
2.1.3.- VENTILACIÓN.....	32
2.1.3.1.- <i>REQUERIMIENTOS DE VENTILACIÓN</i>	32
2.1.3.2.- <i>REGULACIÓN DE LA VENTILACIÓN</i>	34
2.1.3.3.- <i>EFFECTOS DE LA VENTILACIÓN SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL.....</i>	36
2.2.- FACTORES RELACIONADOS CON EL MEDIO DE TRANSPORTE.....	37
2.2.1.- DISEÑO DEL VEHÍCULO.....	37
2.2.1.1.- <i>EFFECTOS DEL TIPO DE VEHÍCULO SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL</i>	37
2.2.2.- PRACTICAS DE CONDUCCIÓN	39
2.2.2.1.- <i>EFFECTO DE LAS PRÁCTICAS DE CONDUCCIÓN SOBRE EL</i>	
<i>BIENESTAR ANIMAL.....</i>	39

2.2.3.- RUIDO.....	41
2.2.3.1.- EFECTOS DE RUIDO SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL.....	41
2.2.4.- VIBRACIÓN	42
2.2.4.1.- EFECTO DE LA VIBRACIÓN SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL.....	42
2.2.5.- DURACIÓN DEL TRANSPORTE.....	45
2.2.5.1.- EFECTO DE LA DURACIÓN DEL TRANSPORTE SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO.....	46
2.2.5.2.- EFECTO DE LA DURACIÓN DEL TRANSPORTE SOBRE LA MORTALIDAD.....	50
2.3.- FACTORES RELACIONADOS CON EL MANEJO.....	51
2.3.1.- CARGA Y DESCARGA.....	51
2.3.1.1.- EFECTO DE LA CARGA Y DESCARGA SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL....	51
2.3.1.2.- SISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA.....	53
2.3.2.- DENSIDAD DE CARGA	55
2.3.2.1.- RECOMENDACIONES DE DENSIDAD DE CARGA	55
2.3.2.2.- EFECTO DE LA DENSIDAD DE CARGA SOBRE EL COMPORTAMIENTO	58
2.3.2.3.- EFECTO DE LA DENSIDAD ANIMAL SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE	60
2.3.3.- MEZCLA DE INDIVIDUOS	62
2.3.3.1.- EFECTO DE LA MEZCLA DE ANIMALES SOBRE EL COMPORTAMIENTO....	62
2.3.3.2.- EFECTOS DE LA MEZCLA DE ANIMALES SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE.....	64
2.3.4.- PRIVACIÓN DE AGUA Y ALIMENTO.....	65
2.3.4.1.- EFECTO DEL AYUNO SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO	65
2.3.4.2.- EFECTOS DEL AYUNO SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNAL Y DE LA CARNE.....	67
3.- BIENESTAR Y SU VALORACIÓN.....	70
3.1.- BIENESTAR ANIMAL	70
3.2.- MEDIDA DEL BIENESTAR ANIMAL	74
3.2.1.- MEDIDAS COMPORTAMENTALES.....	74
3.2.2.- MEDIDAS FISIOLÓGICAS.....	75
3.2.2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	75
3.2.2.2.- INDICADORES GENERALES DE ESTRÉS.....	76
3.2.2.3.- INDICADORES DE AYUNO Y DESHIDRATACIÓN	79
3.2.2.4.- INDICADORES DE ACTIVIDAD FÍSICA	80
3.2.2.5.- OTROS INDICADORES FISIOLÓGICOS.....	81
3.2.3.- MEDIDAS DE CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE.....	82
3.2.4.- OTROS INDICADORES DE BIENESTAR.....	84

3.- MATERIAL Y MÉTODOS	86
1.- ANIMALES	87
2.- PRUEBAS DE ESTRÉS	88
2.1.- TRANSPORTE COMERCIAL	88
2.2.- PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO	90
2.2.1.- ESTRÉS TÉRMICO	90
2.2.2.- ESTRÉS POR RUIDO	91
2.2.3.- ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL	91
2.2.4.- ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA	92
2.2.5.- ESTRÉS POR MANEJO	92
3.- SACRIFICIO	93
4.- MÉTODOS REALIZADOS SOBRE LA CANAL	93
5.- ANÁLISIS SANGUÍNEOS	94
5.1.- CORTISOL	94
5.2.- CREATIN KINASA (CK)	95
5.3.- LACTATO DESHIDROGENASA (LDH)	95
5.4.- LACTATO	96
5.5.- GLUCOSA	96
5.6.- HEMATOCRITO	97
5.7.- OSMOLARIDAD	97
5.8.- ALBÚMINA	98
5.9.- GLOBULINA	98
6.- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CARNE	99
6.1.- GLUCÓGENO	99
6.2.- CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	100
6.3.- PH	101
6.4.- COLOR	102
7.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO	103
7.1.- CONDICIONES GENERALES	103
7.2.- TRANSPORTE COMERCIAL	104
7.3.- PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO	105
7.3.1.- ESTRÉS TÉRMICO	105
7.3.2.- ESTRÉS POR RUIDO	106
7.3.3.- ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL	106
7.3.4.- ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA	107
7.4.- TRANSPORTE COMERCIAL Y PRUEBAS DE ESTRÉS	108

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	109
1.- TRANSPORTE COMERCIAL	110
1.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS.....	110
1.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE	115
1.2.1.- PÉRDIDAS DE PESO, PESO Y GLÚCOGENO HEPÁTICO, GLÚCOGENO MUSCULAR, HUMEDAD Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) DE LA CARNE	115
1.2.2.- PH.....	118
1.2.3.- COLOR DE LA CANAL	121
1.2.4.- COLOR DE LA CARNE	124
1.3.- CONCLUSIONES PARCIALES	129
2.- PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO	131
2.1.- ESTRÉS TÉRMICO	131
2.1.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS.....	131
2.1.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE	138
2.1.2.1.- <i>PÉRDIDAS DE PESO, PESO Y GLÚCOGENO HEPÁTICO, GLÚCOGENO MUSCULAR, HUMEDAD Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) DE LA CARNE.....</i>	<i>138</i>
2.1.2.2.- PH.....	141
2.1.2.3.- COLOR DE LA CANAL	146
2.1.2.4.- COLOR DE LA CARNE.....	150
2.1.3.- CONCLUSIONES PARCIALES	155
2.2.- ESTRÉS POR RUIDO	157
2.2.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS.....	157
2.2.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE	159
2.2.2.1.- <i>PÉRDIDAS DE PESO, PESO Y GLÚCOGENO HEPÁTICO, GLÚCOGENO MUSCULAR, HUMEDAD Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)DE LA CARNE</i>	<i>159</i>
2.2.2.2.- PH.....	162
2.2.2.3.- COLOR DE LA CANAL	164
2.2.2.4.- COLOR DE LA CARNE.....	166
2.2.3.- CONCLUSIONES PARCIALES	168
2.3.- ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL	169
2.3.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS.....	169
2.3.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE	170

2.3.2.1.- <i>PÉRDIDAS DE PESO, PESO Y GLÚCOGENO HEPÁTICO, GLÚCOGENO MUSCULAR, HUMEDAD Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)DE LA CARNE</i>	170
2.3.2.2.- <i>PH</i>	172
2.3.2.3.- <i>COLOR DE LA CANAL</i>	174
2.3.2.4.- <i>COLOR DE LA CARNE</i>	175
2.3.3.- <i>CONCLUSIONES PARCIALES</i>	177
2.4.- ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA	178
2.4.1.- <i>PARÁMETROS SANGUÍNEOS</i>	178
2.4.2.- <i>CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE</i>	179
2.4.2.1.- <i>PESO Y GLÚCOGENO HEPÁTICO, GLÚCOGENO MUSCULAR, HUMEDAD Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)DE LA CARNE</i>	179
2.4.2.2.- <i>PH</i>	180
2.4.2.3.- <i>COLOR DE LA CANAL</i>	182
2.4.2.4.- <i>COLOR DE LA CARNE</i>	184
2.4.3.- <i>CONCLUSIONES PARCIALES</i>	185
3.- TRANSPORTE COMERCIAL Y PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO	187
3.1.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS TÉRMICO	187
3.1.1.- <i>PARÁMETROS SANGUÍNEOS</i>	187
3.1.2.- <i>CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE</i>	191
3.1.2.1.- <i>PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR</i>	191
3.1.2.2.- <i>PH</i>	193
3.1.2.3.- <i>COLOR DE LA CANAL</i>	196
3.1.2.4.- <i>COLOR DE LA CARNE</i>	198
3.1.3.- <i>CONCLUSIONES PARCIALES</i>	200
3.2.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS POR RUIDO	201
3.2.1.- <i>PARÁMETROS SANGUÍNEOS</i>	201
3.2.2.- <i>CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE</i>	204
3.2.2.1.- <i>PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR</i>	204
3.2.2.2.- <i>PH</i>	206
3.2.2.3.- <i>COLOR DE LA CANAL</i>	208
3.2.2.4.- <i>COLOR DE LA CARNE</i>	210
3.2.3.- <i>CONCLUSIONES PARCIALES</i>	212

3.3.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL	213
3.3.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS	213
3.3.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y DE CARNE	216
3.3.2.1.- <i>PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO</i> <i>Y MUSCULAR</i>	216
3.3.2.2.- <i>PH</i>	218
3.3.2.3.- <i>COLOR DE LA CANAL</i>	220
3.3.2.4.- <i>COLOR DE LA CARNE</i>	222
3.3.3.- CONCLUSIONES PARCIALES	224
3.4.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA	225
3.4.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS	225
3.4.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE	227
3.4.2.1.- <i>PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO</i> <i>Y MUSCULAR</i>	227
3.4.2.2.- <i>PH</i>	228
3.4.2.3.- <i>COLOR DE LA CANAL</i>	229
3.4.2.4.- <i>COLOR DE LA CARNE</i>	231
3.4.3.- CONCLUSIONES PARCIALES	232
5.- CONCLUSIONES	234
6.- RESUMEN	237
7.- SUMMARY	241
8.- BIBLIOGRAFÍA	245
9.- ÍNDICE DE TABLAS	258
10.- ÍNDICES DE FIGURAS	263

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La producción cunícola ha experimentado un gran impulso en los últimos años, lo que ha llevado a que se incremente considerablemente el número de conejos sacrificados, llegando a aumentar alrededor de un 25 % en los últimos 6 años. España es el segundo productor de carne de conejo dentro de la Unión Europea (U.E.) después de Italia. Sin embargo, constituye el primer exportador de carne a la U.E. o a terceros países, lo que refleja la importancia del sector cunícola.

Sin embargo, la producción de carne de conejo tiene una escasa relevancia económica en el sector si se compara al de las otras especies de abasto, a pesar de que el número de cabezas sacrificadas es muy superior al resto de los animales de abasto (ovino, bovino y porcino).

En España hay que destacar el gran movimiento de conejos vivos que existe entre las distintas comunidades autónomas. En este sentido, se pueden dividir en dos grupos las comunidades autónomas, las que para cubrir sus demandas de sacrificio, tienen que transportar animales vivos de otras regiones, como es el caso de Galicia y Navarra, entre otras..., y las que presentan excedentes de producción y por lo tanto, transportan conejos a otras comunidades, como el País Vasco y ambas Castillas.

Conjuntamente con estos dos grandes grupos, existe una serie de comunidades autónomas que tienen una pequeña producción cunícola (Extremadura, Madrid...) y no disponen de suficientes mataderos para realizar su sacrificio dentro de la propia comunidad y tienen que transportar conejos a otras regiones próximas. Por otra parte hay que destacar que en Cataluña, que es la comunidad con mayor producción cunícola, y con la suficiente infraestructura como para sacrificar todo lo que produce, solo un pequeño número de conejos es transportado a otras comunidades.

Este movimiento de animales vivos, hace que algunos conejos tengan que ser transportados grandes distancias, aunque la mayoría de los transportes suelen estar comprendidos entre comunidades autónomas próximas, con unas distancias que rondan entre 100 y 300 Km, aunque pueden darse trayectos más largos.

En los sistemas de producción cunícola españoles, más de la mitad de las granjas son de tamaño pequeño y medio (menos de 200 hembras), lo que

obliga a que el camión de transporte de conejos a matadero, para completar su capacidad de carga, tenga que recorrer varias granjas. Este hecho, implica que parte de los conejos recorran una gran distancia y estén expuestos durante más tiempo a los factores estresantes de transporte.

Durante el transporte los animales se encuentran sometidos a una gran variedad de factores estresantes. Dentro de estos factores, uno de los más importantes es la temperatura, debido a que en la península Ibérica existen grandes variaciones térmicas entre el verano y el invierno, así como entre regiones.

Los camiones destinados al transporte de conejos no presentan un sistema que permita controlar su ventilación. La mayoría de los vehículos tienen los laterales abiertos, y ocasionalmente se cierran para reducir la ventilación y aumentar la temperatura en el interior del camión, desconociendo cual es el efecto real que tiene sobre la temperatura interior y sobre el bienestar del conejo. En este sentido, otra práctica muy extendida es la reducción del número de conejos por jaula en el periodo estival, ya que consideran que se reduce la temperatura del interior del camión y evitan que los conejos estén expuestos a estrés térmico.

Durante el transporte se debe vigilar el manejo y el trato que se dedica a los animales, para evitar la reducción de su bienestar, lo que trae como consecuencia sufrimientos innecesarios y alteraciones de la calidad de su carne. Debido al escaso valor económico que tiene el conejo como individuo, unido a la idea de “como van a matadero, todo vale”, predispone durante su transporte a realizar prácticas que desde el punto de vista de bienestar no son aconsejables.

El transporte de conejos vivos, en base a las premisas expuestas, podemos decir que no se realiza utilizando todo los controles necesarios para que sea idóneo, pudiendo estar comprometido, consecuentemente, el bienestar de los conejos durante su transporte a matadero.

La calidad de la canal y de la carne se puede encontrar mermada por comprometer el bienestar del conejo durante el transporte. Por un lado se incrementa la presencia de lesiones y hematomas en la canal, que mientras que en vacuno se puede realizar el recorte de la zonas afectadas, en las canales de conejo es impracticable por ser ésta la unidad de venta. Por otro lado, se provoca una reducción de la calidad de la carne al alterarse la normal

fisiología muscular, dando lugar a una carne que los consumidores suelen rechazar.

Por tanto, el transporte de conejos hasta matadero es una fase inevitable en el proceso de producción y constituye un eslabón importante y necesario dentro del mismo, para obtener la carne como producto final. Una vez transportados los animales a matadero, serán sacrificados siguiendo las normas higiénicas y de bienestar marcadas por la legislación vigente sobre la protección de los animales durante el sacrificio. Lo cual indica que las consideraciones de bienestar no terminan con el transporte.

Como se ha mencionado, las condiciones en las que se realiza el transporte van a afectar al bienestar, por lo cual se debe inculcar en todos los eslabones de la cadena de producción, que unas adecuadas prácticas de manejo reducen las pérdidas en el producto final sin suponer en todos los casos un incremento de los costes. Por lo que deben ser estudiados aquellos factores que están involucrados y pueden afectar tanto al animal vivo, como al producto final.

En la normativa vigente no existe una legislación específica que haga referencia al transporte de conejos, sino que está incluida dentro de las características generales de transporte de ganado, sin tener en cuenta las grandes diferencias que existen entre las grandes especies de abasto y los conejos.

Por todo lo anterior, la presente tesis tiene como objetivo fundamental determinar el efecto que tiene sobre el bienestar del conejo el transporte comercial a matadero. Para la consecución de este objetivo principal se plantearon otros parciales como:

— El efecto que tiene sobre el bienestar del conejo la época del año (verano e invierno) y la densidad de carga en el transporte comercial a matadero.

— El efecto que tienen sobre el bienestar del conejo, distintos factores estresantes implicados en el transporte como son: temperatura, ruido, mezcla con animales desconocidos y cambio de jaula.

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.

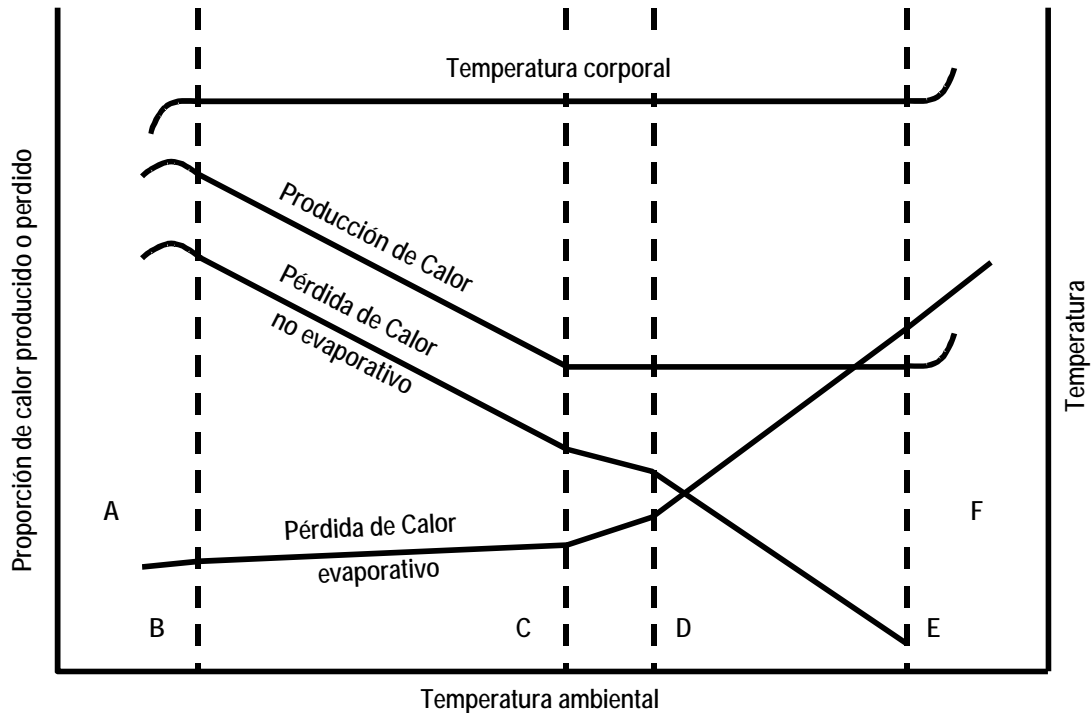
La temperatura es uno de los principales factores que van a afectar a estas características productivas (Rich y Alliston, 1970; Crimella *et al*, 1994; Fernández *et al*, 1994a; Warriss y Brown, 1994; Amici *et al*, 1995; English *et al*, 1996; Leonart, 2001). Para evitar que la temperatura afecte negativamente 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 pérdida 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 límite lo define B; F, zona de hipertermia cuyo límite 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)
PORCINO	
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
VACUNO	
Terneros hasta un mes	18-20
Terneros hasta 3 meses	15-18
Terneros hasta 12 meses	10-17
Vacuno lechero	10-15
AVES	
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
CONEJOS	
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

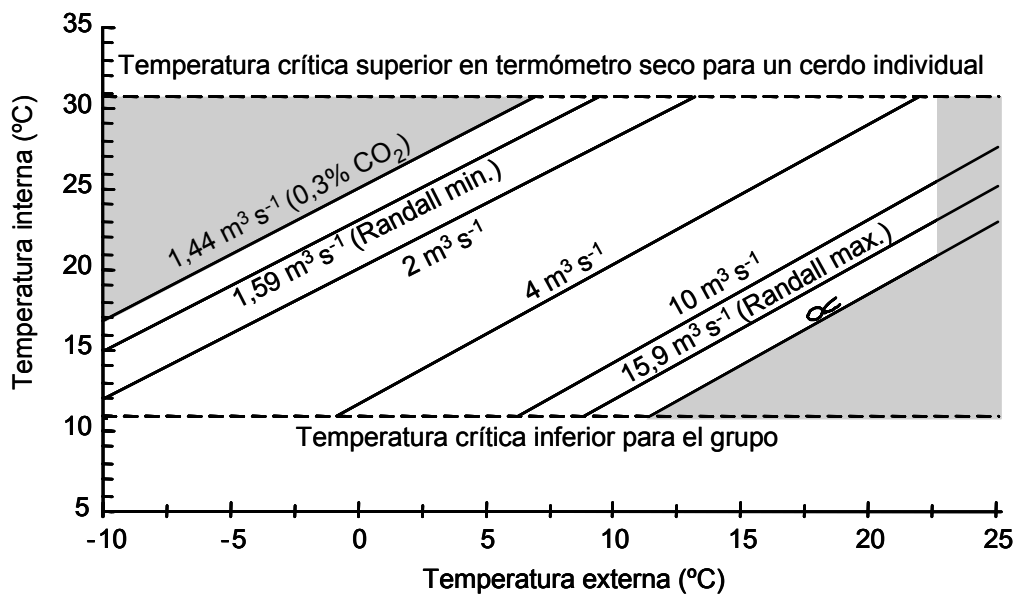
tiempo caluroso, hay que minimizar el riesgo de hipertermia evitando en la medida de lo posible la acción directa o indirecta de la irradiación solar, recomendándose que los transportes se realicen en las primeras horas del día o de la noche, hacer las paradas en zonas sombreadas y disminuir la densidad.

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 m² 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.

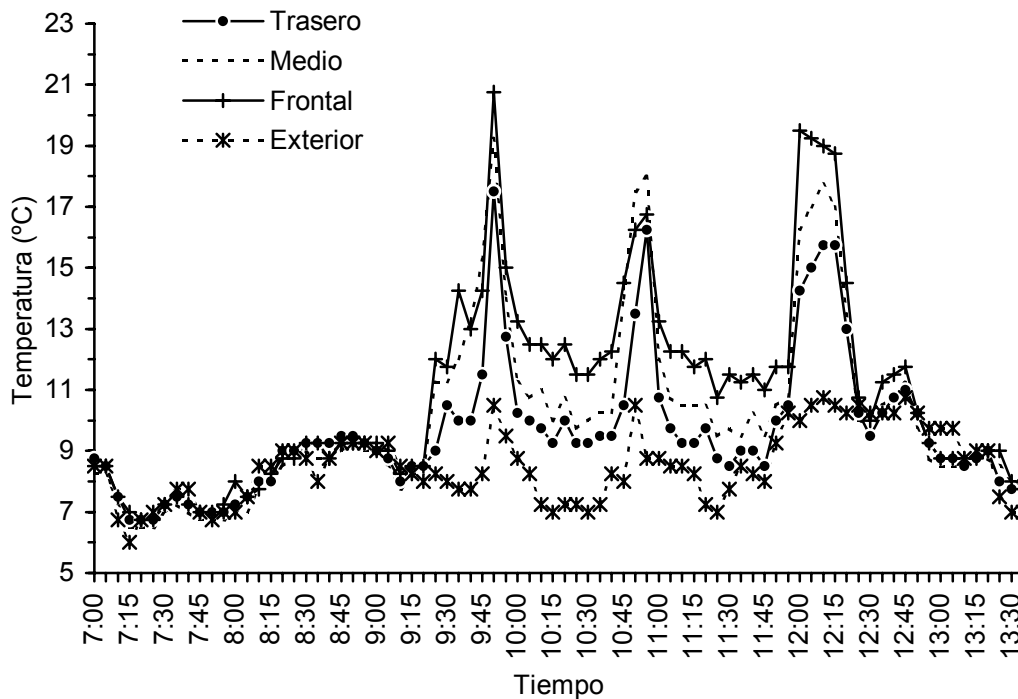
De la Fuente y Robertson (1998) calcularon los coeficientes de correlación entre la temperatura interna y externa, para un camión de transporte de cerdos. Estos coeficientes variaban en función de la localización dentro del camión, así el mayor coeficiente entre la temperatura externa y la interna fue 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.

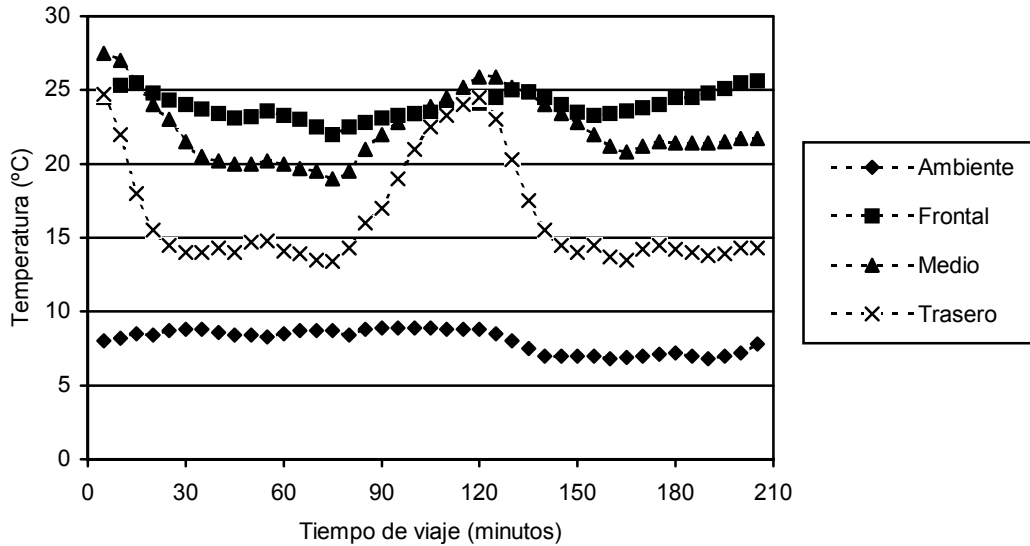
Figura 2.3.-Variación de la temperatura interna y externa de un camión durante el transporte comercial de cerdos incluyendo carga y descarga en diferentes localizaciones del camión (piso superior del camión)



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.)

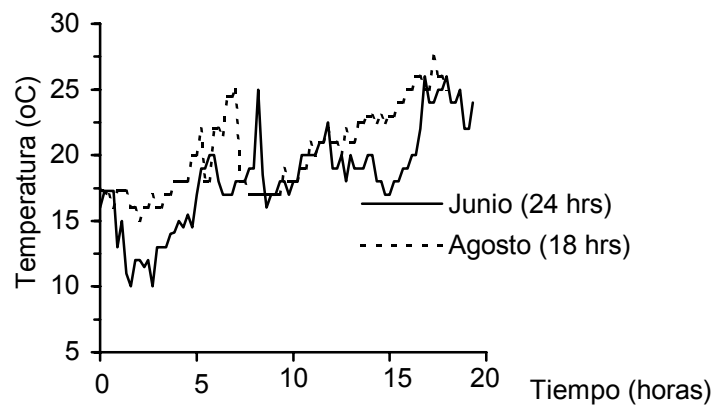
Figura 2.4.-Variaciones en temperatura en tres localizaciones en un transporte de pollos a lo largo de un viaje comercial (con telones laterales cerrados). El vehículo se encontró parado durante una parada obligatoria del conductor entre los minutos 78 a 118 minutos



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)

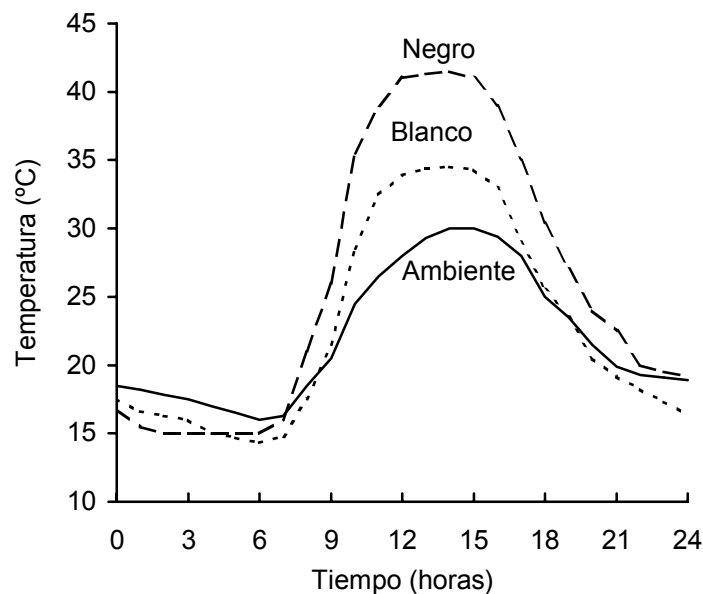


Fuente: Knowles *et al*, 1994

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

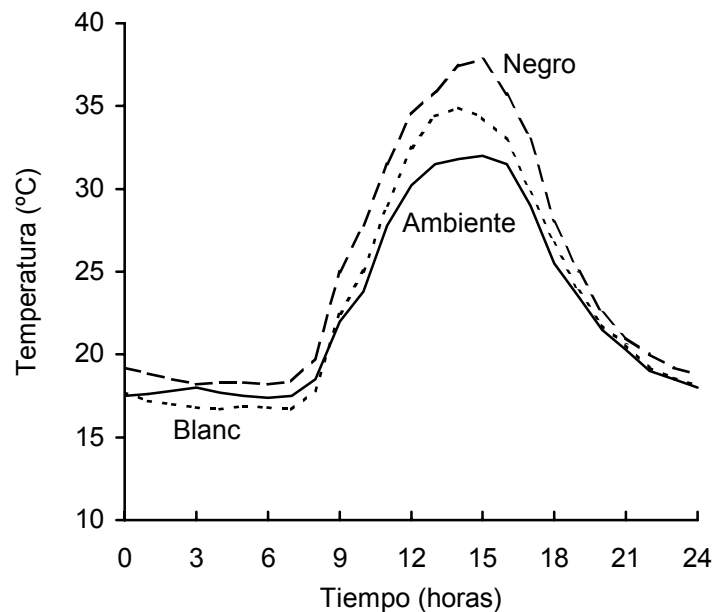
La temperatura que se alcanza dentro del camión, principalmente esta determinada por la carga animal que esta transportando, por la ventilación dentro del camión y la temperatura externa, pero cuando el camión esta parado, un factor muy importante que va a influir en la temperatura interior es el color 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 ± 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).

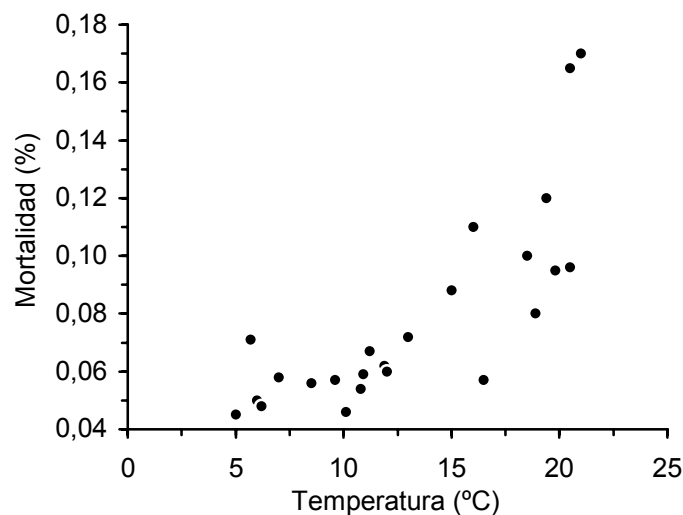
2.1.1.5.6.- Efecto de la temperatura en la mortalidad durante el transporte

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

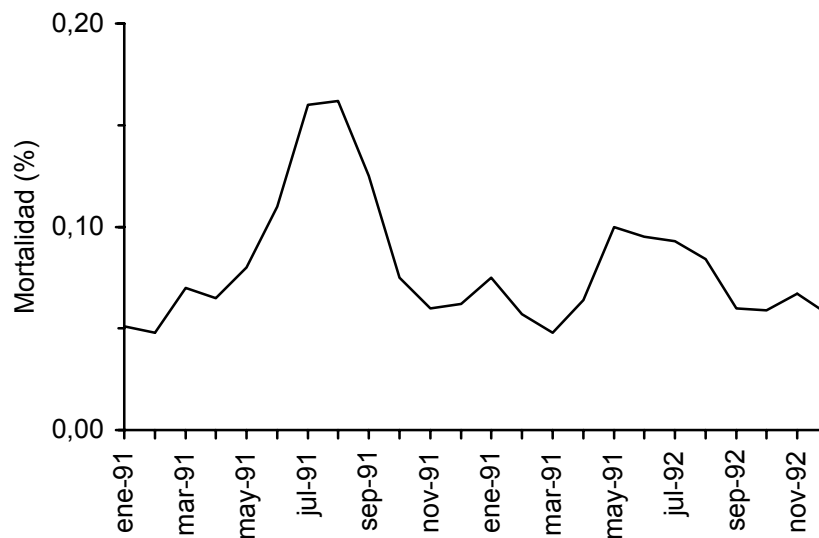


Fuente: Warriss y Brown 1994

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

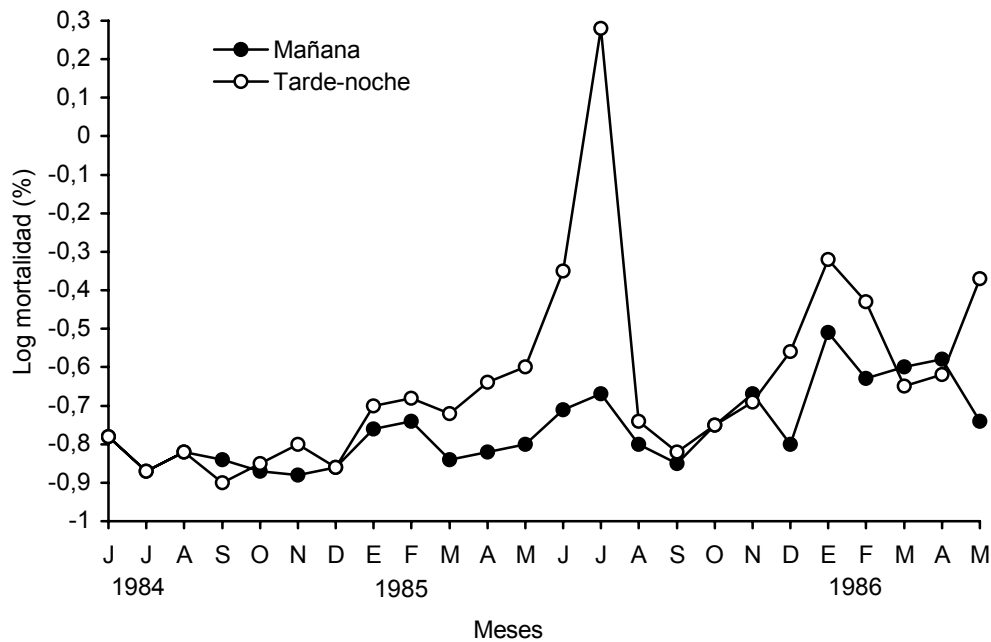


Fuente: Warriss y Brown 1994

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 ¹	60-70
Vacuno ¹	70-80
Aves ²	60-70
Conejos ³	55-85

Fuente: ¹ Fuentes Yagüe, 1992; ²Castelló, 1993; ³Roca, 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:

$$I = 0,63xT_h + 1,17xT_s + 32$$

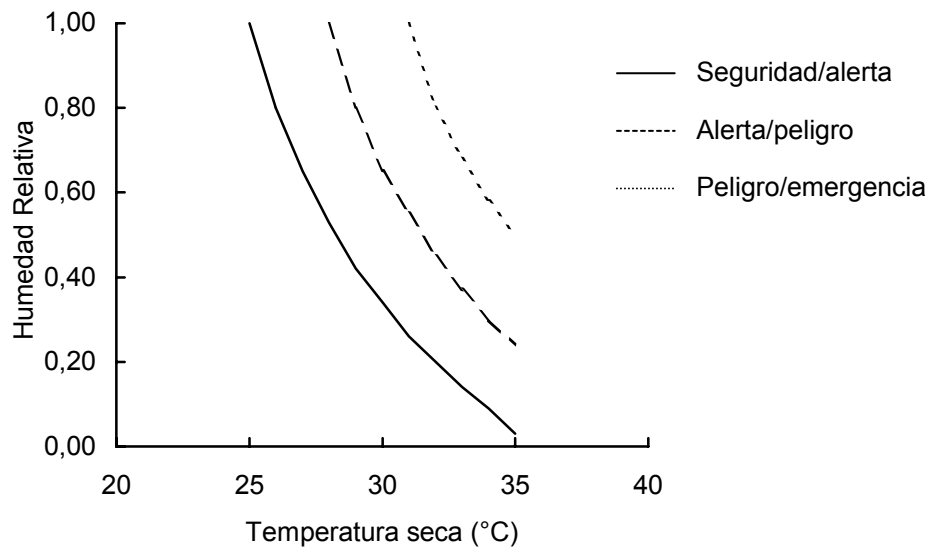
c) Watts, (1982) desarrolló otro índice que relaciona la temperatura, la humedad relativa y el estrés que pueden sufrir los animales cuando son transportados por aire o por ferry. El índice, denominado índice de seguridad climatológica para el ganado (Livestock weather safety index), se divide en 4 áreas 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 (O₂), 78,09 % de nitrógeno (N), 0,93 % de argón (A) y 0,03 % de dióxido de carbono (CO₂). Los animales exhalan CO₂ y a partir de las heces se produce amoníaco (NH₃) y ácido sulfhídrico (SH₂).

La producción de CO₂ 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 CO₂ (m³/h), Q_t = producción de calor total (W)

Si la producción de calor total de un animal es 100 W, produce 16,3 l/h de CO₂.

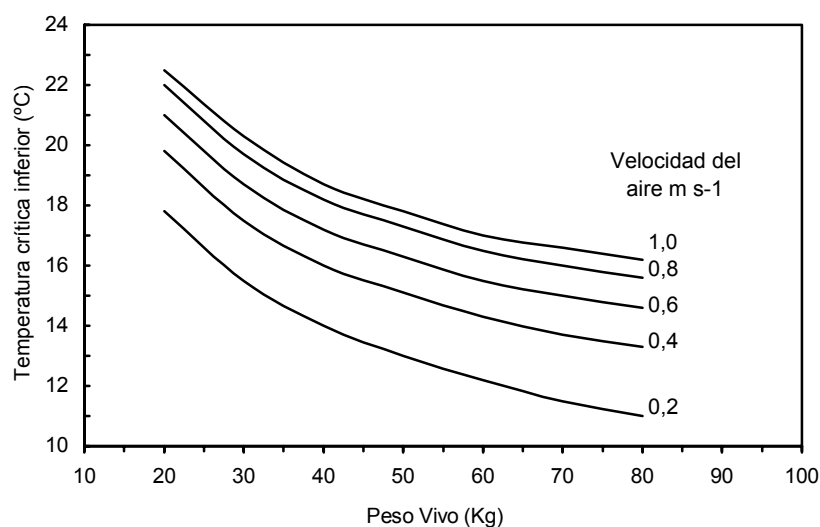
La producción de amoníaco no es posible predecirla por provenir de la descomposición de las deyecciones, lo mismo que el SH₂. El SH₂ no es probable que se forme durante el transporte, ya que es el resultado de la descomposición anaerobia de las heces a largo plazo.

Los niveles de dióxido de carbono (CO₂) 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

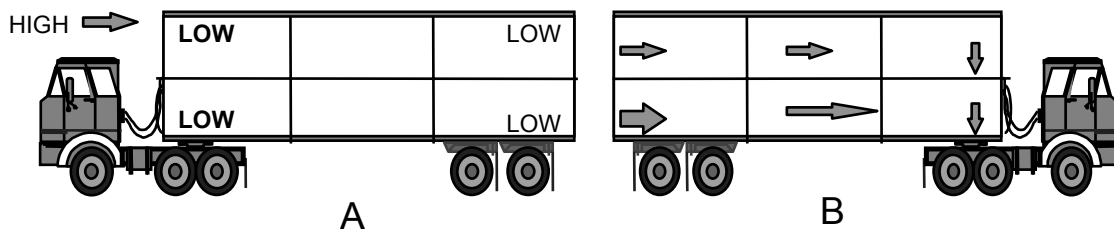


Fuente: Randall y Boon, 1994

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).

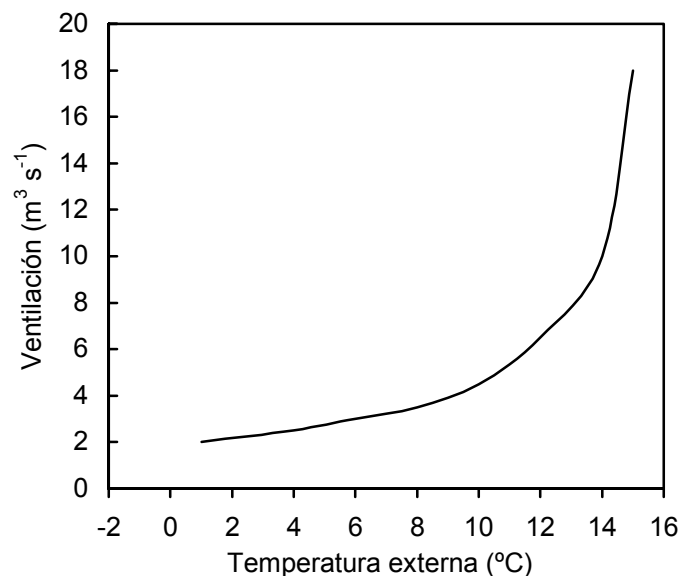
- Área de las aberturas de ventilación (Lambooy, 1988).

- 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 β -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^{0.75} 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 m³/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/m², lo que supone una ganancia de 4,5 kW en un camión comercial de 75 m² 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 m² por animal), mientras que en bajas densidades (1,39 m² 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 ² /animal)	Media (1,16 m ² /animal)	Alta (0,89 m ² /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 procesado 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 ²)	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).

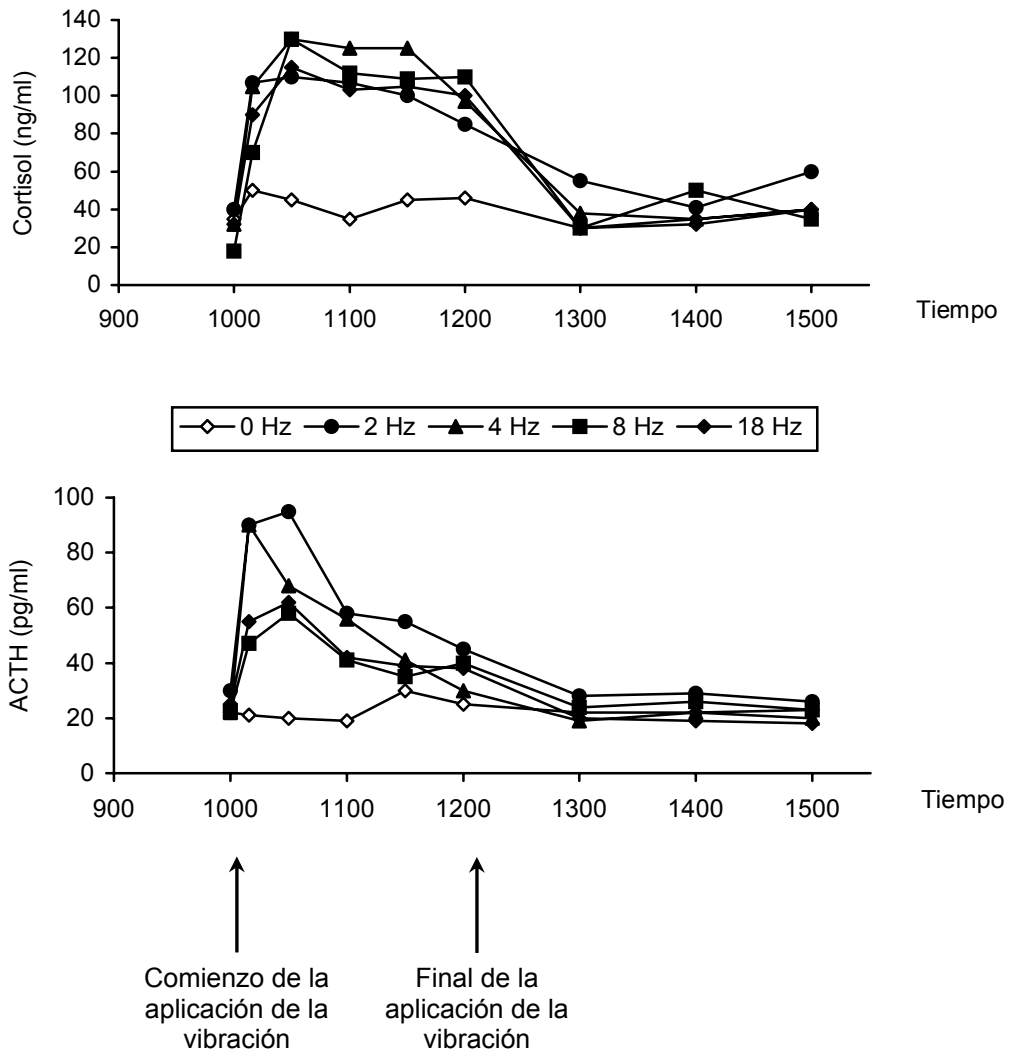
La vibración en los camiones de transporte de cerdos estaba afectada por el tipo de suspensión, por la conducción por buenas o malas carreteras, por la velocidad del vehículo y finalmente por la carga del vehículo (total o parcialmente cargados) (Randall y Bradshaw, 1998). Estos mismos autores indicaron 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 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

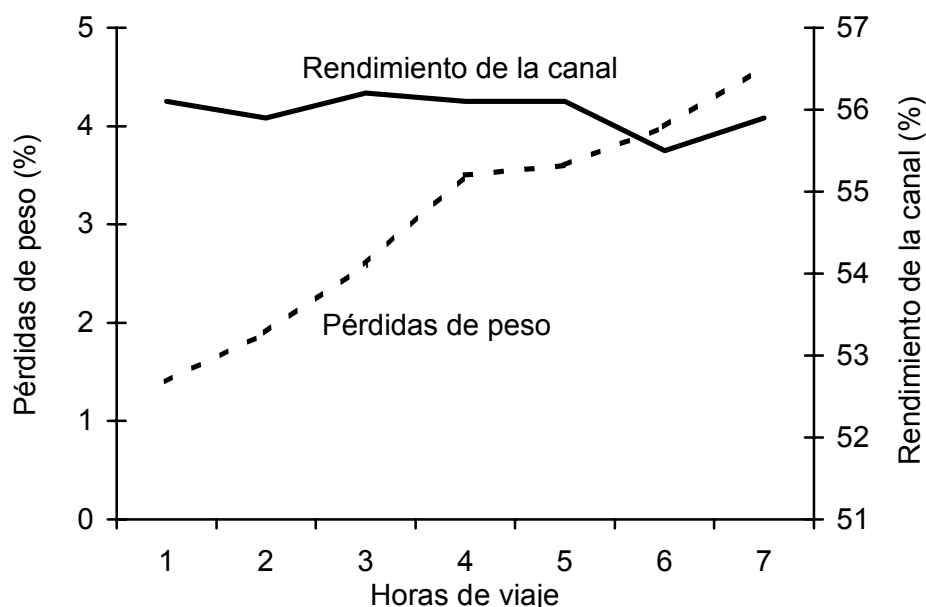
“estándar”. En el caso que los camiones cumplan una serie de requisitos, como disponer de suficiente yacija en el suelo, capacidad de formar compartimentos con paneles móviles, disponer de sistemas de toma de agua, de depósitos para su suministro durante el viaje, etc. los camiones podrán aumentar el 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).

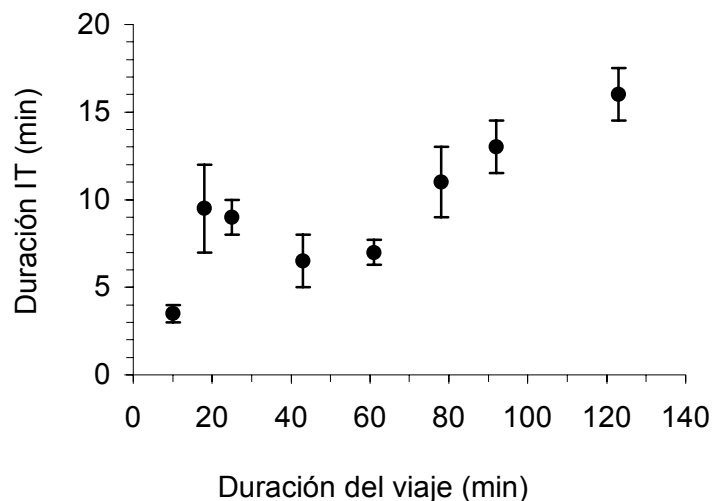
En ganado porcino la incidencia de carnes PSE eran menores para transportes de 2 horas de duración comparado con otro de 50 minutos (Fortin, 2002).

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 β -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

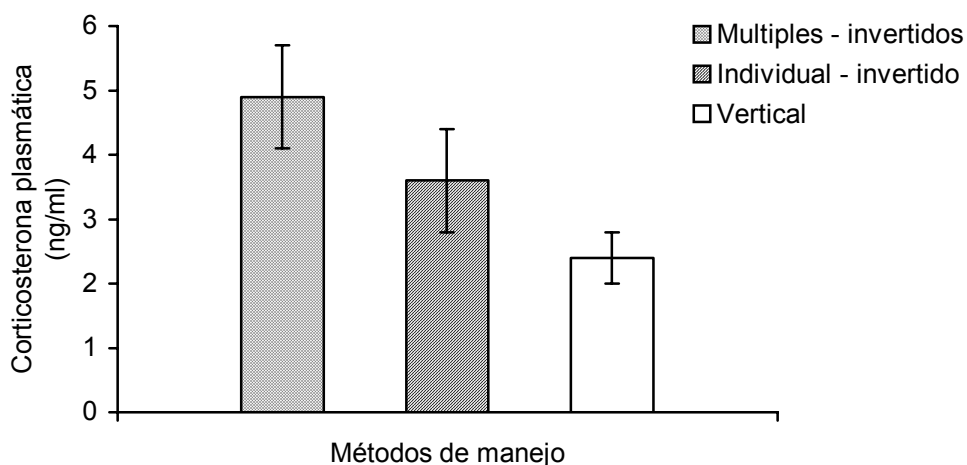
En el transporte de animales de abasto se pueden diferenciar dos tipos de sistemas de carga y descarga, dependiendo de tipo de animal. Aquellos sistemas en los que el animal avanza al vehículo de transporte como los cerdos, terneros y ovejas; y por otro lado los que introducen los animales en jaulas 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 ($m^2/100 \text{ Kg}$), 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 ($235 \text{ Kg}/m^2$) 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.

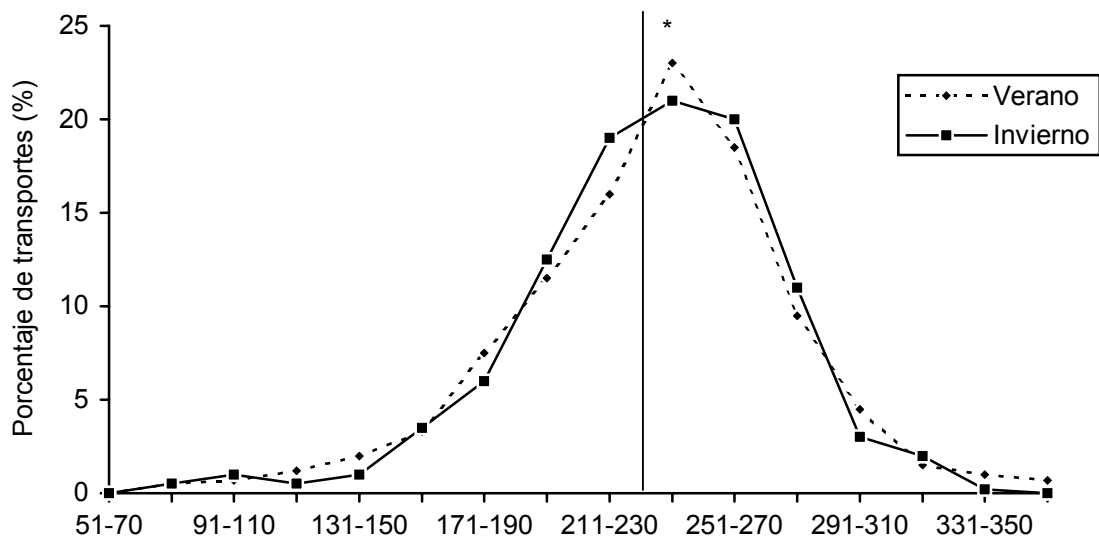
Muy poco espacio puede hacer que los animales luchen, se produzcan agresiones y mucho espacio hace que los animales pierdan el equilibrio más fácilmente con el movimiento del camión y puedan caerse.

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 Kg/m^2 y que el 57 % de los transportes se realizaban superando los de 235 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/m² (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/m²) 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 m²/100 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 m²/100 Kg y 0,34 m²/100 Kg.

Los cerdos se pueden tumbar en dos posiciones: esternal, (necesitan aproximadamente entre 0,39 y 0,40 m²/100 Kg de peso vivo, 250-256 Kg/m²) o en posición lateral, necesitando más superficie para tumbarse (1,00 a 1,05 m²/100 Kg de peso vivo en cerdos también) (Baxter, 1992). Si se proporcionara un área de 0,44 m²/100 Kg de peso vivo, que corresponde con una densidad de 277 Kg/m², pueden tumbarse a la vez (Lambooy y cols.1985).

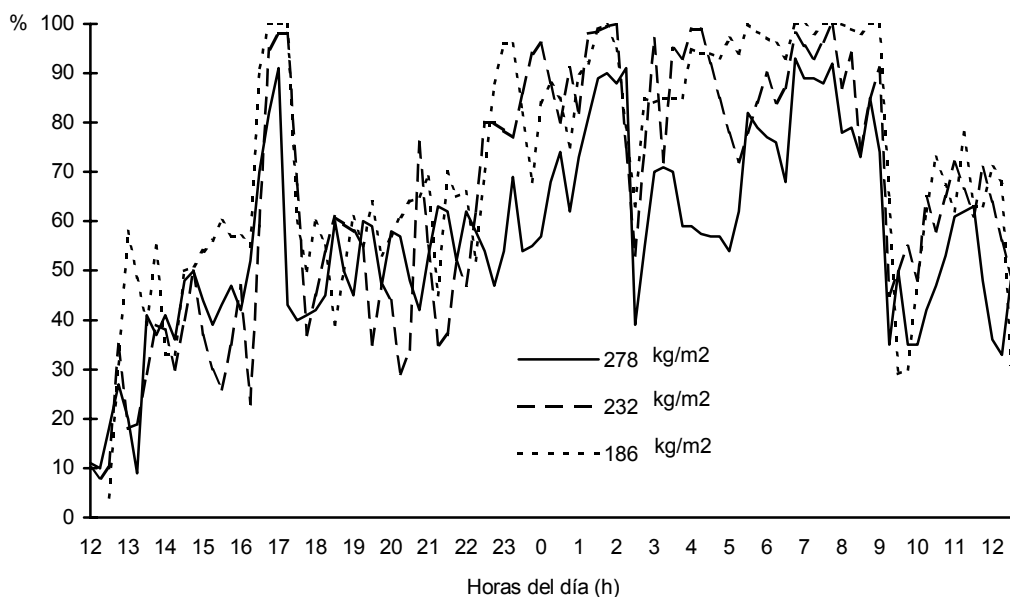
Otro criterio para determinar la densidad animal esta basado en la provisión de una adecuada ventilación (Randall, 1993).

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 m²/100 Kg de peso vivo, respectivamente) (Lambooy y Engel, 1991).

Cuando la densidad de carga fue de 0,43 m²/100 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 m²/100 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/m²) 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/m²) estuvieron más tiempo de pie que los transportados a baja densidad (4 corderos/m²) 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 m²/100 Kg de peso vivo) los niveles de CK fueron más elevados a alta densidad (0,30 m²/100 Kg de peso vivo, 321 Kg/m²) (Warriss, 1998). Barton Gade y Christensen (1998) encontraron que a medida que aumentaba la densidad animal de 0,50 y 0,35 m²/100 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 m². También encontraron una mayor incidencia de lesiones en la piel y de prolapso rectal cuando la densidad era alta (0,3 m²/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 m²/animal). La cantidad de enrojecimientos en la canal fue más alta para los animales transportados a alta y baja densidad (0,89 m²/animal y 1,39 m²/animal respectivamente) que para los animales transportados a densidad intermedia (1,16 m²/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/m². De la misma forma Warriss (1998) tampoco encontraron diferencias entre otras dos densidades, 200 y 323 Kg/m². Gerber (1985), encontró en cerdos transportados en Alemania que cuando la densidad de transporte era 303 Kg/m² la calidad de la carne era peor que aquellos transportados a 223 kg /m². 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 ²)			
	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/m².

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 μmol 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 μmol 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 μmol 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^a vértebra torácica como en la 6^a 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 T₃ 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, ↑ β -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; β -OHB: β -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 cardíaca 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 cardíaca se mantuvo alta, incluso 9 horas tras la carga de las ovejas en el camión.

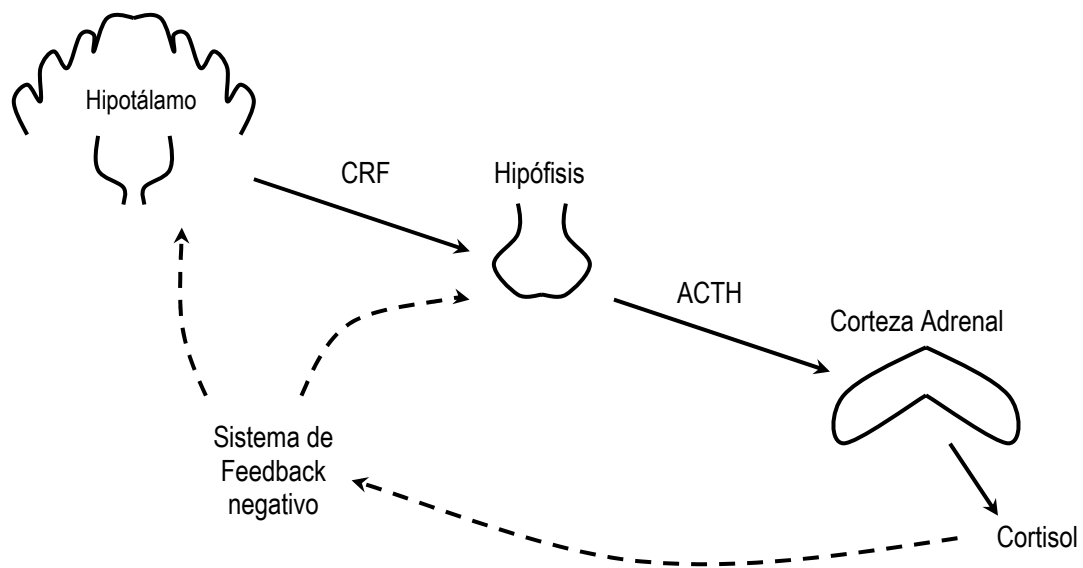
El mayor problema a la hora de interpretar la frecuencia cardíaca como medida de estrés es la gran variabilidad que existe entre individuos (Perremans *et al*, 1997; Minero *et al*, 2002).

La **frecuencia respiratoria** es fácilmente valorable, y aumenta de la misma forma que lo hace la frecuencia cardíaca. 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 linfokinas 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 **β -hidroxibutirato** (3-hidroxibutirato, β -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 β -OHB puede ser más fácilmente utilizado por las células.

Los FFA y el β -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 **β -endorfinas** se forman por la ruptura del pro-opiomelanocortin rápidamente tras su secreción por la hipófisis anterior, formándose la β -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 β -endorfinas no están claras, ya que actúan como analgésico a través de μ -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 β -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).

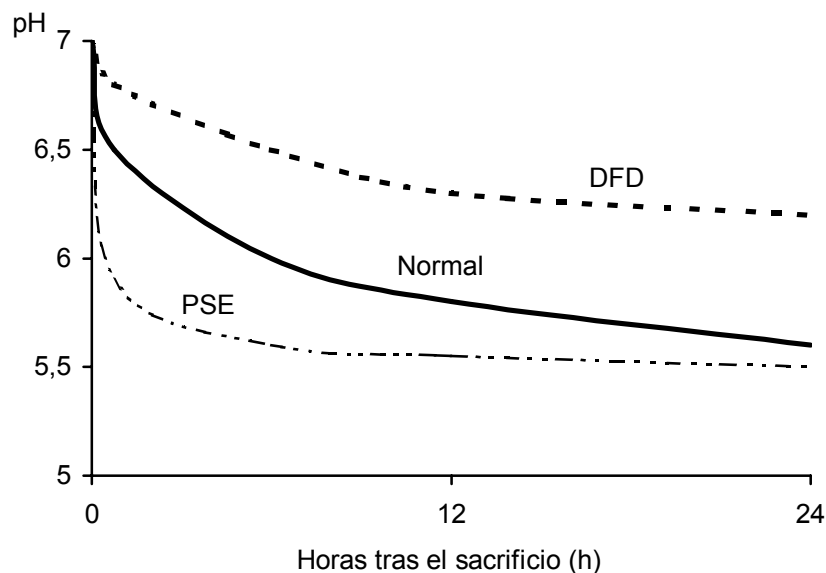
El nivel de lesiones en cerdos está en relación con el manejo que se hace de los animales durante la carga y la descarga. El número de lesiones en piel aumenta cuando los cerdos son mezclados durante la carga, transporte y la posterior descarga (Guise y Penny, 1989a).

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 ₃	1.400 UI/Kg
Vitamina E (α-tocoferol)	17 mg /Kg
Cobre (CuSO ₄ -5H ₂ 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 m²/animal) y 8 (0,052 m²/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°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 m²/animal) y dos a baja densidad (8 animales por jaula, 0,052 m²/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 m²/animal), donde se mezclaron dos grupos de 6 conejos, y dos a baja densidad (8 animales por jaula, 0,052 m²/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 m²/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 (H₂SO₄) 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^+ . 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^+) 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 (H₂O₂). El H₂O₂ 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 (H₂O₂). y en la

segunda el H₂O₂ 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

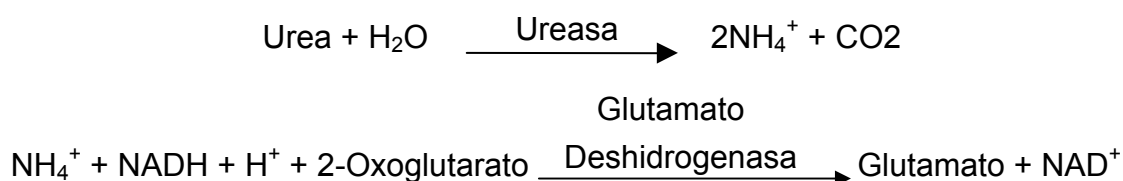
La osmolaridad (mOsmol/l) se calcula mediante la siguiente formula:

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

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 μl de plasma con EDTA y 5 μl 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) (Cu^{++}) en medio alcalino. Se mezcla 50 μl 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 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 (HClO₄) 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 (CaCl₂) 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/cm² con un R²= 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:

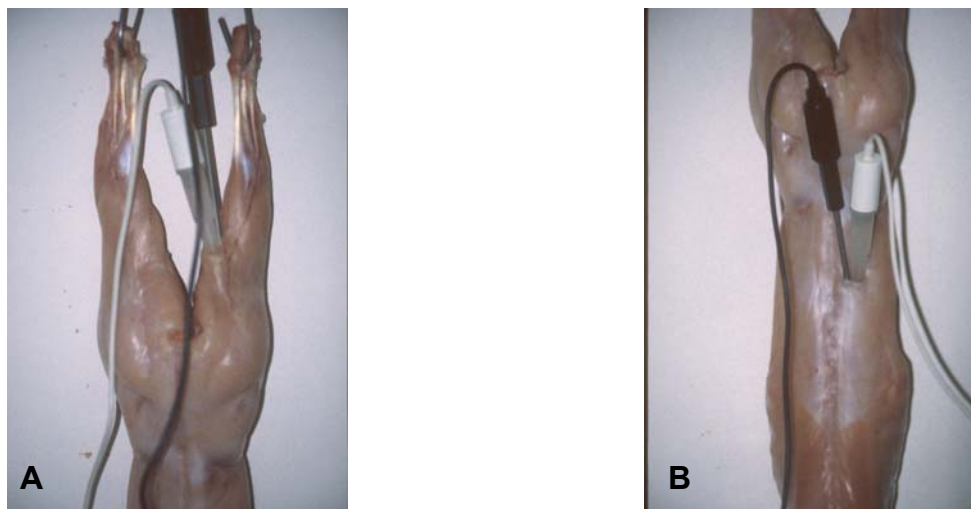
$$\text{CRA (\%)} = 100 - \{[(T(\text{cm}^2) - M(\text{cm}^2)) \times 15,16 \times 100] / \text{Agua de la muestra (mg)}\}$$

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

μ	=	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)
β_1	=	coeficiente de regresión de la covariable peso antes del transporte
β_2	=	coeficiente de regresión de la covariable peso previo a la prueba de estrés
β_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
ε	=	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:

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

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

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

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:

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

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:

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

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.

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

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:

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

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:

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

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.

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

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.

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

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 ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
Cortisol (ng/ml)	3,74 ^y	3,35 ^y	1,99	2,13	1,31	1,50	**	NS	*	*
CK (U/l)	2314,96	2047,22	1582,80 ^x	1253,12 ^y	2323,75	665,14	NS	**	NS	*
LDH (U/l)	651,44 ^y	838,78	432,17 ^z	339,32 ^z	1081,43	329,26	*	***	***	***
Lactato (mmol/l)	30,62 ^z	32,32 ^z	15,19 ^z	19,19 ^z	71,80	11,64	***	***	***	***
Glucosa (mg/dl)	119,61 ^z	113,91 ^z	101,40 ^z	78,84 ^z	278,29	33,95	***	***	***	***
Hematocrito (%)	37,53 ^x	36,61 ^x	35,20	38,35 ^y	32,39	4,03	*	*	*	**
Osmolaridad (mOsmol/l)	320,05 ^z	308,30 ^y	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

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

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

¹ 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 glúcogeno 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 glúcogeno 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 glúcogeno 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 μmol de glucosa / g de tejido muscular durante un transporte de 24 horas, mientras que solo se reducía a un 10,97 μmol 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 ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
<i>Longissimus dorsi</i>										
45 minutos	6,90 ^z	6,89 ^z	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 ^z	1,00 ^y	0,68	0,57	0,65	0,23	***	NS	*	NS
<i>Semitendinosus</i>										
45 minutos	6,63 ^x	6,61 ^x	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 ^y	0,69 ^y	0,41	0,30	0,33	0,25	**	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)

¹ 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 ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs C	I vs C	A vs C	B vs C
30 minutos										
L*	58,96 ^y	59,67 ^x	57,34 ^z	57,45 ^z	63,10	3,17	**	***	***	**
a*	1,48	1,02	1,45	1,41	0,17	1,50	NS	*	*	NS
b*	-5,30 ^z	-5,81 ^z	-9,98	-8,99	-10,97	2,37	***	NS	**	***
C*	6,78 ^y	6,72 ^y	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
24 horas										
L*	51,25 ^z	50,07 ^z	53,75 ^z	53,94 ^z	57,84	1,81	***	***	***	***
a*	8,33 ^z	8,50 ^z	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 ^y	9,65 ^y	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
Variación										
L*	7,64	9,45 ^x	3,49	3,41	5,15	3,83	*	NS	NS	NS
a*	-6,77 ^y	-7,50 ^y	-3,65	-3,73	-3,85	1,92	***	NS	NS	*
b*	-9,05 ^z	-9,58 ^y	-12,35	-11,73	-13,06	2,25	***	NS	*	*
C*	-2,75 ^z	-2,88 ^z	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)

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

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

¹ 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 ^c	0,60 ^a	1,68 ^b	1,33 ^{ab}	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 ^b	88,75 ^a	220,33 ^b	263,42 ^b	50,18	***	***	***
Hematocrito (%)	42,28	39,48	41,47	38,40	2,68	NS	***	NS
Osmolaridad (mOsmol/l)	305,83 ^c	259,50 ^a	289,92 ^b	286,42 ^b	11,00	NS	***	***
Albúminas (g/dl)	2,82	2,94	3,25	3,12	0,24	***	NS	NS
Globulinas (g/dl)	2,09 ^b	1,16 ^a	1,30 ^a	1,75 ^b	0,49	NS	NS	***

^{a,b y c} 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 bajo 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 CO₂ 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 ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			CI vs C	F vs C	A vs C	B vs C
Hígado (g)	68,07	60,24 ^z	45,65 ^z	57,15 ^z	73,49	7,26	**	***	***	***
Gluc. Hep. (mg/g tejido)	98,26 ^z	172,79 ^z	48,40 ^z	240,49 ^z	430,04	97,68	***	***	***	***
Gluc. Musc. (mg/g tejido)										
30 minutos	7,25 ^x	5,56 ^z	4,97 ^z	8,28	8,96	1,57	***	***	***	***
24 horas	0,69 ^z	0,34 ^z	0,39 ^z	0,84 ^y	1,80	0,59	***	***	***	***
Variación	6,56	5,21 ^x	4,57 ^z	7,44	7,17	1,51	NS	NS	*	NS
Humedad (%)	76,21 ^z	75,91 ^z	76,07 ^z	76,45 ^y	77,41	0,74	***	***	***	***
CRA (%)	38,13 ^x	37,66 ^x	40,51 ^z	37,97 ^x	33,31	4,29	*	**	**	*

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

¹ 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 ^c	41,00 ^b	13,25 ^a	41,33 ^b	12,10	***	*	***
Prop. pérd. (%)	3,03 ^c	2,14 ^b	0,71 ^a	2,28 ^b	0,63	***	NS	***
Hígado (g)	68,81 ^c	61,03 ^b	46,41 ^a	57,89 ^b	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 ^b	5,63 ^a	5,02 ^a	8,33 ^b	1,57	NS	NS	***
24 horas	0,70 ^{ab}	0,37 ^a	0,40 ^a	0,85 ^b	0,33	NS	NS	***
Variación	6,61 ^b	5,25 ^a	4,62 ^a	7,48 ^b	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

^{a,b y c} 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 ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			CI vs C	F vs C	A vs C	B vs C
<i>Longissimus dorsi</i>										
0 minutos	6,42 ^x	6,36 ^z	6,74	6,66	6,62	0,15	**	NS	NS	NS
45 minutos	6,23	6,07 ^x	6,58	6,46	6,34	0,25	NS	NS	NS	NS
24 horas	5,76	5,72	5,94 ^z	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 ^x	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 ^x	6,67 ^x	6,63	6,37	0,23	*	*	NS	NS
24 horas	6,13	5,89 ^x	6,12	5,93	6,02	0,13	NS	NS	NS	*
<i>Variación</i>										
0 – 45	-0,03	0,00	0,07	-0,15 ^x	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 ^y	0,30	0,54	0,47	0,46	0,23	*	NS	NS	NS

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

¹ 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 ¹		
	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 ¹			
	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 ^y	1,10	-0,01	0,68	1,49	NS	NS	NS	*
b*	-7,05 ^x	-9,59	-9,26	-10,82	-10,09	2,62	NS	NS	NS	NS
C*	8,37 ^x	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 ^z	55,72 ^x	57,54	1,60	NS	***	**	NS
a*	4,00 ^y	4,36	4,74	5,84 ^y	4,85	0,68	*	NS	NS	NS
b*	1,89 ^x	1,78 ^x	1,34 ^y	3,68	2,84	1,03	*	NS	**	NS
C*	4,52 ^y	4,77 ^x	5,03	6,93 ^y	5,70	0,86	**	NS	*	NS
H*	24,64	21,77	13,75 ^y	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 ^x	-4,17	1,47	NS	NS	NS	*
b*	-8,94 ^y	-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

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

¹ 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 ¹		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Situación térmica	Densidad	Interacción
30 minutos								
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
24 horas								
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 ^b	1,78 ^b	1,34 ^a	3,68 ^c	0,95	*	***	***
C*	4,52 ^a	4,77 ^a	5,03 ^a	6,93 ^b	0,77	***	***	***
H*	24,64 ^{bc}	21,77 ^{ab}	13,75 ^a	32,09 ^c	10,31	NS	*	***
Variación								
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

^{a,b y c} 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 ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			Cl vs, C	F vs, C	A vs, C	B vs, C
30 minutos										
L*	44,74	43,68	39,85 ^z	38,92 ^z	43,43	2,04	NS	***	NS	*
a*	3,82 ^z	3,88 ^z	4,96	5,21	4,91	0,62	***	NS	*	NS
b*	2,15	1,79	1,21 ^x	0,83 ^z	1,73	0,52	NS	**	NS	NS
C*	4,43 ^y	4,35 ^y	5,13	5,30	5,21	0,51	***	NS	*	NS
H*	29,80 ^y	25,21	13,75	9,17 ^y	19,48	8,02	*	*	NS	NS
24 horas										
L*	59,58	59,67	53,96 ^z	58,97	59,93	2,42	NS	**	**	NS
a*	2,80 ^z	3,10 ^z	5,06	5,12	4,51	0,79	***	NS	NS	NS
b*	1,76 ^y	1,96 ^x	1,18 ^z	2,32	2,49	0,52	**	**	***	NS
C*	3,36 ^z	3,72 ^z	5,26	5,64	5,17	0,71	***	NS	**	NS
H*	32,66	33,81	13,75 ^z	24,07	28,65	8,60	NS	**	NS	NS
Variación										
L*	-14,84	-15,99	-14,11	-20,05 ^y	-16,50	2,88	NS	NS	NS	NS
a*	1,02 ^x	0,78	-0,10	0,08	0,39	0,58	*	NS	NS	NS
b*	0,39 ^y	-0,17	0,02 ^x	-1,49 ^x	-0,76	0,73	**	NS	**	NS
C*	1,07 ^z	0,64 ^x	-0,13	-0,34	0,04	0,62	**	NS	NS	NS
H*	-2,86	-8,60	0,17 ^x	-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)

¹ 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 ¹		
	Alta	Baja	Alta	Baja		Situación térmica	Densidad	Interacción
30 minutos								
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
24 horas								
L*	59,58 ^b	59,67 ^b	53,96 ^a	58,97 ^b	2,58	***	**	**
a*	2,80	3,10	5,06	5,12	0,81	***	NS	NS
b*	1,76 ^b	1,96 ^{bc}	1,19 ^a	2,32 ^c	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
Variación								
L*	-14,84 ^b	-15,99 ^b	-14,11 ^b	-20,05 ^a	3,05	NS	***	**
a*	1,02	0,78	-0,10	0,08	0,51	***	NS	NS
b*	0,39 ^b	-0,17 ^b	0,01 ^b	-1,48 ^a	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

^{a,b y c} 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

produce por el calor en un grupo o de la vasoconstricción periférica en los expuestos a frío.

La concentración de glucógeno muscular para los animales alojados en alta densidad, mostró diferencias muy marcadas entre las dos situaciones térmicas, los sometidos a calor tuvieron una concentración más alta, debido a que el *Longissimus dorsi* no se ejerció durante el tiempo de la prueba y mantuvo la cantidad de glucógeno, mientras que en los conejos sometidos a frío debido a la alta densidad realizaron más movimientos y utilizaron el glucógeno muscular para estos movimientos.

Con relación al pH muscular, el pH inicial de los conejos sometidos a calor por la ligera acidosis metabólica que presentaron fue menor que el de los expuestos a frío y que en los manejados. En este sentido, los conejos sometidos a frío y alojados a alta densidad mostraron un mayor pH final, por falta de reservas de glucógeno muscular al comienzo que causó que el pH final fuera alto.

Cuando observamos el color de la canal tras el sacrificio, encontramos que las canales procedentes de los animales sometidos a calor fue más clara y pálida (mayor L^* y b^* y menor C^*) que los expuestos a frío, siendo el color de la canal muy parecido en los 4 grupos estudiados con el color de la canal de los solamente manejados. En relación a la densidad, encontramos canales más pálidas en los alojados a alta densidad (menor C^*).

A las 24 horas *post-mortem*, se mantiene el mismo patrón de color, más pálidas las canales procedentes de animales expuestos a calor (mayor L^* y menor C^*), mientras que las canales procedentes de animales expuestos a frío y de conejos manejados mostraron pequeñas diferencias entre ellas, menor luminosidad (L^*) las primeras que las segundas.

Con relación al color de la carne tras el sacrificio, la procedente de animales sometidos a calor fue más clara, pálida y con un color pardo por tener mayor L^* , H^* y menor C^* , que fue un reflejo del pH del músculo. Tras el periodo de refrigeración se siguieron manteniendo las diferencias en el color de la carne entre ambas situaciones térmicas. Con una carne más clara, pálida y con tonalidad marrón en los conejos sometidos a calor.

Se puede concluir, que dentro de los conejos expuestos a estrés térmico, los sometidos a calor y alojados en alta densidad, mostraron una reducción de su bienestar por tener mayor mortalidad, concentración de cortisol y osmolaridad, así como un pH más bajo y un color de la canal y de la carne más pálido.

2.2.- ESTRÉS POR RUIDO

2.2.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

En la tabla 4.21. se muestran las medias y las comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados en los conejos expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo.

Tabla 4.21.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados en animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Ruido		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			R vs C	RA vs RB
Cortisol (ng/ml)	1,37	1,21	1,84	1,26	NS	NS
CK (U/l)	5673,75 ^z	2834,27	2489,25	1541,99	**	***
LDH (U/l)	501,00 ^y	796,00	983,12	344,85	*	NS
Lactato (mmol/l)	44,50 ^z	37,54 ^z	73,50	13,30	***	NS
Glucosa (mg/dl)	67,08 ^z	240,82	269,37	38,59	***	***
Hematocrito (%)	33,59	37,60 ^x	32,59	3,67	NS	*
Osmolaridad (mOsmol/l)	260,50 ^y	284,00	281,75	14,81	NS	***
Albúminas (g/dl)	3,37 ^y	2,65	2,79	0,37	*	*
Globulinas (g/dl)	3,07 ^x	2,04	2,05	0,84	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)

R: ruido; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

La concentración de cortisol en sangre no mostró diferencias entre los conejos expuestos a ruido y los sometidos a manejo, tampoco se observaron diferencias entre las dos densidades para los animales sometidos a ruido. La actividad enzimática de la CK fue mucho mayor para los animales expuestos a ruido y alojados en alta densidad que para los animales manejados (P<0,001). Cuando se comparó el conjunto los animales expuestos a ruido con los sometidos a manejo, estos presentaron una concentración enzimática de CK más baja (P<0,01) que aquéllos. Entre las dos densidades se observaron diferencias significativas (P<0,001), con valores mayores para los animales alojados a alta densidad que los de baja.

La actividad enzimática de la otra enzima estudiada, LDH, fue menor para los animales expuestos a ruido a alta densidad que para los animales manejados ($P < 0,01$), pero en la comparación de los expuestos a ruido con los manejados, encontramos que la actividad enzimática también fue menor ($P < 0,05$), no observándose diferencias significativas entre las dos densidades de los conejos expuestos a ruido.

El ruido mostró tener un efecto sobre las concentraciones de lactato y glucosa, con menores concentraciones que los animales sometidos a manejo ($P < 0,001$). En el caso de la concentración de glucosa, observamos que fue significativamente menor en los animales alojados en alta densidad con relación a los sometidos a manejo ($P < 0,001$). La densidad animal mostró tener un efecto sobre la concentración de glucosa, teniendo menor concentración los conejos alojados en alta densidad que los de baja densidad ($P < 0,001$).

El hematocrito de los animales sometidos a ruido en baja densidad fue significativamente mayor que en los conejos manejados ($P < 0,05$). También se observaron diferencias entre las dos densidades, con un mayor valor del hematocrito en los conejos alojados en baja densidad ($P < 0,05$).

Asimismo, los conejos alojados en alta densidad tuvieron una osmolaridad significativamente más baja que los animales manejados ($P < 0,01$). Por otro lado, también se observó diferencias entre las dos densidades, mostrando un valor más bajo los conejos alojados a alta densidad ($P < 0,001$).

Con relación a la concentración de proteínas, los animales alojados en alta densidad mostraron una mayor concentración que los conejos sometidos a manejo, tanto para las albúminas como para las globulinas, mostrándose diferencias significativas entre las dos densidades, con menor concentración en los animales alojados en baja densidad.

En el ganado porcino, Warriss y cols. (1994) describieron una correlación positiva entre el nivel de ruido en matadero en los momentos previos al sacrificio y el nivel de estrés. En este sentido, observaron que los cerdos sacrificados en mataderos con un nivel de ruido alto (106 dB) tenían una mayor concentración de lactato y de CK que los sacrificados en mataderos con un nivel más bajo (93 dB). Sin embargo, Estos autores no encontraron diferencias en la concentración de cortisol en sangre entre los cerdos sacrificados en los dos tipos de mataderos, con alto y bajo nivel de ruido, que atribuyen a que el cortisol refleja las condiciones de manejo realizadas en el comienzo del

transporte, mientras que el lactato y la CK indican el nivel de actividad a que están siendo sometidos los animales.

En nuestro trabajo tampoco encontramos diferencias significativas en el nivel de cortisol entre los animales sometidos a ruido y los manejados, lo que parece indicar que el nivel de ruido aplicado de manera continua no supone un estrés adicional

En estudios realizados sobre el efecto del ruido en otras especies, encontraron que en terneros sometidos a 96 dB durante 30 minutos se produjo un aumento significativo de la concentración de cortisol, que volvió a su nivel basal a los 30 minutos tras finalización de la exposición al ruido (Agnes *et al*, 1990).

Estas diferencias en la respuesta del cortisol ante un ruido pueden ser atribuidas a las diferentes especies, pero en nuestro caso, también a un acostumbramiento por parte de los conejos a un ruido constante durante toda la duración de la prueba (4 horas y media), y por ello los niveles de cortisol medidos al final hayan alcanzado su nivel basal.

En nuestro estudio, los niveles de CK fueron más elevados pero los conejos en alta densidad y ruido que para los animales sometidos a manejo, de acuerdo con los hallazgos de Warris y cols. (1994), mientras que los niveles de glucosa, lactato y LDH fueron menores en los animales expuestos a ruido que en los sometidos a manejo.

2.2.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE

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

La tabla 4.22. muestra las pérdidas de peso de los conejos durante el tiempo que estuvieron expuestos a ruido. No se observaron diferencias en la pérdida de peso entre las dos densidades de carga, esta pérdida fue debida al ayuno a que fueron sometidos los animales durante el tiempo de exposición al ruido.

Tabla 4.22.- Comparación de la pérdida de peso (g) y proporción de pérdida con respecto al peso inicial (Prop. pérd., %) en animales sometidos a ruido para dos densidades (Alta y Baja)

	Ruido		ES	Significación ¹
	Alta	Baja		
Pérdida de peso	48,08	47,45	27,13	NS
Prop. pérd.	2,67	2,63	1,46	NS

Significación: NS: no significativo
ES: Error Estándar

En la tabla 4.23. se presentan los valores medios y las comparaciones 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 para los animales expuestos a ruido en las dos densidades con respecto a los conejos sometidos a manejo.

Tabla 4.23.- 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 los animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo.

	Ruido		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			R vs C	RA vs RB
Hígado (g)	47,91 ^z	60,16 ^x	69,73	8,79	***	**
Gluc. Hep. (mg/g tej.)	53,18 ^z	345,64	415,14	94,27	***	***
Gluc. Musc. (mg/g tej.)						
30 minutos	7,26	7,59	8,81	1,87	NS	NS
24 horas	0,69 ^y	0,56 ^y	1,75	0,79	**	NS
Variación	6,56	7,03	7,05	1,75	NS	NS
Humedad (%)	76,40 ^y	76,11 ^z	77,41	0,61	***	NS
CRA (%)	37,85 ^x	39,30 ^y	33,31	3,87	***	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; ** P<0,01; *** P<0,001)

R: ruido; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

El peso del hígado fue significativamente menor en los animales expuestos a ruido que los conejos sometidos a manejo (P<0,001), a su vez los

animales alojados en alta densidad mostraron un menor peso hepático que los alojados en baja densidad ($P < 0,01$). La concentración hepática de glúcogeno sigue el mismo patrón, con una menor concentración para los animales expuestos a ruido que para los sometidos a manejo ($P < 0,001$). Los alojados en baja densidad mostraron una mayor concentración de glúcogeno hepático ($P < 0,001$) que los de baja densidad.

La concentración de glúcogeno muscular a los 30 minutos tras el sacrificio no mostró diferencias significativas ni entre los conejos expuestos a ruido con los manejados ni entre las dos densidades. Mientras que la concentración a las 24 horas fue menor en los animales expuestos a ruido que en los sometidos a manejo ($P < 0,01$). La variación de la concentración entre los dos tiempos estudiados no mostró diferencias ni entre los sometidos a ruido con los manejados ni entre las dos densidades de los expuestos a ruido.

La humedad del músculo fue menor en los animales expuestos a ruido que en los sometidos a manejo ($P < 0,001$) y la CRA fue mayor en los sometidos a ruido que en los manejados ($P < 0,001$).

No se encontraron diferencias en la pérdida de peso en los conejos sometidos a ruido entre ambas densidades. Las pérdidas de peso se deben al ayuno a que estuvieron sometidos los conejos durante la prueba, que está en consonancia con lo encontrado por autores que sometieron a ayuno a conejos. Purdue (1984) encontró en un ayuno de 6 horas una pérdida de peso de 2,7 %, cuando el ayuno estuvo unido al transporte, las pérdidas de peso fueron mayores, 3,5 %. Ashby y cols. (1980) encontraron una pérdida de peso por el ayuno de 6 horas de 1,8 %, la cual es bastante más baja de la encontrada en nuestro estudio.

A partir de los resultados encontrados, podemos observar que los animales sometidos a ruido en alta densidad presentaron una mayor reducción del peso del hígado y de la concentración hepática de glúcogeno, mientras que no se observó una reducción significativa en la concentración de glúcogeno muscular. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Purdue (1984), que encontró una reducción drástica de las reservas de glúcogeno hepático en conejos sometidos a 24 horas de ayuno, mientras que el glúcogeno muscular no se encontraba afectado, el ayuno a que sometieron a los animales fue de 24 horas y la reducción del glúcogeno hepático fue de un 81 % mientras que el muscular solo se redujo en un 30 %, pero este último no fue diferente estadísticamente con un grupo control que no fue sometido a ayuno.

La menor humedad de la carne y la mayor CRA pueden estar asociadas a la pérdida de peso, que en un principio se produce en forma de heces y de orina (Knowles *et al*, 1995a), pero que cuando la privación de agua y alimento se mantiene durante más tiempo, comienzan a movilizar los animales las reservas corporales, con la posible movilización de agua del tejido muscular.

2.2.2.2.- PH

En la tabla 4.24. se presentan las medias y las comparaciones del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*, para los animales expuestos a ruido en las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a manejo.

Tabla 4.24.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* en animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a animales manejados

	Ruido		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			R vs C	RA vs RB
<i>Longissimus dorsi</i>						
0 minutos	6,86 ^y	6,31 ^y	6,61	0,17	NS	***
45 minutos	6,43	6,18	6,40	0,28	NS	NS
24 horas	6,08 ^z	5,75	5,79	0,10	**	***
<i>Variación</i>						
0 – 45	0,33	0,26	0,16	0,31	NS	NS
45 – 24	0,39 ^x	0,35 ^x	0,67	0,29	*	NS
0 – 24	0,72	0,61 ^x	0,82	0,20	NS	NS
<i>Semitendinosus</i>						
0 minutos	6,79 ^y	6,24 ^x	6,49	0,18	NS	***
45 minutos	6,84 ^z	6,45	6,38	0,17	**	***
24 horas	6,33 ^z	5,91	6,01	0,14	NS	***
<i>Variación</i>						
0 – 45	-0,14	-0,07	0,06	0,24	NS	NS
45 – 24	0,55	0,44	0,40	0,24	NS	NS
0 – 24	0,40	0,37	0,46	0,21	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)

R: ruido; A: alta; B: baja; C: sometidos a manejo

ES: Error Estándar

El pH en el *Longissimus dorsi* en el momento 0 es significativamente mayor para el grupo de conejos alojados en alta densidad que para los sometidos a manejo ($P<0,01$) y sucede lo contrario en el otro grupo de conejos expuestos a ruido, su pH es menor que el de los manejados ($P<0,001$). Esta diferencia en el pH muscular en el momento 0 también se observa en el pH del músculo *Semitendinosus*.

A los 45 minutos *post-mortem* el pH muscular no presentó diferencias significativas en el *Longissimus dorsi*, ni en la comparación con el grupo de animales sometidos a manejo ni entre los dos grupos de conejos expuestos a ruido (alta y baja densidad).

El pH final (24 horas) para este mismo músculo, fue mayor para los animales alojados en alta densidad que para los conejos sometidos a manejo ($P<0,001$) y también más alto que para los individuos expuestos a ruido a baja densidad ($P<0,001$).

Cuando observamos la variación de pH total entre el momento 0 y 24 horas, los animales expuestos a ruido a baja densidad tuvieron una menor variación que los sometidos a manejo ($P<0,05$). La variación entre el tiempo 45 minutos y 24 horas fue menor para los dos grupos de conejos expuestos a ruido que para los sometidos a manejo ($P<0,05$), no encontrándose diferencias entre las dos densidades.

El pH en el músculo *Semitendinosus* a los 45 minutos tras el sacrificio, fue más alto en los conejos sometidos a ruido que en los manejados ($P<0,01$) y el grupo de conejos alojados a alta densidad mostraron un pH estadísticamente más alto ($P<0,001$) que los conejos manejados. A las 24 horas, el pH del grupo de conejos alojados a alta densidad mostró un valor más alto de pH que el de los animales manejados ($P<0,001$). Entre las dos densidades se encontraron diferencias significativas, con un pH más alto los animales alojados en alta densidad que los de baja ($P<0,001$). No se observó ninguna diferencia significativa en la variación de los de pH para este músculo entre los tres tiempos estudiados.

Los datos de pH mostraron que los animales expuestos a ruido en alta densidad tuvieron un pH más alto en ambos músculos analizados que los animales sometidos a manejo en el tiempo inicial (0 minutos) y el tiempo final (24 horas) y sin embargo los expuestos a ruido a baja densidad tuvieron un pH igual a los sometidos a manejo.

Las reservas de energía de los animales alojados en alta densidad fueron menores que para el grupo de animales control, con menores niveles de glucosa en sangre, glúcogeno hepático y muscular, aunque estas diferencias no fueran significativas para el momento inicial. Además de presentar una mayor actividad de CK, podría explicar este mayor pH inicial y final frente al grupo de animales sometidos a manejo. Es decir, parece que el ruido en sí mismo no afectó al pH de la carne, aunque conjuntamente con la mayor densidad provocaría un mayor compromiso de su bienestar.

2.2.2.3.- COLOR DE LA CANAL

En la tabla 4.25. se presentan los valores medio y las comparaciones de los parámetros de color de la canal de los animales expuestos a ruido para las dos densidades con respecto a los animales sometidos a manejo.

Con relación a los parámetros de color valorados a los 30 minutos tras el sacrificio, la luminosidad (L^*) de los animales expuestos a ruido fue mayor que la de los animales sometidos a manejo ($P < 0,05$) y cuando se comparó cada grupo de los expuestos a ruido con los sometidos a manejo, los conejos alojados a baja densidad tuvieron una mayor luminosidad (L^*) que los animales sometidos a manejo ($P > 0,01$) y entre los dos grupos de animales expuestos a ruido, los de alta densidad tuvieron una menor luminosidad (L^*) ($P < 0,05$) que los albergados en baja densidad.

El índice de rojo (a^*) a los 30 minutos *post-mortem* fue menor en los animales expuestos a ruido que en los conejos manejados ($P < 0,05$) y a su vez mostraron diferencias significativas ($P < 0,01$) los animales que estuvieron expuestos a ruido a baja densidad con los conejos sometidos a manejo, con un valor más bajo los primeros que los segundos. Entre los dos grupos de conejos sometidos a ruido se observaron diferencias significativas ($P < 0,01$), menor índice de rojo los animales alojados en baja densidad.

El tono de la canal (H^*) a los 30 minutos tras el sacrificio de los conejos expuestos a ruido, fue mayor que el de los sometidos a manejo ($P < 0,05$). Además, el grupo de animales albergados en baja densidad tuvo un mayor tono (H^*) que el grupo de los sometidos a manejo ($P < 0,001$). Entre las dos densidades, los animales alojados en alta tuvieron un tono de color (H^*) más bajo ($P < 0,001$) que los albergados en baja.

Tabla 4.25.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal en animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a animales sometidos a manejo

	Ruido		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			R vs C	RA vs RB
30 minutos						
L*	62,77	65,06 ^y	61,93	2,28	*	*
a*	0,32	-1,01 ^y	0,68	1,05	*	**
b*	-10,09	-9,87	-10,09	1,13	NS	NS
C*	10,17	9,95	10,15	1,11	NS	NS
H*	-28,08	84,23 ^z	-41,26	65,32	*	***
24 horas						
L*	56,18	56,00 ^x	57,54	1,61	*	NS
a*	5,81 ^x	6,02 ^y	4,85	0,81	*	NS
b*	2,47	3,40	2,84	1,08	NS	*
C*	6,39	6,93 ^x	5,70	1,05	*	NS
H*	22,35	29,22	28,65	8,02	NS	*
Variación						
L*	6,59 ^x	9,06 ^z	4,39	2,16	***	*
a*	-5,49 ^x	-7,03 ^z	-4,17	1,12	***	**
b*	-12,56	-13,27	-12,93	1,58	NS	NS
C*	3,79	3,02 ^x	4,45	1,43	NS	NS
H*	-49,85	54,43 ^z	-69,33	69,33	*	**

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

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)

R: ruido; 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 canal a las 24 hora tras el sacrificio, fue menor en el grupo de animales expuestos a ruido que en el grupo de los sometidos a manejo (P<0,05). Asimismo, los conejos alojados en baja densidad tuvieron una menor luminosidad (L*) que los sometidos a manejo.

A las 24 horas *post-mortem*, el índice de rojo (a*) y la cromaticidad (C*) fueron mayores en los animales expuestos a ruido que en los sometidos a manejo (P<0,05). En el caso de la cromaticidad (C*), los conejos alojados en

baja densidad presentaron un valor más alto ($P < 0,05$) que los sometidos a manejo.

La densidad entre los animales expuestos a ruido mostró un efecto en el índice de amarillo (b^*) y en el tono (H^*) ($P < 0,05$), con valores más altos en los albergados a baja densidad que de alta.

Con relación a la variación de los parámetros de color entre los dos tiempos estudiados, la reducción de la luminosidad (L^*) fue mayor en los conejos expuestos a ruido que en los manejados ($P < 0,001$), y con respecto a la densidad la reducción fue también mayor en los alojados a baja densidad ($P < 0,05$) que en los de alta.

El índice de rojo (a^*) entre los dos tiempo medidos, aumentó significativamente más en los animales expuestos a ruido que los conejos sometidos a manejo ($P < 0,001$) y las dos densidades aumentó más en los alojados a baja densidad que en los de alta ($P > 0,01$).

La variación del tono del color (H^*) de la canal entre el momento 30 minutos y 24 horas disminuyó en los animales alojados en baja densidad mientras que en los otros dos grupos, alta densidad y sometidos a manejo, aumentó, esto hecho provocó que existieran diferencias significativas entre las dos densidades ($P < 0,01$) y entre el grupo de conejos alojados en baja densidad y el grupo de los sometidos a manejo.

La canal de los conejos expuestos a ruido en baja densidad fue más brillante y clara al principio, que las canales de los animales albergados en alta densidad y que la de los sometidos a manejo, por tener los primeros mayor L^* y H^* y menor a^* . Tras las 24 horas de refrigeración, las canales de estos animales, expuestos a ruido y alojados en baja densidad se volvieron más oscuras y brillantes que las de los otros dos grupos, por tener menor L^* y mayor a^* y C^* . Este cambio en el color de la canal también se observó por una mayor reducción de la L^* y del H^* y un incremento del índice de rojo(a^*).

2.2.2.4.- COLOR DE LA CARNE

La tabla 4.26. muestra las medias y las comparaciones de los parámetros de color de la carne de los animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a manejo.

Tabla 4.26.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la carne en animales sometidos a ruido en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Ruido		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			R vs C	RA vs RB
30 minutos						
L*	40,44 ^z	41,12 ^y	43,43	1,45	***	NS
a*	5,14	4,96	4,91	0,58	NS	NS
b*	1,45	1,58	1,73	0,45	NS	NS
C*	5,37	5,24	5,21	0,54	NS	NS
H*	16,04	17,76	17,76	5,73	NS	NS
24 horas						
L*	58,21 ^x	58,32 ^x	59,93	1,64	*	NS
a*	4,87	5,07	4,52	0,72	NS	NS
b*	2,28	2,14	2,49	0,49	NS	NS
C*	5,40	5,53	5,17	0,69	NS	NS
H*	25,21	23,49	28,65	5,73	NS	NS
Variación						
L*	-17,77	-17,20	-16,50	1,94	NS	NS
a*	0,28	-0,11	0,39	0,63	NS	NS
b*	-0,83	-0,56	-0,76	0,54	NS	NS
C*	-0,03	-0,30	0,04	0,65	NS	NS
H*	-9,17	-5,16	-9,17	5,73	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)

R: ruido; 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, tanto en el momento inicial (30 minutos) como en el final, a las 24 horas, fue menor en los animales expuestos a ruido que en los sometidos a manejo.

El resto de los parámetros del color estudiados en los dos tiempos, así como, la variación entre estos dos tiempos no mostraron ser diferentes entre la carne procedente de los animales expuestos a ruido y la de los sometidos a manejo así como tampoco hubo diferencias entre las dos densidades de los animales expuestos a ruido.

Podemos concluir que la carne procedente de los animales sometidos a ruido fue menos luminosa que la de los manejados, aunque en general no presentan diferencias en el color.

2.2.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

La concentración de cortisol sanguínea no mostró diferencias ni entre las dos densidades para los animales expuestos a ruido ni entre estos con el grupo de conejos manejados. Este hecho pone de manifiesto que los conejos durante el tiempo a que estuvieron sometidos a ruido, no mostraron un descenso del cortisol hasta alcanzar los niveles basales, manteniendo la misma concentración en sangre que los animales sometidos a manejo.

Por otro lado, la actividad enzimática de la CK fue mayor en los animales sometidos a ruido y mucho más elevada en los alojados en alta densidad, lo que da una idea de la fatiga muscular a que estuvieron sometidos estos animales por el hecho de mantenerlos con un nivel de ruido alto.

Este mayor nivel de CK, pero menor de LDH, en los conejos expuestos a ruido, que en los animales manejados, indica que el metabolismo muscular está aumentado, pero la cantidad de oxígeno que llega al músculo es suficiente como para realizar un metabolismo aerobio. En el caso los conejos alojados en alta densidad los requerimientos energéticos fueron mayores, con los que conlleva un descenso en los niveles de glucosa en sangre y de glucógeno en el hígado.

La reducción en el glucógeno hepático se produce en un principio por el ayuno a que estuvieron sometidos los animales, pero como se ha mencionado anteriormente, este descenso es mayor en los alojados a alta densidad, por las mayores demandas energéticas. Mientras que como no existe un descenso en los niveles de glucógeno muscular, debido a que el metabolismo muscular no está modificado, sino que simplemente es más alto y se cubre con las reservas de glucosa de origen hepático.

Con relación al pH, podemos observar que los conejos expuestos a ruido en alta densidad tuvieron un pH más alto tanto en el momento inicial como final, en los dos músculos estudiados, *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*, debido a esas mayores demandas energéticas de este grupo de animales.

En sentido contrario, se presentó el pH en los conejos alojados a baja densidad, con un menor pH inicial en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*.

El color de la canal en el momento inicial para los animales sometidos a ruido fue más luminoso y con un tono pardo (mayor L^* y H^*), siendo más manifiesta esta coloración en los albergados en alta densidad. A las 24 horas la canal de los conejos sometidos a ruido fue más oscura, ya que los valores de la

luminosidad (L*) menores y los del índice de rojo (a*) y cromaticidad (C*) fueron más altos.

En cuanto a la coloración de la carne, no se observaron diferencias muy marcadas entre los grupos, simplemente una carne ligeramente más oscura en los sometidos a ruido que en los manejados en los dos tiempos de valoración (menor L*).

Como conclusión se puede afirmar que los animales expuestos a ruido no mostraron grandes diferencias con los conejos manejados, aunque los individuos alojados en alta densidad tuvieron un mayor daño muscular y un pH de la carne más elevado, indicando que su bienestar se encontró minimamente comprometido.

2.3.- ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL

2.3.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

La tabla 4.27. presenta las comparaciones de medias de los parámetros sanguíneos estudiados para los conejos mezclado de distintas procedencia en dos densidades con respecto al grupo de animales sometidos a manejo.

Tabla 4.27.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados en animales mezclados en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Mezcla		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			M vs C	MA vs MB
Cortisol (ng/ml)	1,02 ^x	0,72 ^z	1,84	0,63	**	NS
CK (U/l)	1870,09 ^y	2023,45 ^x	2489,25	467,05	**	NS
LDH (U/l)	694,90 ^x	671,18 ^x	983,12	301,86	*	NS
Lactato (mmol/l)	34,36 ^z	38,54 ^z	73,50	12,49	***	NS
Glucosa (mg/dl)	171,36 ^z	183,64 ^z	269,37	39,83	***	NS
Hematocrito (%)	34,87	33,98	32,58	2,30	NS	NS
Osmolaridad (mOsmol/l)	265,09 ^z	270,64 ^x	281,75	6,63	**	NS
Albúminas (g/dl)	2,89	2,94	2,79	0,35	NS	NS
Globulinas (g/dl)	1,63 ^x	1,60 ^x	2,05	0,39	*	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)

M: mezcla; A: alta; B: baja; C: sometidos a control

ES: Error Estándar

Los conejos sometidos a mezcla social presentaron unas concentraciones sanguíneas significativamente más bajas de cortisol, lactato, glucosa y globulinas que los conejos manejados. En el mismo sentido, se han encontrado diferencias significativas en las actividades enzimáticas de las dos enzimas estudiadas, CK y LDH, mostrando unos valores inferiores para los conejos que fueron mezclados que para los conejos sometidos a manejo. La osmolaridad de los primeros también fue menor ($P < 0,01$) que la de los segundos.

Esta reducción de los parámetros puede ser debida a que tras el estrés por manejo que supone el comienzo de la prueba, la mezcla de animales no supone un efecto adicional de estrés y se produce una reducción de todos los parámetros sanguíneos estudiados en el tiempo que duró la prueba.

Atendiendo a los resultados obtenidos para otras especies, como en vacuno (Kenny y Tarrant, 1987) o en porcino (Bradshaw *et al*, 1996c), se podría suponer que los animales alojados en baja densidad tuvieron mayor espacio para moverse y por lo tanto el número de agresiones podría incrementarse, sin embargo este efecto no se observó entre los conejos.

En el caso de ganado porcino, la mezcla de animales desconocidos durante la carga produjo un aumento significativo ($P < 0,06$) de la concentración de cortisol salivar tras 2 horas de transporte, con respecto al grupo de cerdos no mezclados en la carga (Bradshaw *et al*, 1996).

En este sentido, Jolley (1990) dijo que en el caso de conejos de cebo son muy jóvenes y los problemas que conlleva la mezcla de animales en el establecimiento del orden jerárquico son menores que en los conejos adultos, en los cuales la mezcla de los olores puede causarles estrés, por la alta dependencia que presentan los conejos del olfato para desarrollar su comportamiento.

2.3.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE

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

En la tabla 4.28. se presentan las pérdidas de peso y el porcentaje de la pérdida con respecto al peso inicial para las dos densidades de los conejos mezclados.

Tabla 4.28.- Comparación de la pérdida de peso (g) y proporción de pérdida con respecto al peso inicial (Prop. pérd., %) en animales mezclados en dos densidades (alta y baja)

	Mezcla		ES	Significación ¹
	Alta	Baja		
Pérdida de peso	61.00	50.54	13.11	NS
Prop. pérd.	3.54	2.89	0.79	NS

Significación: NS: no significativo;
ES: Error Estándar

La medias y las comparaciones del peso del hígado, la concentración de glúcogeno hepático y muscular, así como la humedad y la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne, para las dos densidades de los animales sometidos a mezcla con respecto a los conejos manejados se presenta en la tabla 4.29

Tabla 4.29.- 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 los animales mezclados en las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo

	Mezcla		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			M vs C	MA vs MB
Hígado (g)	55,19 ^z	56,32 ^z	69,08	6,76	***	NS
Gluc. Hep. (mg/g tejido)	333,25 ^x	305,52 ^y	412,82	77,29	**	NS
Gluc. Musc. (mg/g tejido)						
30 minutos	8,94	9,07	8,63	1,64	NS	NS
24 horas	1,08	1,16	1,71	0,95	NS	NS
Variación	7,86	7,91	6,91	1,46	NS	NS
Humedad (%)	76,66	75,81 ^x	77,41	1,63	NS	NS
CRA (%)	37,36 ^x	38,08 ^y	33,31	3,37	**	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; ** P<0,01; *** P<0,001)

M: mezcla; A: alta; B: baja; C: control

ES: Error Estándar

El peso del hígado y la concentración de glucógeno hepático es menor para los animales que fueron mezclados que para los animales sometidos a manejo ($P < 0,001$ y $P < 0,01$, respectivamente).

En el caso de la CRA, la carne de los conejos manejados tuvo menor CRA que la de los animales mezclados tanto a alta como a baja densidad ($P < 0,01$).

No se han observado diferencias significativas entre las dos densidades, en cuanto a la pérdida de peso, pero se puede observar que es mayor la pérdida en los animales alojados en alta densidad. Estas pérdidas son parecidas a las encontradas por Purdue (1984) en conejos sometidos a 6 horas de ayuno aunque son ligeramente más bajas que las de los animales alojados en alta densidad, y que coinciden en estos con las pérdidas encontradas para animales sometidos a 6 horas de ayuno pero que fueron transportados.

La reducción en el peso hepático se debe principalmente al ayuno a que fueron sometidos los animales durante el tiempo que duró la prueba. Esta proporción de pérdida del peso del hígado con respecto al grupo de conejos sometidos a manejo fue mayor que la encontrada por Purdue (1984) que fue una reducción de un 8,9 %, mientras que la encontrada en nuestro estudio fue de un 19,3 % y podría atribuirse al efecto de la mezcla de animales desconocidos, que aunque no hayan generado un incremento de su nivel de estrés, si ha podido incrementar la actividad de los conejos.

Con relación a la concentración de glucógeno hepático, se produjo también una reducción mayor a la encontrada por Purdue (1984), pero hay que señalar que la concentración de glucógeno de los animales tomados como referencia también es menor a la encontrada en nuestro estudio (349,2 μmol de glucosa/g frente a 412,82 mg glucógeno/g de tejido, respectivamente).

2.3.2.2.- pH

La tabla 4.30. muestra los valores de pH medios y las comparaciones del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*, para los animales mezclados en las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a manejo.

Tabla 4.30.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* en animales sometidos a mezcla en dos densidades (alta y baja) con respecto a animales manejados

	Mezcla		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			M vs C	MA vs MB
<i>Longissimus dorsi</i>						
0 minutos	6,80	6,79	6,61	0,23	NS	NS
45 minutos	6,35	6,64	6,42	0,29	NS	*
24 horas	5,84	5,85	5,79	0,10	NS	NS
<i>Variación</i>						
0 – 45	0,45 ^x	0,17	0,16	0,25	NS	NS
45 – 24	0,50	0,77	0,66	0,32	NS	NS
0 – 24	0,95	0,94	0,82	0,29	NS	NS
<i>Semitendinosus</i>						
0 minutos	6,68	6,54	6,51	0,21	NS	NS
45 minutos	6,74 ^x	6,56	6,45	0,21	*	NS
24 horas	5,97	5,94	6,02	0,10	NS	NS
<i>Variación</i>						
0 – 45	-0,06	-0,01	0,06	0,23	NS	NS
45 – 24	0,78 ^z	0,63 ^x	0,40	0,22	**	NS
0 – 24	0,71 ^x	0,62	0,46	0,25	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01)

M: mezcla; A: alta; B: baja; C: control

ES: Error Estándar

No se observaron diferencias significativas entre los conejos sometidos a manejo y los conejos mezclados tanto a baja como a alta densidad en el músculo *Longissimus dorsi*, solamente se encontraron diferencias entre los alojados a alta y baja densidad en el pH de este músculo a los 45 minutos *post-mortem*, mostrando un valor más bajo los conejos alojados en alta densidad que los alojados en baja (P<0,05).

La variación del pH entre el momento inicial (0 minutos) y el tomado a los 45 minutos fue mayor en los animales alojados a alta densidad que en los sometidos a manejo (P<0,05).

En el músculo *Semitendinosus* el pH a los 45 minutos fue mayor en los conejos mezclados en alta densidad que en los animales sometidos a manejo ($P < 0,05$), mientras que en los alojados a baja no muestran diferencias significativas.

Con relación a la caída de pH entre los tres tiempos medidos, los individuos mezclados tuvieron una variación más grande que los sometidos a manejo ($P < 0,01$) entre los 45 minutos y las 24 horas.

La variación total del pH, desde el momento 0 minutos hasta las 24 horas fue mayor en los animales que fueron mezclados y alojados en alta densidad que en los conejos sometidos a manejo ($P < 0,05$).

A partir de estos datos, el pH de los dos músculos entre los animales sometidos a manejo y los conejos que fueron mezclados, no presentaron claras diferencias para los dos tiempos estudiados. El pH de los músculos entre los animales alojados en las dos densidades no mostraron tampoco diferencias manifiestas.

2.3.2.3.- COLOR DE LA CANAL

La tabla 4.31. presenta los valores medios y las comparaciones de los parámetros de color de la canal para los individuos mezclados en las dos densidades con respecto a los animales manejados.

No se han encontrado diferencias entre los conejos sometidos a manejo y los mezclados, salvo para el índice de rojo fue significativamente mayor en mezclados a baja densidad que en los sometidos a manejo ($P < 0,05$) a las 24 horas *post-mortem*.

Entre las dos densidades no se han observado tampoco diferencias significativas para los parámetros de color de la canal ni en los dos tiempos de medida ni en la variación entre ellos.

Tabla 4.31.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal en animales mezclados en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales manejados

	Mezcla		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			M vs C	MA vs MB
30 minutos						
L*	61,68	62,19	61,93	1,84	NS	NS
a*	1,04	0,89	0,68	0,86	NS	NS
b*	-10,26	-10,42	-10,09	1,13	NS	NS
C*	10,33	10,50	10,15	1,11	NS	NS
H*	-83,66	-68,19	-41,26	51,00	NS	NS
24 horas						
L*	57,59	57,10	57,54	1,51	NS	NS
a*	5,25	5,56 ^x	4,85	0,71	NS	NS
b*	2,36	2,97	2,84	0,99	NS	NS
C*	5,80	6,33	5,70	0,96	NS	NS
H*	23,49	28,08	28,65	8,02	NS	NS
Variación						
L*	4,09	5,08	4,39	2,11	NS	NS
a*	-4,21	-4,67	-4,17	0,93	NS	NS
b*	-12,62	-13,40	-12,93	1,20	NS	NS
C*	4,54	4,17	4,45	1,64	NS	NS
H*	-107,72	-96,84	-69,33	53,29	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo)

M: mezcla; A: alta; B: baja; C: control; 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

2.3.2.4.- COLOR DE LA CARNE

La tabla 4.32. presenta las medias y las comparaciones de los parámetros de color de la carne para los conejos mezclados en las dos densidades (alta y baja) con respecto a los sometidos a manejo.

Tabla 4.32.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color en la carne en animales mezclados en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales manejados

	Mezcla		Sometidos a manejo	ES	Significación ¹	
	Alta	Baja			M vs C	MA vs MB
30 minutos						
L*	41,04 ^y	40,42 ^z	43,43	1,67	***	NS
a*	5,29	5,16	4,91	0,62	NS	NS
b*	1,64	1,21 ^x	1,73	0,52	NS	NS
C*	5,59	5,35	5,21	0,57	NS	NS
H*	17,76	13,75	19,48	6,30	NS	NS
24 horas						
L*	58,72	59,43	59,93	1,46	NS	NS
a*	5,08	5,10	4,52	0,89	NS	NS
b*	2,39	2,26	2,49	0,44	NS	NS
C*	5,64	5,60	5,17	0,88	NS	NS
H*	25,78	24,07 ^x	28,65	4,58	*	NS
Variación						
L*	-17,68	-19,00 ^x	-16,50	2,09	*	NS
a*	0,20	0,06	0,39	0,83	NS	NS
b*	-0,73	-1,04	-0,76	0,74	NS	NS
C*	-0,06	-0,25	0,04	0,89	NS	NS
H*	-8,02	-10,31	9,17	6,88	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)

¹ Niveles de significación entre el factor analizado y los animales sometidos a manejo y entre ambos niveles del factor analizado (NS: no significativo; * P<0,05; *** P<0,001)

M: mezcla; A: alta; B: baja; C: control; 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 de los animales mezclados fue menor que la de los individuos sometidos a manejo (P<0,001). El índice de amarillo (b*) de la carne a los 30 minutos de los conejos sometidos a manejo mostró un mayor valor que la de los individuos mezclados a baja densidad (P<0,05).

A las 24 horas el tono (H*) del color de la carne es menor en los animales mezclados y alojados a baja densidad que en los sometidos a manejo (P<0,05).

El incremento de la luminosidad (L^*) entre los dos tiempos que se midieron, fue mayor en los conejos que fueron mezclados que en los sometidos a manejo ($P < 0,05$), y el grupo de animales en alta densidad mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto a los individuos manejados.

El color de la carne no presenta diferencias entre los dos grupos de animales alojados a alta y baja densidad y ni tampoco con respecto a los animales sometidos a manejo. La carne procedente de los animales mezclados tiene menos brillo (menor L^*) tras el sacrificio que las procedentes de conejos sometidos a manejo, pero tras 24 horas de refrigeración aumenta la luminosidad y se igualan con la luminosidad del grupo de individuos sometidos a manejo.

2.3.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

La mezcla de animales desconocidos no produjo un aumento de la concentración de cortisol con respecto al aumento que produjo el manejo de los animales. Los animales mezclados, mostraron una reducción del nivel de cortisol en relación con los sometidos a manejo.

Se encontraron en la mayoría de los parámetros sanguíneos estudiados unos valores más bajos para los animales sometidos a mezcla que para los manejados, lo que corrobora lo mencionado anteriormente, que la mezcla de conejos desconocidos no produce un aumento adicional de estos parámetros en sangre, sino que el incremento es el producido por el manejo inicial a que fueron sometidos todos los grupos, que durante el tiempo de la prueba se reducen hasta alcanzar los niveles basales.

El ayuno a que fueron sometidos los conejos durante la prueba fue la principal causa que causó un menor peso y concentración de glucógeno hepático en los animales mezclados, mientras que el glucógeno muscular no se redujo.

La canal de los conejos no mostró diferencias significativas entre los grupos, siendo en general más claras a los 30 minutos *post-mortem* (mayor L^* y C^* y menor a^* , b^* , y H^*) y que a las 24 horas.

En cuanto al color de la carne, fue más brillante la carne procedente de los animales sometidos a manejo que la de los mezclados a los 30 minutos tras el sacrificio, pero que se mitigó a las 24 horas, con un aumento mayor de la luminosidad en los mezclados que en los manejados.

Los conejos sometidos a mezcla con individuos desconocidos no mostraron reducción de su nivel de bienestar, ya que no se observaron grandes diferencias con los conejos manejados, y se puede afirmar que en nuestro caso, la mezcla de conejos desconocidos produjo una adaptación rápida de los mismos, con un descenso de los parámetros sanguíneos a niveles inferiores a los de los individuos solamente manejados.

2.4.- ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA

2.4.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

En la tabla 4.33. se muestran los valores medios y las comparaciones entre los animales sometidos a cambio de jaula y los sometidos a manejo.

Tabla 4.33.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados en animales que fueron cambiados de jaula con respecto a los sometidos a manejo

	Cambio de jaula	Sometidos a manejo	ES	Significación
Cortisol (ng/ml)	1,22	1,84	1,17	NS
CK (U/l)	2298,83	2489,25	691,07	NS
LDH (U/l)	1289,67	983,12	383,78	NS
Lactato (mmol/l)	46,67	73,50	14,93	**
Glucosa (mg/dl)	266,08	269,37	44,14	NS
Hematocrito (%)	34,75	32,58	5,31	NS
Osmolaridad (mOsmol/l)	277,83	281,75	12,02	NS
Albúminas (g/dl)	2,50	2,79	0,33	NS
Globulinas (g/dl)	2,32	2,05	0,69	NS

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

Entre los dos tipos de estrés no se muestran diferencias significativas, para casi todos los parámetros sanguíneos, salvo para la concentración de lactato en sangre que es mayor en los animales que fueron manejados que en los que fueron cambiados de jaula (P<0,01).

Esta diferencia, puede ser consecuencia del manejo inicial a que fueron sometidos los animales, que fue igual para los dos grupos, produciendo un

aumento de lactato en sangre, en los dos grupos, sin embargo, los que fueron cambiados de jaula mostraron un descenso por el tiempo que estuvieron en la nueva jaula (jaula de transporte) hasta que fueron sacrificados transcurrido el tiempo de la prueba.

2.4.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE

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

La tabla 4.34. presenta las medias y las comparaciones del peso de hígado y las concentraciones de glucógeno hepático y muscular, así como la humedad y la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne entre los conejos cambiados de jaula y los sometidos a manejo.

Tabla 4.34.- 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 los animales sometidos a cambio de jaula con respecto a los manejados

	Cambio de jaula	Sometidos a manejo	ES	Significación ¹
Hígado (g)	54,19	71,02	8,64	***
Gluc. Hep. (mg/g tejido)	245,45	432,65	94,75	***
Gluc. Musc. (mg/g tejido)				
30 minutos	6,59	8,82	1,82	*
24 horas	1,04	1,73	1,23	NS
Variación	5,55	7,09	1,56	NS
Humedad (%)	76,40	77,41	0,94	*
CRA (%)	41,29	33,31	3,69	***

Significación: NS: no significativo; * P<0,05; *** P<0,001
ES: Error Estándar

El peso del hígado y la concentración de glucógeno en el mismo fue significativamente menor para los animales que fueron cambiados de jaula que para los sometidos a manejo (P<0,001). En el mismo sentido, la concentración de glucógeno muscular a los 30 minutos *post-mortem*, fue estadísticamente menor en los conejos sometidos a cambio de jaula que en los manejados

($P < 0,05$), mientras que a las 24 horas no se observaron diferencias, lo mismo que en la variación de concentración entre los dos tiempos.

La humedad de la carne fue mayor para los conejos manejados que para los sometidos a cambio de jaula ($P < 0,05$), mientras que la CRA fue estadísticamente menor ($P < 0,001$) para los sometidos a manejo que para los cambiados de jaula.

Estas diferencias en el peso del hígado y en la concentración de glucógeno muscular y hepático fueron debidas al tiempo en que los conejos sometidos a cambio de jaula estuvieron en ayuno, que les produjo además esa reducción en la concentración de glucógeno muscular.

El peso del hígado de los dos grupos de conejos fue más bajo que el encontrado en la bibliografía para conejos (Piles *et al*, 2000; Pla y Cervera, 1997; Jolley, 1990). Estas diferencias de peso pueden ser debidas a que estos autores utilizaron animales de mayor peso (2-2,5 Kg) Sin embargo, la concentración de glucógeno hepático encontrada por Jolley (1990) fue de 349,2 y de 317,0 μmol de glucosa/g en conejos sin ayuno y con ayuno 6 horas respectivamente, menor que la de los animales sometidos a manejo y mayor que los conejos sometidos a cambio de jaula. Por otro lado, la concentración muscular de glucógeno hallada por este autor fue bastante superior a la encontrada en nuestros conejos (15,54 μmol de glucosa / g).

La humedad la carne fue diferente entre los dos grupos, pero fueron similares a los encontrados en carne de conejos por otros autores como: López, (2001) entre 76 y 77 %; Paci y cols. (1999) entre 75 y 76 % o Dal Bosco y cols. (1997) entre 75 y 76,5 %.

2.4.2.2.- PH

La tabla 4.35. muestra las medias y las comparaciones del pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*, para los animales que fueron cambiados de jaula con respecto a los sometidos a manejo.

Las únicas diferencias se observaron en el pH del músculo *Longissimus dorsi*, que mostraron valores de pH más bajo en el tiempo 0 minutos para los conejos que fueron cambiados de jaula respecto a los sometidos a manejo ($P < 0,05$). Mientras que a las 24 horas se invierte, los conejos sometidos a manejo tuvieron un pH significativamente más bajo que los que fueron cambiados de jaula ($P < 0,001$). Este hecho causó que los conejos sometidos a

cambio de jaula tuvieron una caída de pH entre los tiempos 45 minutos y 24 horas estadísticamente menor ($P < 0,05$) y que la caída total entre los tiempos 0 a 24 horas fuera también menor en los sometidos a cambio de jaula ($P < 0,01$) que en los conejos manejados. El pH en el músculo *Semitendinosus* no mostró diferencias entre los dos grupos de conejos.

Tabla 4.35.- Valores medios y comparaciones del pH muscular en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* en animales sometidos a cambio de jaula con respecto a animales manejados

	Cambio de jaula	Sometidos a manejo	ES	Significación
<i>Longissimus dorsi</i>				
0 minutos	6,44	6,63	0,17	*
45 minutos	6,44	6,25	0,22	NS
24 horas	5,95	5,79	0,08	***
<i>Variación</i>				
0 – 45	0,15	0,16	0,21	NS
45 – 24	0,50	0,82	0,21	**
0 – 24	0,35	0,67	0,27	*
<i>Semitendinosus</i>				
0 minutos	6,43	6,49	0,20	NS
45 minutos	6,41	6,37	0,21	NS
24 horas	6,00	6,02	0,05	NS
<i>Variación</i>				
0 – 45	0,06	0,06	0,20	NS
45 – 24	0,44	0,46	0,20	NS
0 – 24	0,38	0,40	0,20	NS

Significación: NS: no significativo; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$
 ES: Error Estándar

Con los datos obtenidos podemos observar que el cambio de jaula causó en los animales una reducción en el pH inicial que se vio reflejada en un aumento del pH final, pero que solo se ve afectado el músculo *Longissimus dorsi* y no el *Semitendinosus*.

Aunque el pH inicial del *Longissimus dorsi* fue más bajo en los animales sometidos a cambio de jaula, puede ser debido al menor contenido inicial de

glucógeno de este músculo, que además influyó en la caída del pH que presentaron las canales de estos conejos frente a los animales sometidos a manejo.

El pH inicial tanto en el *Longissimus dorsi* como en el *Semitendinosus* encontrado por otros autores (López y Sierra, 1986) para conejos de la misma raza, fue ligeramente superior al de los conejos en nuestro experimento para en ambas situaciones de estrés; sin embargo, el pH a las 24 horas fue más alto en ambos músculos en nuestros conejos que en los hallados por estos autores (5,76 y 5,81 para los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* respectivamente).

2.4.2.3.- COLOR DE LA CANAL

Los valores medios y las comparaciones entre los conejos sometidos a cambio de jaula y los manejados para los parámetros del color de canal se presentan en la tabla 4.36.

Las canales de los conejos que fueron cambiados de jaula, mostraron a los 30 minutos tras el sacrificio un menor índice de amarillo (b^*) y una mayor cromaticidad que las procedentes de los animales sometidos a manejo ($P > 0,05$).

Los parámetros de color en las canales a las 24 horas no mostraron diferencias entre los dos grupos de conejos comparados.

Con relación a la variación del color entre los dos tiempos estudiados, los animales sometidos a cambio de jaula tuvieron una mayor reducción en la luminosidad (L^*) y en la saturación (C^*) que los conejos que fueron sometidos a manejo ($P < 0,05$).

El color de la canal entre los dos grupos no muy diferente, aunque los animales cambiados de jaula tuvieran una canal con un ligero aumento del color (mayor C^*) tras el sacrificio pero que con las 24 horas de refrigeración se mitigo.

El color de la carne se valora normalmente en las carnes procedentes de animales de abasto que se venden despiezados, como la ternera, buey, cerdo o cordero, sin embargo en el caso del conejo, debido a que se comercializa principalmente sin despiezar, el color de la canal es muy interesante valorarlo como un criterio de calidad (Pla *et al*, 1996).

A tenor de esto, las canales tras el sacrificio tuvieron una alta luminosidad, debido al color nacarado que presenta la fascia del músculo *Longissimus dorsi*,

y que es similar al valor encontrado por Dal Bosco y cols. (1997) para conejos sometidos a un transporte corto (15 Km). Pero por otro lado, los índices de rojo de amarillo encontrados por estos autores fueron mas altos a los nuestros. Estas diferencias pueden ser debidas al método de valoración, ellos lo valoraron sobre la superficie del músculo *Longissimus dorsi* disecado.

Tabla 4.36.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal en animales sometidos a cambio de jaula con respecto a los animales sometidos a manejo

	Cambio de jaula	Sometidos a manejo	ES	Significación ¹
30 minutos				
L*	63,31	61,93	2,66	NS
a*	0,08	0,68	1,01	NS
b*	-11,53	-10,09	1,31	*
C*	11,58	10,15	1,29	*
H*	-14,90	-41,26	84,80	NS
24 horas				
L*	56,15	57,54	2,14	NS
a*	4,41	4,85	0,95	NS
b*	2,16	2,84	1,23	NS
C*	4,96	5,70	1,31	NS
H*	25,21	28,65	9,74	NS
Variación				
L*	7,16	4,39	2,16	*
a*	-4,33	-4,17	1,15	NS
b*	-13,69	-12,93	1,65	NS
C*	6,62	4,45	2,12	*
H*	-40,11	-69,33	90,53	NS

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

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

Con relación al color de la canal a las 24 horas *post-mortem*, no hubo diferencias entre los dos grupos. La luminosidad es parecida a la encontrada por otros autores como Piles y cols. (2000), Dal Bosco y cols. (1997) y Hernández y cols. (1997). Los índices de rojo y amarillo encontrados por

Hernández y cols. (1997), Dal Bosco y cols. (1997) y Pla y cols. (1996) fueron similares a los encontrados en nuestro estudio. Por otro lado, existe una mayor discrepancia en los valores de cromaticidad y de tono entre los autores y con relación a los datos encontrados por nosotros. En este sentido, Piles y cols. (2000), Hernández y cols. (1998) y Hernández y cols. (1997) encontraron valores de cromaticidad más bajos que los nuestros, mientras que el tono tuvo un valor muy disperso, Hernández y cols. (1998) el valor que calculó fue de -5,54 y Hernández y cols. (1997) el valor calculado fue 50,9.

2.4.2.4.- COLOR DE LA CARNE

En la tabla 4.37. se muestran las medias y las comparaciones entre los animales que fueron cambiados de jaula y los sometidos a manejo para los parámetros de color de la carne.

La luminosidad (L^*) de carne es menor en los conejos sometidos a cambio de jaula que en los sometidos a manejo, para los dos tiempo medidos, 30 minutos y 24 horas, ($P < 0,001$), no mostrando diferencias entre los dos grupos, la variación entre los dos tiempos.

La carne procedente de los conejos que fueron cambiados de jaula mostró un menor índice de amarillo (b^*) que la procedente de los sometidos a manejo ($P < 0,01$), tanto a los 30 minutos como a las 24 horas tras el sacrificio.

El tono (H^*) de color de la carne tanto los 30 minutos como a las 24 horas tras el sacrificio fue significativamente menor ($P < 0,01$ y $P < 0,05$, para los dos tiempos respectivamente) en los animales sometidos a cambio de jaula que en los manejados.

No se observaron diferencias significativas entre los dos grupos para la variación de los parámetros de color entre los dos tiempos valorados.

Estas diferencias en la luminosidad de la carne también fueron encontradas por Jolley (1990) entre conejos sometidos a ayuno durante 24 horas y conejos no sometidos a ayuno, donde la luminosidad se reducía en la misma proporción a la encontrada por nosotros entre un 6 y un 7 % aproximadamente y tampoco encontró diferencias significativas en la saturación el color.

Tabla 4.37.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la carne en animales sometidos a cambio de jaula con respecto a los animales sometidos a manejo

	Cambio de jaula	Sometidos a manejo	ES	Significación ¹
30 minutos				
L*	40,48	43,43	1,17	***
a*	4,88	4,91	0,43	NS
b*	1,22	1,73	0,36	**
C*	5,05	5,21	0,45	NS
H*	13,75	19,48	4,01	**
24 horas				
L*	56,16	59,93	1,70	***
a*	4,31	4,52	0,68	NS
b*	1,65	2,49	0,54	**
C*	4,64	5,17	0,72	NS
H*	20,63	28,65	6,30	*
Variación				
L*	-15,69	-16,50	2,07	NS
a*	0,58	0,39	0,74	NS
b*	-0,43	-0,76	0,80	NS
C*	0,41	0,04	0,87	NS
H*	-6,88	-9,17	8,02	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

De esta forma, podemos advertir que la carne procedente de los conejos sometidos a cambio de jaula fue más pálida por tener menor L*, b* y H* que la procedente de los animales sometidos a manejo.

2.4.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

No se observaron diferencias en los parámetros sanguíneos estudiados entre los dos grupos, lo que señala que el estrés producido por el manejo durante la carga en la nueva jaula no se reduce durante el tiempo en el que los

animales se encuentran en el nuevo ambiente, excepto para la concentración del ión lactato, el cual desciende por debajo de él valor de animales sometidos solamente a manejo.

El menor peso del hígado y de la concentración glucógeno, tanto hepático como muscular, estuvo causado por ayuno a que sometidos conejos durante el tiempo del cambio de jaula.

Con relación al pH, los conejos sometidos a cambio de jaula mostraron un pH inicial en el músculo *Longissimus dorsi* más bajo, es reflejo de la reducción el glucógeno muscular en estos conejos con respecto a los conejos manejados. Asimismo, el pH final y la variación de pH total entre los tiempos 0 y 24 horas, fueron menores en los animales sometidos a cambio de jaula. Este hecho, se debe a que aunque no exista evidencia estadística de diferencias entre los dos grupos de conejos, en la variación de la concentración de glucógeno muscular entre los tiempos 30 minutos y 24 horas, fue menor en los cambiados de jaula y provocó que se manifieste esa diferencia en el pH y en su variación.

El color de la canal fue muy parecido en los dos grupos de conejos, aunque los cambiados de jaula inicialmente fueron más pálidos (menor b^* y mayor C^*), pero la refrigeración, provocó un descenso mayor de la claridad (L^*) y de la cromaticidad (C^*) en las canales procedentes de los animales cambiados de jaula que en los sometidos a manejo, aunque el resultado final fue igual para los dos grupos.

Por otro parte, el color de la carne mostró mayores diferencias que la canal entre los dos grupos de conejos. La carne de los conejos sometidos a cambio de jaula fue más pálida (menor L^* , b^* y H^*) tras el sacrificio, manteniéndose esta palidez también a las 24 horas.

Como conclusión, no se observa una disminución del nivel de bienestar de los conejos sometidos a cambio de jaula, ya que no existen grandes diferencias con los individuos manejados.

3.- TRANSPORTE COMERCIAL Y PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO

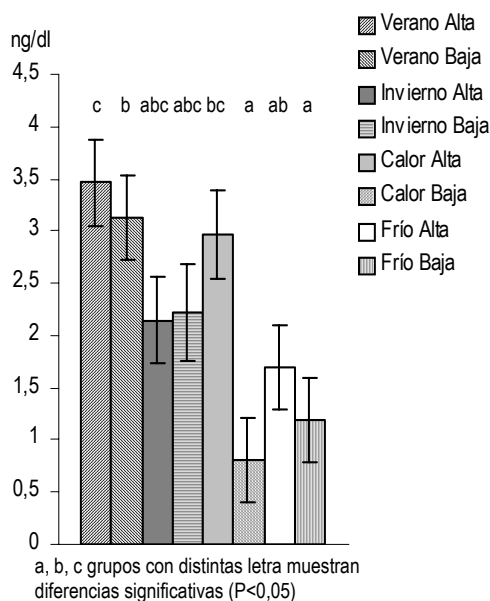
En los siguientes apartados se van a realizar comparaciones entre los datos obtenidos de los conejos que fueron transportados a matadero bajo las prácticas normales manejo con cada una de las situaciones estresantes a que fueron sometidos los animales en laboratorio, para observar si cada factor de estrés individual, provocó en los animales un mayor o menor efecto que el transporte.

3.1.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS TÉRMICO

3.1.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

En las siguientes figuras se representan las medias y las comparaciones de varios parámetros sanguíneos estudiados para los animales transportados y los expuestos a estrés térmicos en las dos densidades.

Figura 4.1.-Medias y comparaciones de la concentración de cortisol sanguíneo para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



En la figura 4.1. observamos que los conejos transportados en verano y en alta densidad tuvieron una concentración de cortisol en sangre más alta que el resto de los grupos, aunque la concentración de los animales transportados y los expuestos a calor en alta densidad no mostraron diferencias significativas. Por otro lado, los individuos sometidos a ambas situaciones térmicas, calor y frío, alojados en baja densidad tuvieron las concentraciones más bajas.

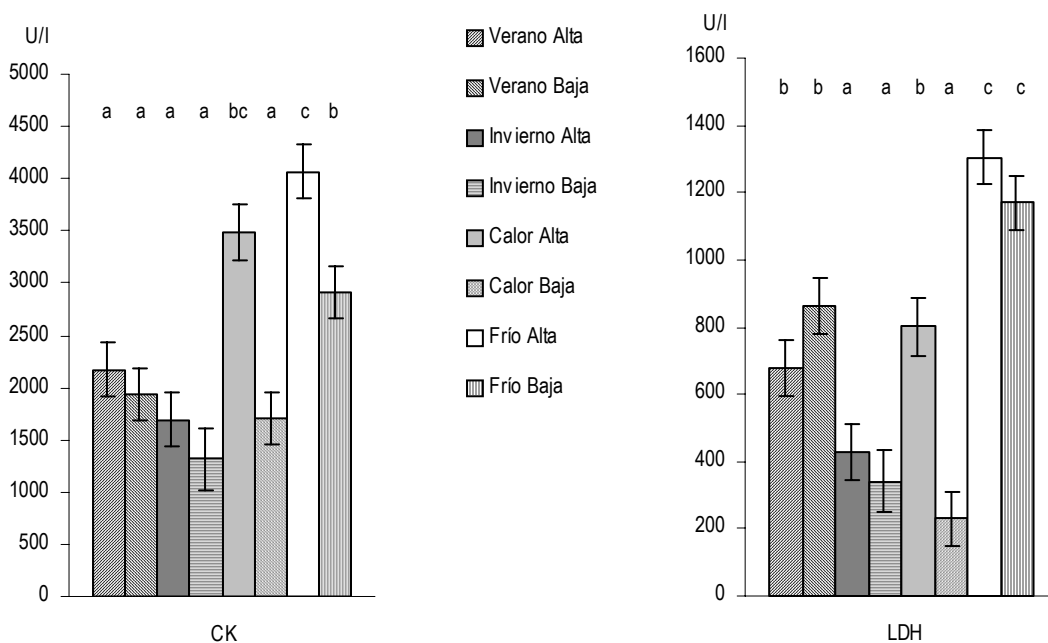
En el mismo sentido, los individuos transportados en invierno, los sometidos a

frío, y los expuestos a calor alojados a baja densidad no mostraron diferencias significativas.

En la figura 4.2. se presentan al medias y las comparaciones de las dos actividades enzimáticas estudiadas, CK y LDH. Se observa, que la actividad de la CK en sangre fue más alta para los animales sometidos a frío en ambas densidades, siendo significativamente más alta para los conejos alojados en alta densidad. El grupo de individuos expuestos a calor a alta densidad, mostró una concentración intermedia entre las dos densidades de los sometidos a frío. El resto de grupos, los transportados y los expuestos a calor a baja densidad, no mostraron diferencias entre ellos.

Con relación a la otra actividad enzimática, LDH, los conejos expuestos a frío mostraron el mayor nivel de esta enzima en sangre. Por otro lado, los expuestos a calor en alta densidad y los transportados en verano para ambas densidades, mostraron tener unos niveles intermedios, mientras que el resto de los grupos tuvieron los niveles más bajos.

Figura 4.2.-Medias y comparaciones de la actividad enzimática de la CK y de la LDH para los animales transportados y os expuestos a estrés térmico



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas (P<0,05)

Figura 4.3.-Medias y comparaciones de la concentración del ión lactato para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico

En la figura 4.3. se muestran las medias y las comparaciones para la concentración de ión lactato en sangre. Se observa que los niveles más altos los tuvieron los animales sometidos a calor, y entre las dos densidades, los alojados a alta densidad, que fueron significativamente diferentes entre los dos grupos. Por otro lado, los conejos expuestos a frío mostraron menor concentración que los expuestos a calor, pero mayor que la de los conejos transportados. Los individuos expuestos a frío a baja densidad tuvieron una concentración algo mayor que la de los transportados en verano, pero no estadísticamente diferente. La menor concentración, la mostraron los conejos transportados en invierno.

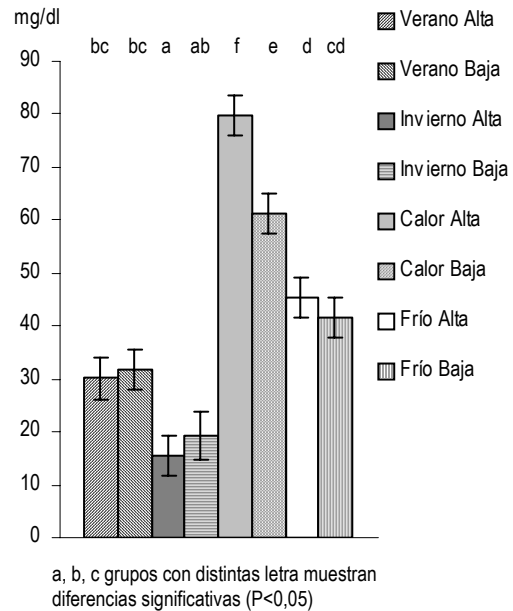
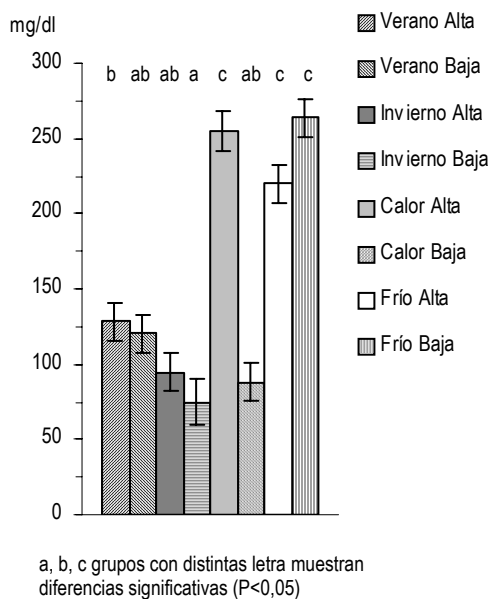


Figura 4.4.-Medias y comparaciones de la concentración de glucosa para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico

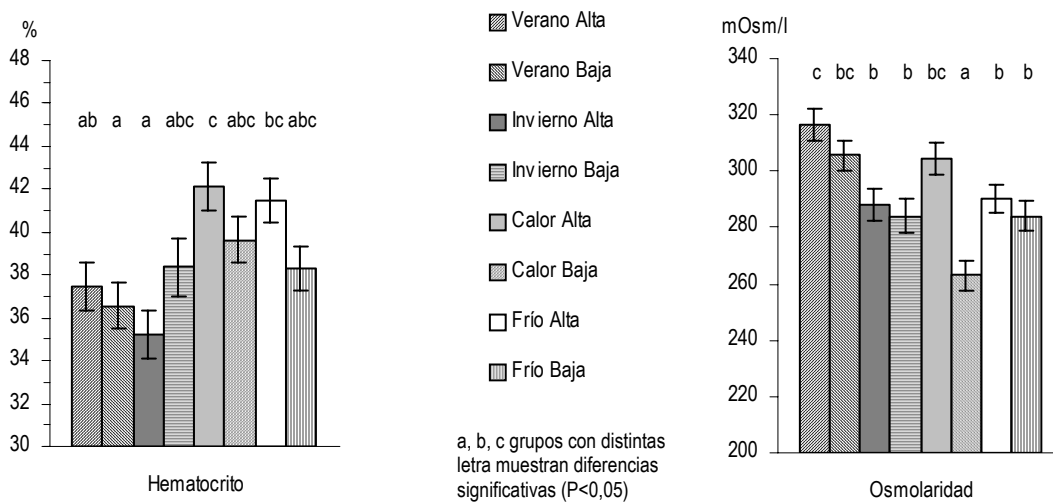


La concentración de glucosa se presenta en la figura 4.4., donde además se muestran las comparaciones entre los grupos.

Los conejos que mostraron el mayor nivel de glucosa en sangre fueron los expuestos a frío y los expuestos a calor en alta densidad. Mientras que los que tuvieron la concentración más baja fueron los transportados en invierno a baja densidad y con una concentración intermedia el resto de los grupos.

En la figura 4.5. aparecen las dos medidas de deshidratación valoradas, hematocrito y osmolaridad. Se observa en el hematocrito fue más alto en el grupo de animales expuestos a calor en alta densidad, mientras que los conejos transportados en verano a baja densidad y los de invierno a alta tuvieron la concentración más baja.

Figura 4.5.-Medias y comparaciones del hematocrito y la osmolaridad para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



Con relación a la osmolaridad, observamos que los animales que tuvieron un mayor valor fueron los transportados en verano a alta densidad, aunque estadísticamente fueron iguales a los de baja densidad transportados también en verano y a los sometidos a calor alojados a alta densidad. El valor más bajo los presentaron los animales expuestos a calor a baja densidad. Los conejos expuestos a frío y los transportados en verano no mostraron diferencias entre ellos.

Podemos concretar entonces, que los conejos transportados en verano sufrieron un mayor compromiso de su bienestar por tener un mayor nivel de cortisol. Por otro lado, los animales sometidos a frío mostraron una mayor fatiga muscular, por tener mayor nivel sanguíneo de CK y de LDH, al mismo tiempo que junto con los expuestos a calor, que mostraron un mayor nivel de ión lactato en sangre. Las demandas energéticas valoradas por el nivel de glucosa, fueron mayores para los transportados que para los expuestos a cualquiera de las dos situaciones térmicas, excepto para los sometidos a calor a baja densidad que también mostraron un nivel bajo de glucosa en sangre.

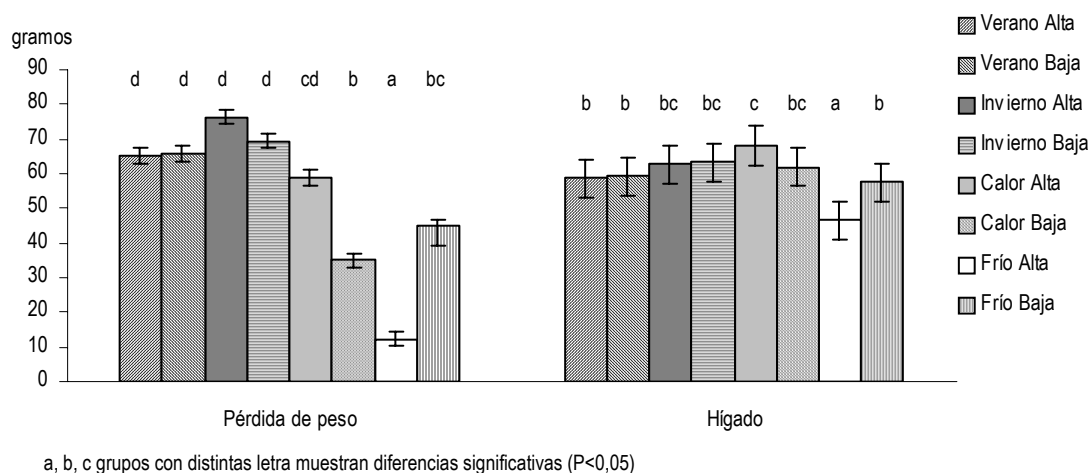
La deshidratación fue mayor para los conejos transportados en verano a alta densidad, por mostrar un valor más alto de osmolaridad, aunque el hematocrito sea más bajo, que puede estar asociado a que durante el transporte los animales están sometidos a muchos factores estresante, mientras que en los expuestos a estrés térmico, este puede provocar una contracción esplénica con la liberación de células sanguíneas, principalmente eritrocitos, al torrente sanguíneo, aumentando el hematocrito (Knowles *et al*, 1995a).

3.1.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

3.1.2.1.- PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR

En la figura 4.6. se muestran las medias y las comparaciones de la pérdida de peso durante de transporte y la exposición al estrés térmico y el peso del hígado.

Figura 4.6.-Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso del hígado para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico

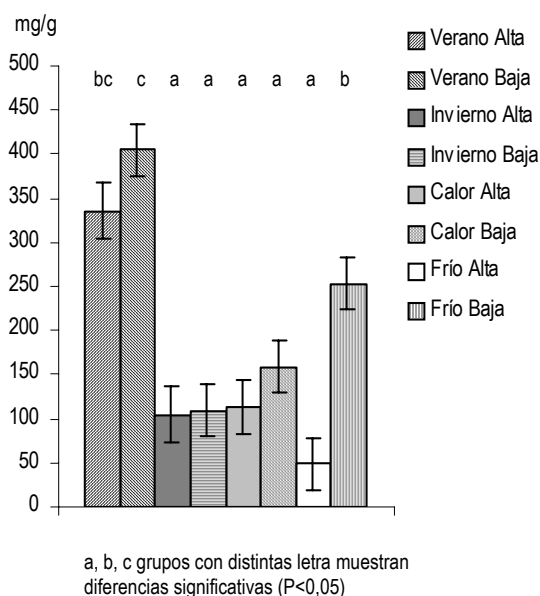


En este sentido, observamos que las mayores pérdidas de peso las presentaron los conejos transportados y dentro de ellos los transportados en invierno más que los transportados en verano aunque no mostraron diferencias entre ellos. Por otro lado, los expuestos a calor a alta densidad tuvieron unas pérdidas semejantes a los transportados, mientras que los dos grupos de animales alojados a baja densidad para ambas situaciones térmicas, tuvieron

unas menores pérdidas y los que mostraron las menores pérdidas de los ocho grupos fueron los sometidos en alta densidad a frío.

Con relación al peso hepático, los animales expuestos a calor en alta densidad tuvieron el mayor peso, pero sin ser estadísticamente diferente a los transportados en invierno y a los expuestos a calor en baja densidad, mientras que los sometidos a frío en alta densidad mostraron los valores más bajos. El resto de grupos presentaron unos valores intermedios.

Figura 4.7.- Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno hepático para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



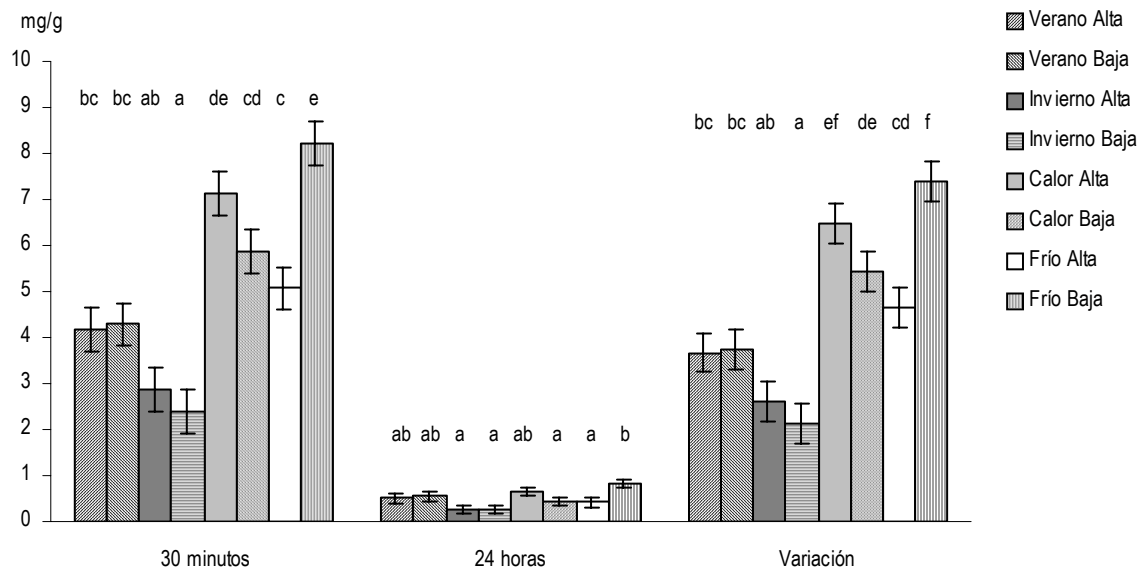
intermedia, que estadísticamente no fue diferente a la que presentaron los animales transportados en verano a alta densidad.

En la figura 4.8. se presentan las medias y las comparaciones de la concentración de glucógeno muscular a los 30 minutos, a las 24 horas y la variación entre esto dos tiempos.

En la figura se observa que la concentración de glucógeno muscular a los 30 minutos *post-mortem* de los conejos transportados, fue más baja que la de los sometidos a estrés térmico. Entre los ocho grupos, el que tuvo la mayor concentración de glucógeno muscular en el primer momento fue el grupo de individuos expuestos a frío en baja densidad. A las 24 horas tras el sacrificio se produjo un descenso en la concentración de glucógeno muscular, mostrando la mayor concentración los conejos sometidos a frío a baja densidad. Por otro

lado, los conejos transportados en invierno, los expuestos a calor a baja densidad y a frío en alta densidad, tuvieron la menor concentración de glucógeno. El resto de los grupos presentaron una concentración intermedia.

Figura 4.8.-Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno muscular para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

Con relación al descenso de la concentración de glucógeno muscular, sigue un patrón similar al de la concentración inicial, así los individuos que mostraron una mayor concentración a los 30 minutos *post-mortem* tuvieron una mayor variación, ya que la concentración final fue muy similar para todos los grupos.

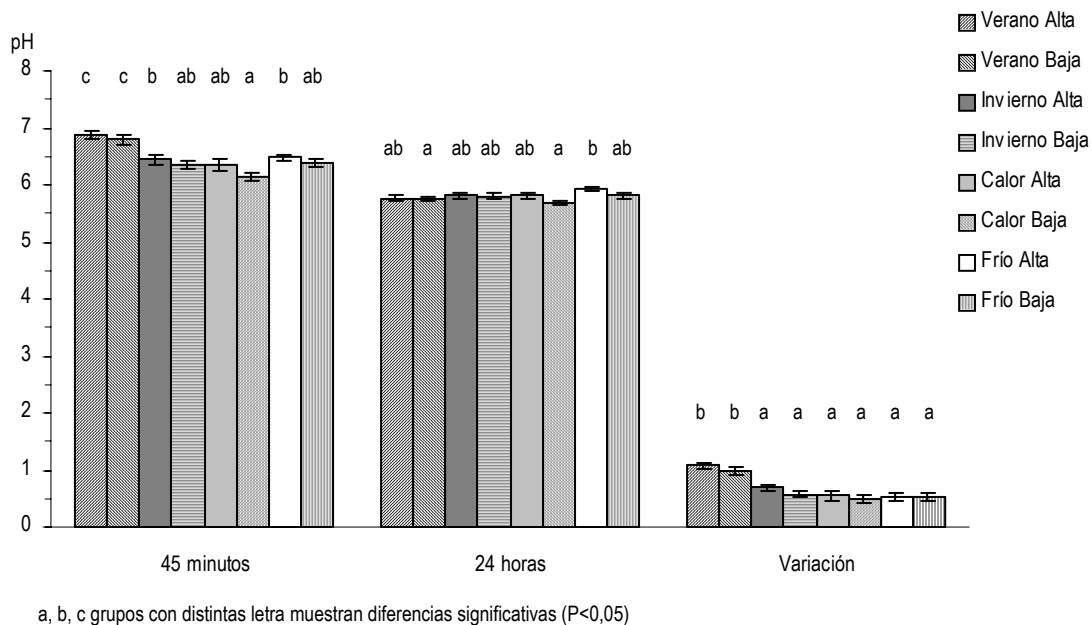
3.1.2.2.- PH

En la figura 4.9. se muestran los valores de pH para el músculo *Longissimus dorsi* en el momento 45 minutos, 24 horas y la variación entre estos dos tiempos.

El pH inicial de los animales transportados en verano fue más alto que el del resto de los grupos. Los conejos transportados en invierno a alta densidad y los expuestos a frío también a alta densidad, mostraron tener valores de pH

muy similares, mayores que sus respectivos a baja densidad y que el de los individuos expuestos a calor. Dentro de este último grupo, los alojados a baja densidad mostraron el pH más bajo.

Figura 4.9.-Medias y comparaciones del pH en el músculo *Longissimus dorsi* para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



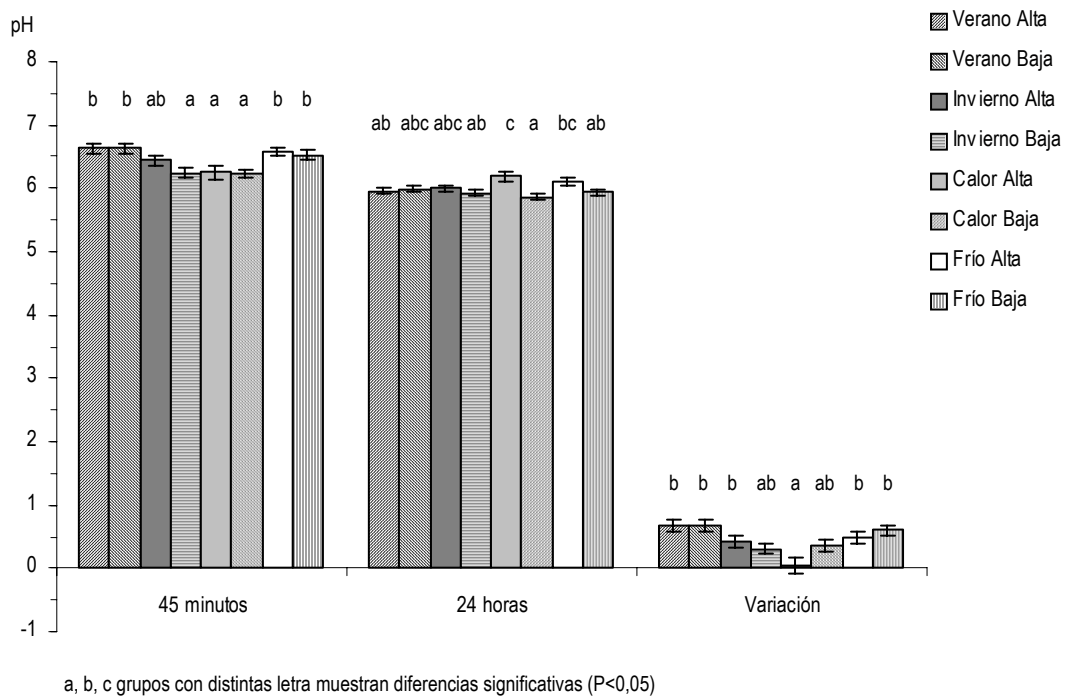
Con relación al pH final a las 24 horas, los valores de pH bajaron en todos los grupos y los que mostraron el menor valor fueron los transportados en verano a baja densidad y los sometidos a calor también en baja densidad. El resto de los grupos tuvieron pHs muy parecidos y los animales que mostraron un mayor pH fueron los sometidos a frío a alta densidad.

La variación de pH entre los dos tiempos fue mayor en los transportados en verano por tener un pH inicial más alto. El resto de los grupos no mostraron diferencias significativas entre ellos.

En la figura 4.10. se presentan los valores de pH y las comparaciones para el músculo *Semitendinosus*. En el momento inicial, el pH fue mayor para el grupo de conejos transportados en verano y para los expuestos a frío, aunque los animales transportados en invierno a alta densidad tuvieron un menor pH pero no significativamente diferente que los grupos mencionados anteriormente.

El pH en este músculo a las 24 horas, fue mayor para los conejos expuestos a calor en alta densidad, mientras para los de baja expuestos también a calor fue el menor. El resto de los grupos mostraron un pH intermedio entre estos dos.

Figura 4.10.-Medias y comparaciones del pH en el músculo *Semitendinosus* para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



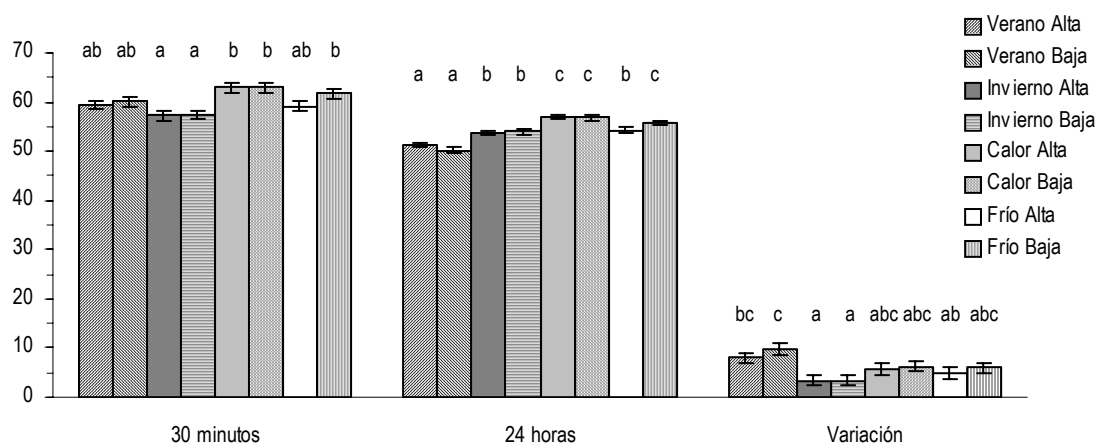
La caída de pH entre los dos tiempos, fue menor para los animales expuestos a calor y la mayor para los transportados en verano y en invierno a alta densidad, así como para los expuestos a frío.

Los datos encontrados para el pH nos advierten que el pH de los animales transportados en verano y de los expuestos a frío fue más alto, mientras que para el resto de los grupos el pH es muy parecido.

3.1.2.3.- COLOR DE LA CANAL

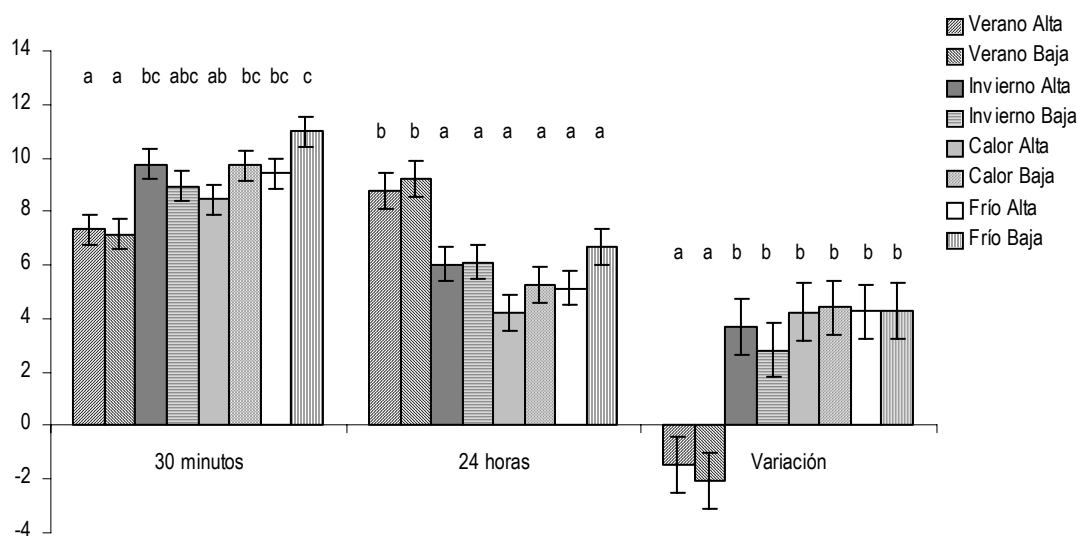
En las figuras 4.11. y 4.12. se presentan la luminosidad (L^*) y la cromaticidad (C^*) de la canal y las comparaciones para los dos tiempos valorados, 30 minutos y 24 horas, así como la variación entre estos.

Figura 4.11.-Medias y comparaciones de la luminosidad (L^*) de la canal para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

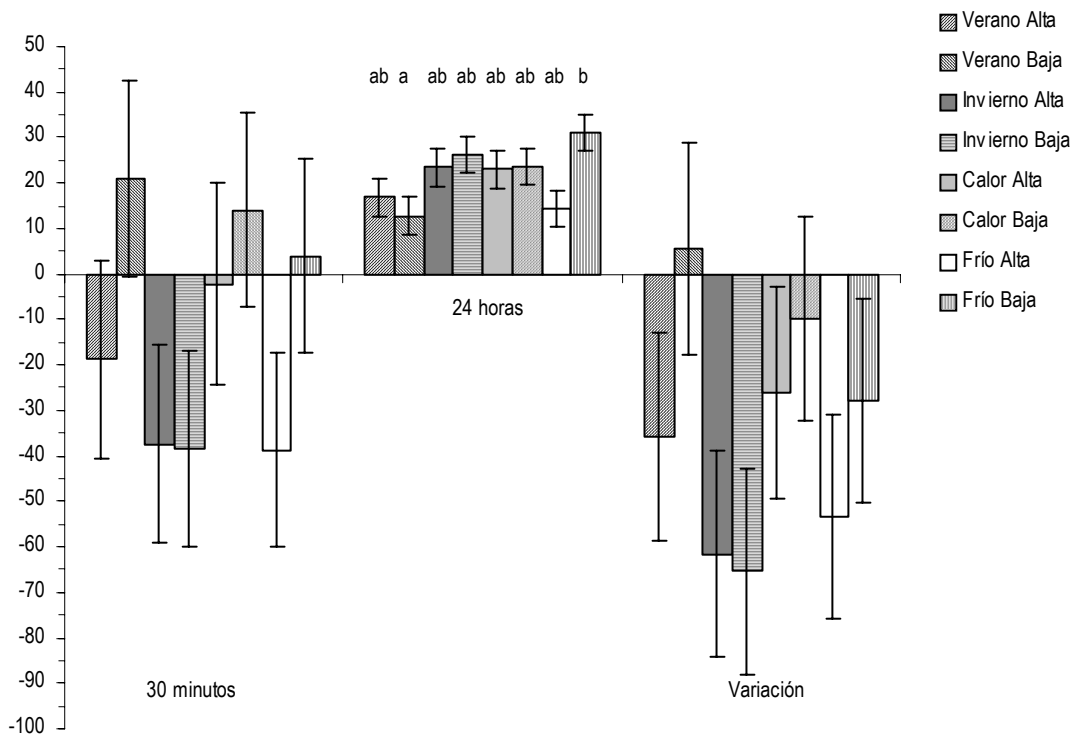
Figura 4.12.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C^*) de la canal para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

En la figura 4.13. se muestran las medias y las comparaciones para el tono (H^*) de la canal en los momentos dos momentos medidos y la variación entre estos tiempos.

Figura 4.13.-Medias y comparaciones para el tono (H^*) de la canal para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

A partir de los parámetros encontrados en las figuras, observamos que las canales de los conejos sometidos a calor, tanto en alta como en baja densidad, así como las procedentes de los animales expuestos a frío a baja densidad, fueron más claras, tanto tras el sacrificio como tras la refrigeración (mayor L^*). Por otro lado, las canales procedentes de los animales transportados en verano mostraron un color más oscuro a las 24 horas (menor L^* y mayor C^*) que el resto de las canales, además de producirse un aumento en la saturación del color (C^*), mientras que en el resto se produjo un receso.

3.1.2.4.- COLOR DE LA CARNE

Las figuras 4.14. y 4.15. presentan los valores de luminosidad (L^*) y cromaticidad (C^*) de la carne y las comparaciones entre grupos para los dos tiempos de medida y la variación entre estos.

Figura 4.14.-Medias y comparaciones de la luminosidad (L^*) de la carne para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico

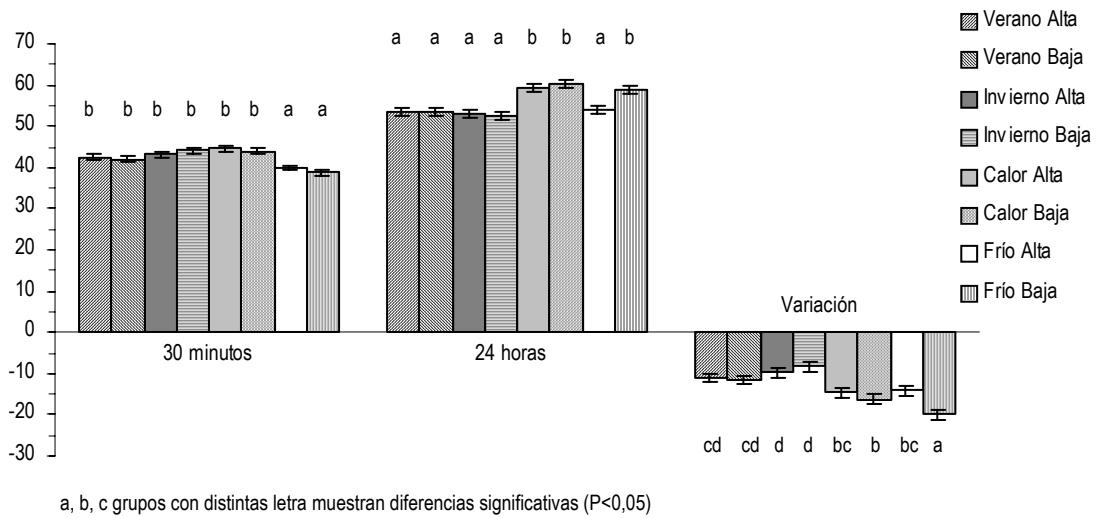
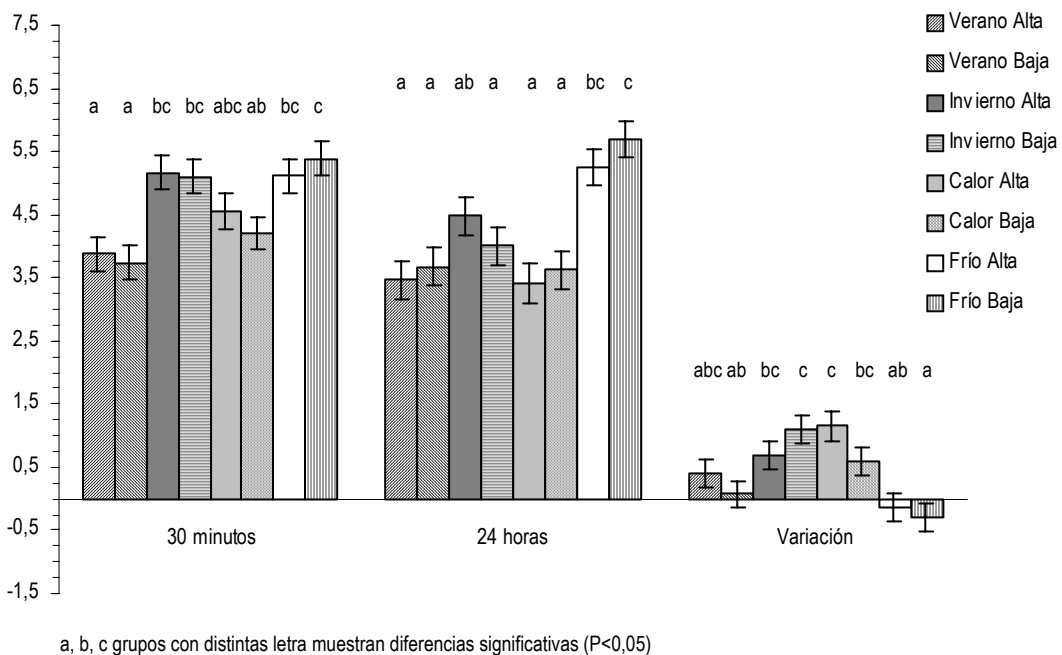
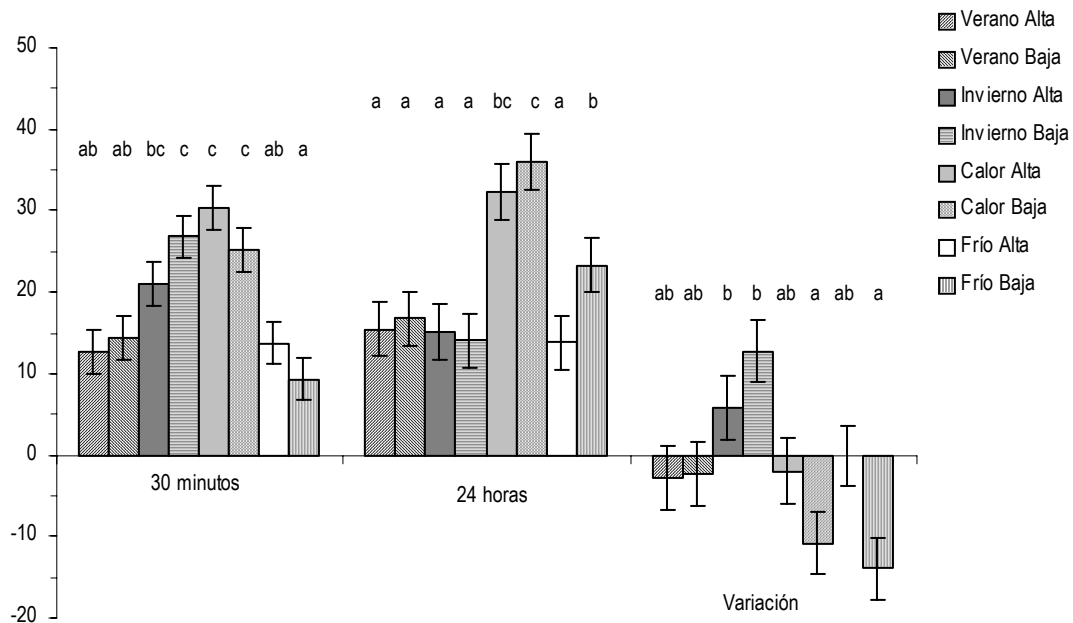


Figura 4.15.-Medias y comparaciones de la cromaticidad (C^*) de la carne para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



En la figura 4.16. aparecen reflejadas las medias y las comparaciones del tono (H^*) de la carne para los dos tiempos medidos y para la variación entre esos dos momentos.

Figura 4.16.-Medias y comparaciones para el tono (H^*) de la carne para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

Podemos concluir a partir de los datos de color de la carne, que la carne procedente de los animales sometidos a frío fue más oscura en los momentos posteriores al sacrificio (menor L^* y H^* y mayor C^*), aunque con la refrigeración la carne de los conejos expuestos a frío alojados a baja densidad tuvo un cambio, pasando a ser más clara (mayor L^* , C^* y H^*).

Los conejos transportados en verano tuvieron menor intensidad de color, carnes más pálidas (menor C^* y H^*), lo que puede ser debido a la mayor variación del pH que presentaron estos animales. Por otro lado, los conejos sometidos a calor tuvieron la carne de un color pardo claro, ya que mostraron mayor L^* y H^* .

3.1.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

Los conejos que mostraron un mayor compromiso de su nivel de bienestar fueron los conejos transportados en verano en alta densidad, seguidos por los también transportados en verano pero a baja densidad así como los expuestos a calor en alta densidad, debido a su mayor nivel de cortisol. Con relación a la fatiga muscular, los animales expuestos a estrés térmico tuvieron las más altas concentraciones de CK y LDH.

La deshidratación de los conejos transportados en verano fue elevada, principalmente en los transportados en alta densidad, aunque el grupo de conejos sometidos a calor también en alta densidad mostraron tener una osmolaridad igual a la de los transportados en verano a baja densidad.

Las reservas energéticas de glucógeno en el músculo fueron más altas en los conejos sometidos a estrés térmico, como consecuencia de las menores necesidades energéticas para hacer frente al estrés a que fueron sometidos y que se refleja por una menor pérdida de peso

Los conejos transportados en verano mostraron el pH más alto tras el sacrificio y un color más pálido de la canal, mientras que a las 24 horas, los valores de pH tendieron a igualarse, aunque los conejos alojados en alta densidad y expuesto a estrés térmico tuvieron un pH más alto.

La canal de los conejos transportados en verano fue más pálida tras el sacrificio, para diferenciarse más claramente después de la refrigeración, pasando a ser más oscura, mientras que la carne procedente de los individuos expuestos a calor tuvo un color más claro.

El color de la carne fue para los animales expuestos a estrés térmico más claro con una tonalidad parda muy marcada en la carne procedente de conejos expuestos a calor, mientras que en los conejos transportados el color de la carne fue más oscuro, siendo mucho más manifiesta en los conejos transportados en época estival.

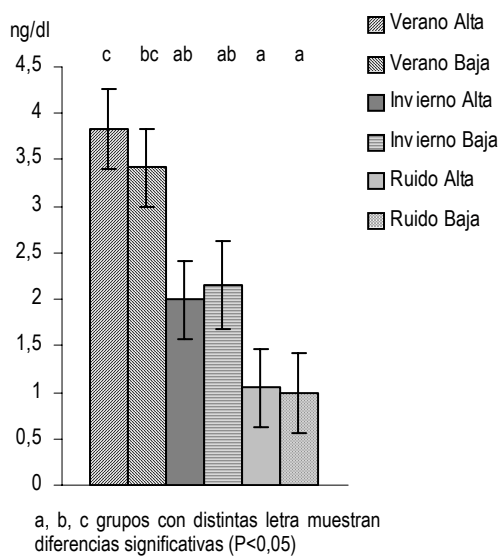
Podemos concluir que el transporte en verano y el calor a alta densidad provocó unas peores condiciones del bienestar en los conejos, ya que mostraron una mayor concentración de cortisol y osmolaridad. Los conejos transportados en verano además tuvieron un pH inicial más alto y una canal con un color más oscuro, mientras que los expuestos a calor en alta densidad, tuvieron una mayor concentración de lactato en sangre y una carne con una coloración parda y pálida, demostrando en ambos casos que la calidad de la canal y de carne obtenida se encuentra mermada.

3.2.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS POR RUIDO

3.2.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

En las siguientes figuras se presentan las medias y las comparaciones de varios parámetros sanguíneos entre los animales transportados y los expuestos a ruido a las dos densidades estudiadas.

Figura 4.17.- Medidas y comparaciones de la concentración de cortisol para los conejos transportados y los expuestos a ruido

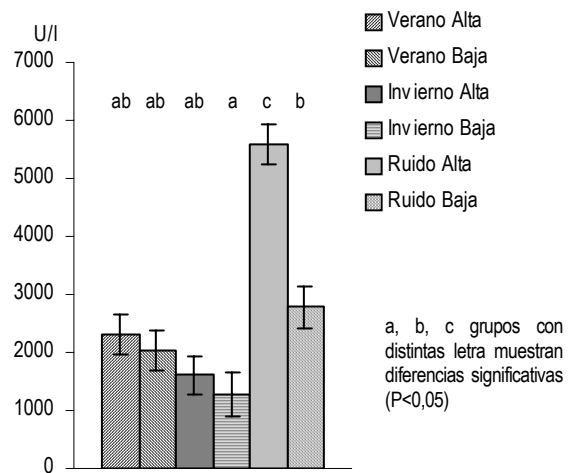


En la figura 4.17. se presentan las medias y las comparaciones para la concentración de cortisol. Se aprecia que los conejos transportados en verano tuvieron el mayor nivel de cortisol y que la concentración más baja la presentaron los conejos sometidos a ruido, aunque no hubiera diferencias significativas con los transportados en invierno. Asimismo, el nivel sanguíneo de cortisol fue estadísticamente igual para los individuos transportados en verano a

baja densidad que para los transportados en invierno.

Figura 4.18.- Medidas y comparaciones de la actividad sanguínea de la CK para los conejos transportados y los expuestos a ruido

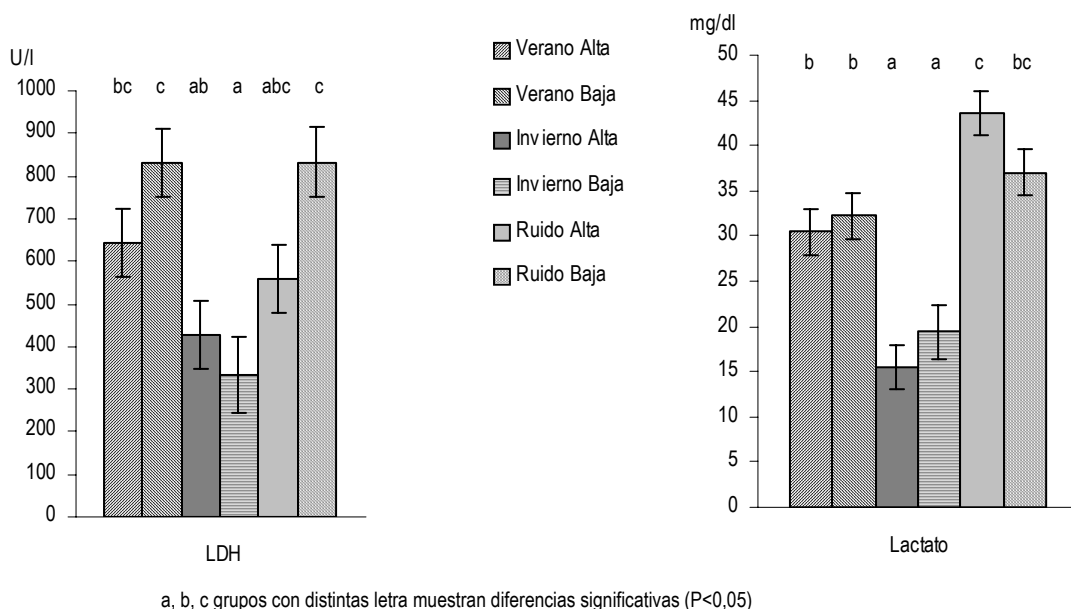
En la figura 4.18. aparecen reflejados las medias y las comparaciones de la actividad de la CK en sangre. Los conejos sometidos a ruido a alta densidad mostraron los niveles más altos. Por otro lado, los animales transportados en invierno a baja densidad tuvieron los menores niveles, aunque este grupo tuvo una actividad enzimática no



diferente desde un punto de vista estadístico con los otros tres grupos de conejos transportados y a su vez estos tres grupos no mostraron diferencia con los individuos sometidos a ruido a baja densidad.

La figura 4.19. muestra los valores medios y las comparaciones de la actividad de la LDH y de la concentración de ión lactato en sangre para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

Figura 4.19.-Medidas y comparaciones de la actividad sanguínea de la LDH y la concentración de lactato para los conejos transportados y los expuestos a ruido

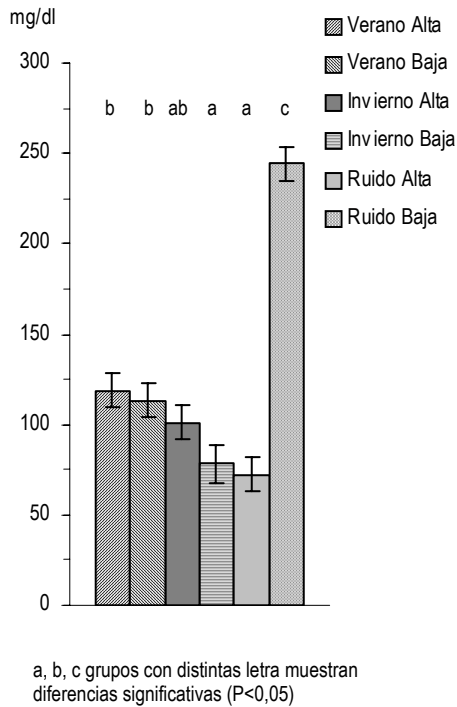


Se observa que los conejos que tuvieron mayor actividad de LDH en sangre fueron los transportados a baja densidad en verano y los sometidos a ruido también a baja densidad. Pero los grupos alojados a alta densidad de los conejos transportados en verano y de los expuestos a ruido no mostraron diferencias con los dos grupos mencionados primeramente.

Por otro lado los conejos transportados en invierno a baja densidad tuvieron la menor actividad enzimática.

Con relación a la concentración de lactato en sangre, los conejos que tuvieron mayor concentración fueron los expuestos a ruido, pero los individuos alojados a baja densidad mostraron tener una concentración similar a la de los transportados en verano. Los conejos transportados en invierno mostraron la menor concentración en sangre.

Figura 4.20.-Medidas y comparaciones de la concentración de glucosa para los conejos transportados y los expuestos a ruido

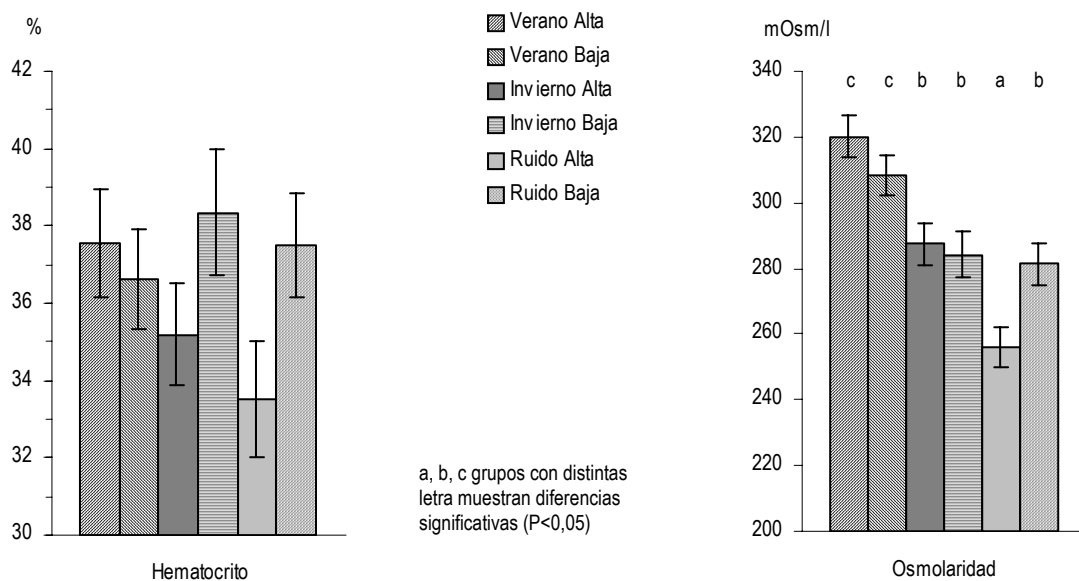


En la figura 4.20. se presentan las medias y las comparaciones de la concentración de glucosa en sangre para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

Los animales que mostraron un nivel más bajo de glucosa en sangre fueron los expuestos a ruido a alta densidad y los transportados en invierno a baja densidad. En el lado contrario, se encuentran los conejos expuestos a ruido en baja densidad, que mostraron la mayor concentración de glucosa en sangre. Los individuos transportados en verano tuvieron una concentración intermedia.

En la figura 4.21. se presentan las medias y las comparaciones del hematocrito y la osmolaridad para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

Figura 4.21.-Medidas y comparaciones del hematocrito y de la osmolaridad para los conejos transportados y los expuestos a ruido



El hematocrito no ha mostrado diferencias entre los grupos, pero con relación a la osmolaridad, observamos que los conejos transportados en verano tuvieron el mayor valor, mientras que la menor osmolaridad la presentaron los animales expuestos a ruido en alta densidad.

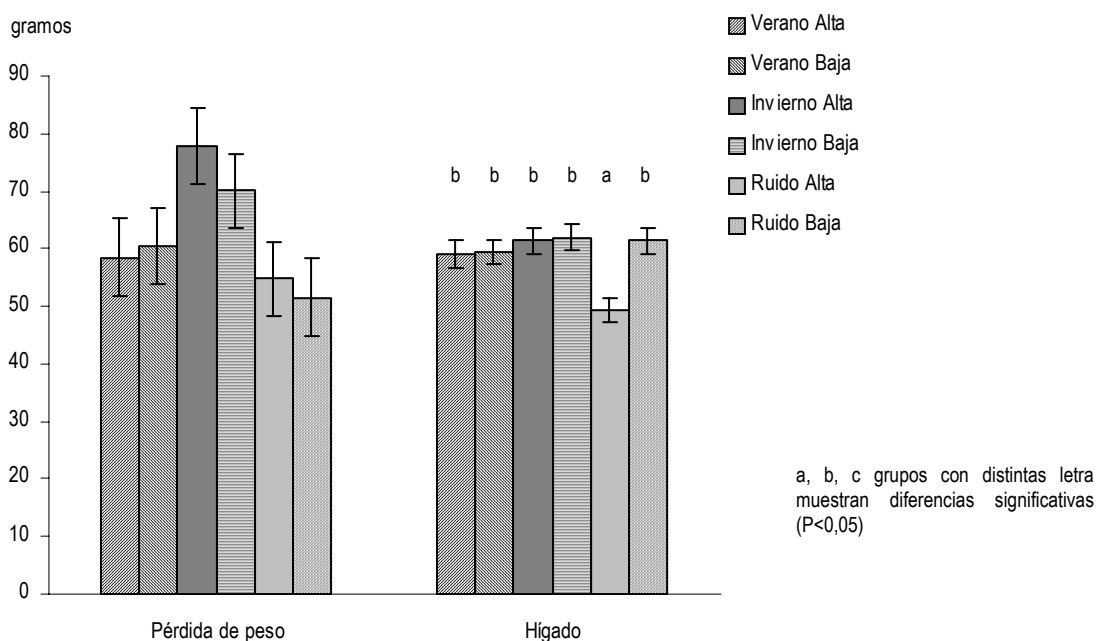
A partir de todos los datos expuestos, se puede advertir que los conejos transportados en verano estuvieron más estresados que los sometidos a ruido, y que esto últimos tuvieron una mayor fatiga muscular por tener mayor valores de CK, LDH y lactato, aunque los transportados en verano mostraron también niveles de LDH altos. Por otro lado, los transportados en verano mostraron una mayor deshidratación, ya que la osmolaridad fue más alta, aunque en todos los grupos el hematocrito fue igual.

3.2.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

3.2.2.1.- PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR

En la figura 4.22. se presentan las medias y las comparaciones de la pérdida de peso durante el transporte y la prueba de estrés, así como el peso del hígado para los conejos transportados y expuestos a ruido.

Figura 4.22.-Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso del hígado para los conejos transportados y los expuestos a ruido



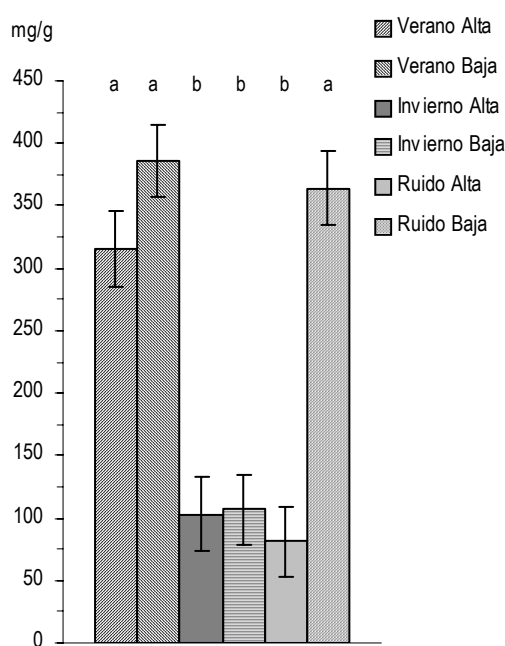
No se han observado diferencias en con relación a la pérdida de peso, entre los grupos, pero los transportados en invierno tuvieron mayores pérdidas que el resto de grupos.

El peso hepático fue muy similar en todos los conejos, excepto en los expuestos a ruido en alta densidad que tuvieron un peso del hígado menor.

Figura 4.23.-Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso del hígado para los conejos transportados y los expuestos a ruido

En la figura 4.23. aparecen reflejados las medias y las comparaciones de la concentración de glucógeno hepático para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

Se puede observar que los animales transportados en verano y los sometidos a ruido en alta densidad, tuvieron una mayor concentración de glucógeno hepático, mientras que el resto de los grupos tuvieron la menor concentración.



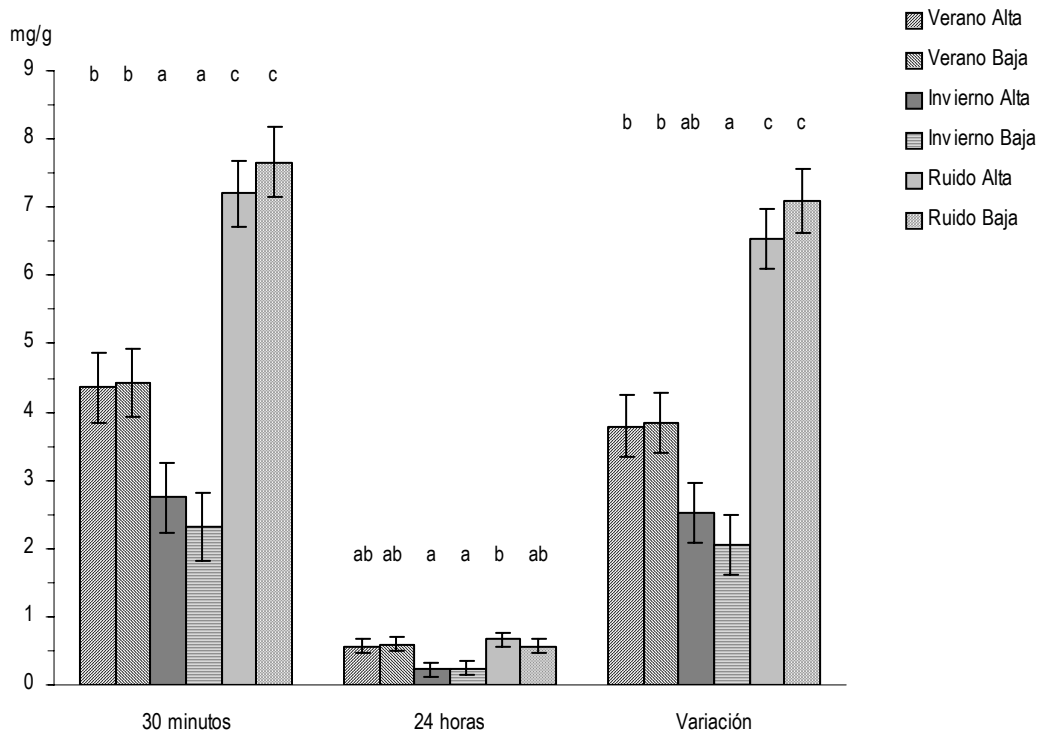
a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

La figura 4.24. presenta las medias y las comparaciones de la concentración de glucógeno muscular a los 30 minutos y 24 horas *post-mortem*, así como la variación entre esto dos momentos para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

La concentración de glucógeno tras el sacrificio en los conejos expuestos a ruido fue la más alta, y la de los transportados en invierno la más baja. Con relación a la concentración de glucógeno a las 24 horas, los animales transportados en invierno mostraron la menor concentración, y el resto de los grupos presentaron una concentración parecida, aunque los conejos expuestos a ruido en alta densidad tuvieron una concentración significativamente más alta que la de los transportados en invierno.

La variación de glucógeno fue mayor en los sometidos a ruido ya que partieron de una mayor concentración de glucógeno inicial.

Figura 4.24.-Medias y comparaciones del glucógeno muscular para los conejos transportados y los expuestos a ruido



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

3.2.2.2.- pH

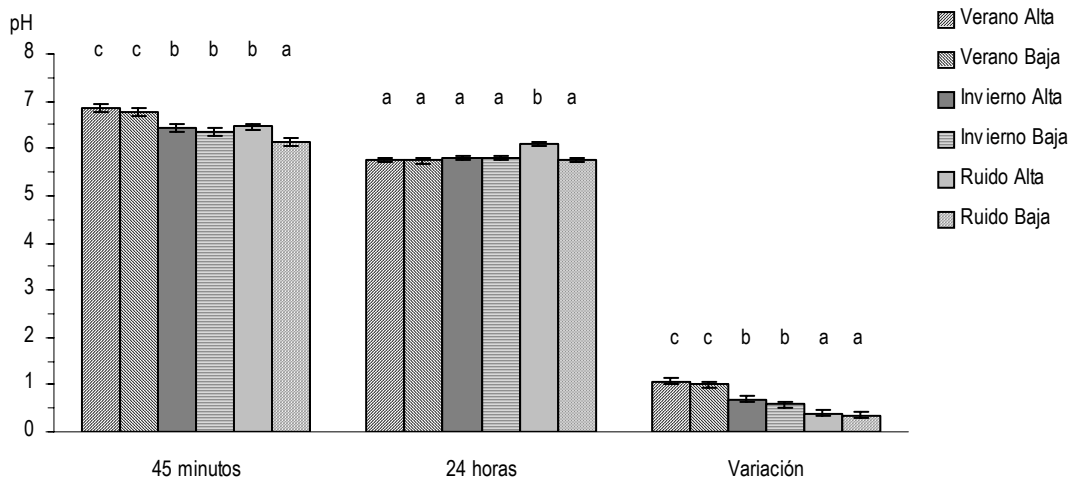
La figura 4.25. presenta las medias y las comparaciones de pH del músculo *Longissimus dorsi* a los 45 y 24 horas tras el sacrificio para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

El pH inicial, a los 45 minutos, fue más alto para los conejos transportados en verano y más bajo para los expuestos a ruido a baja densidad, mientras que el resto de los grupos tuvieron un pH a los 45 minutos intermedio.

A las 24 horas, el pH más alto lo presentaron los animales sometidos a ruido en alta densidad. El resto de los grupos mostraron un pH similar, pero más bajo al grupo mencionado anteriormente.

Con relación a la caída de pH entre los dos tiempos, tuvieron una mayor caída los conejos transportados en verano, mientras que la menor caída la presentaron los animales que fueron expuestos a ruido.

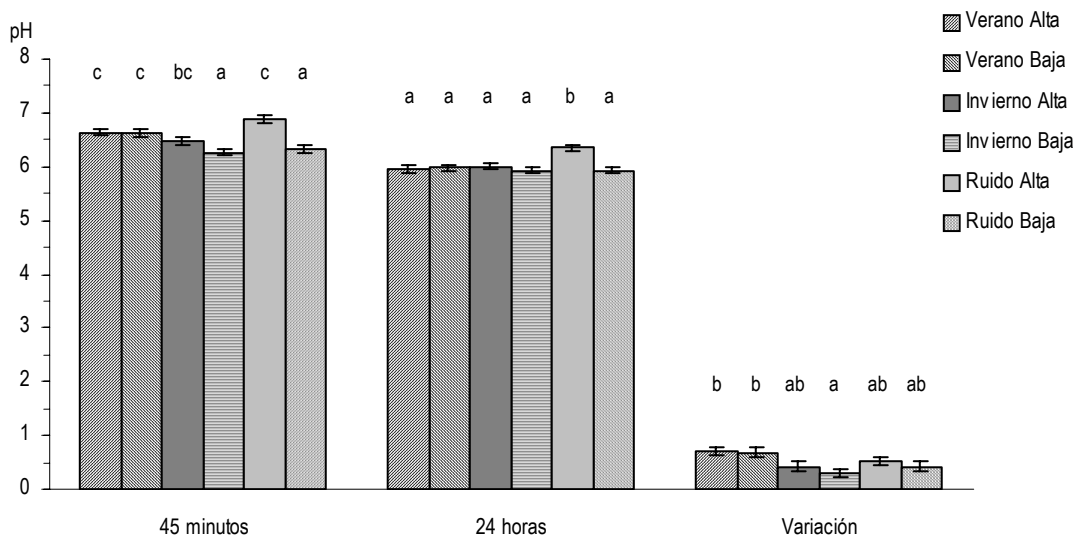
Figura 4.25.-Medias y comparaciones del pH del músculo *Longissimus dorsi* para los conejos transportados y los expuestos a ruido



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas (P<0,05)

La figura 4.26. muestra las medias de pH del músculo *Semitendinosus* y las comparaciones para los animales transportados y para los expuestos a ruido.

Figura 4.26.-Medias y comparaciones del pH del músculo *Longissimus dorsi* para los conejos transportados y los expuestos a ruido



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas (P<0,05)

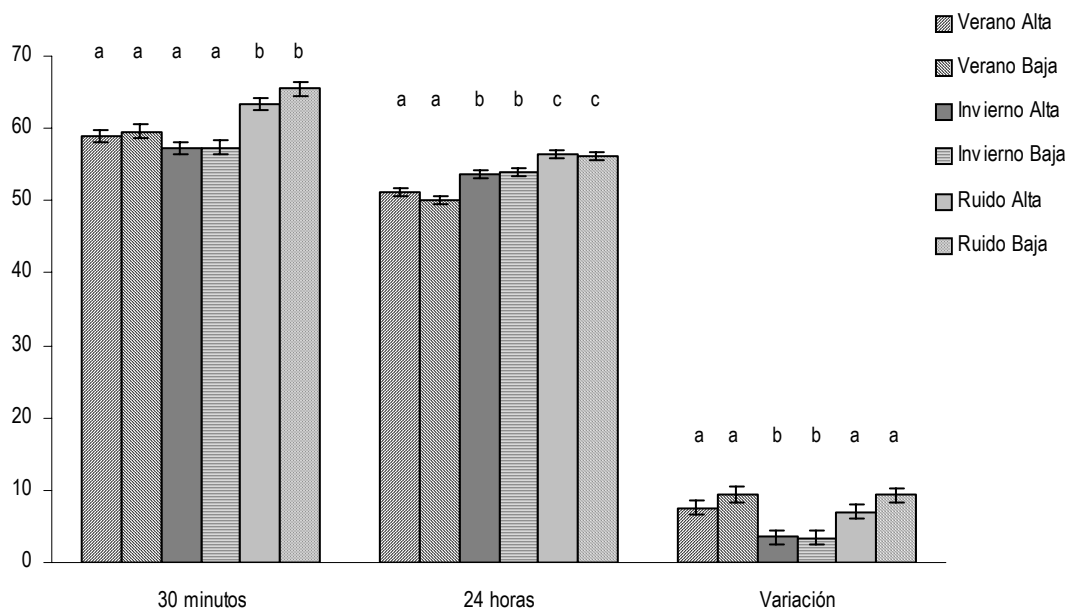
Se puede observar que los conejos transportados en verano y los expuestos ruido a alta densidad tuvieron el mayor pH a los 45 minutos tras el sacrificio, mientras que a las 24 horas solamente el grupo de animales sometidos a ruido a alta densidad mantenía esa superioridad.

En relación con la caída del pH muscular fue mayor en los conejos transportados en verano, ya que tuvieron un pH similar al resto de grupos, sin embargo, partieron de un pH inicial más alto. Los individuos transportados en invierno a baja densidad mostraron la menor caída de pH.

3.2.2.3.- COLOR DE LA CANAL

En las figuras 4.27., 4.28. y 4.29. se presentan las medias y las comparaciones de la luminosidad (L^*), cromaticidad (C^*) y tono (H^*) respectivamente, de la canal para los conejos transportados y para los animales expuestos a ruido.

Figura 4.27.-Medias y comparaciones de la luminosidad (L^*) de la canal para los conejos transportados y los expuestos a ruido



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

Los animales expuestos a ruido mostraron, tanto en el momento inicial como en el final una canal más clara (mayor L^*). Los conejos transportados en

invierno, que en un principio tuvieron menor luminosidad, al final mostraron tener estadísticamente mayor luminosidad que las canales procedentes de los conejos transportados en verano.

Figura 4.28.-Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la canal para los conejos transportados y los expuestos a ruido

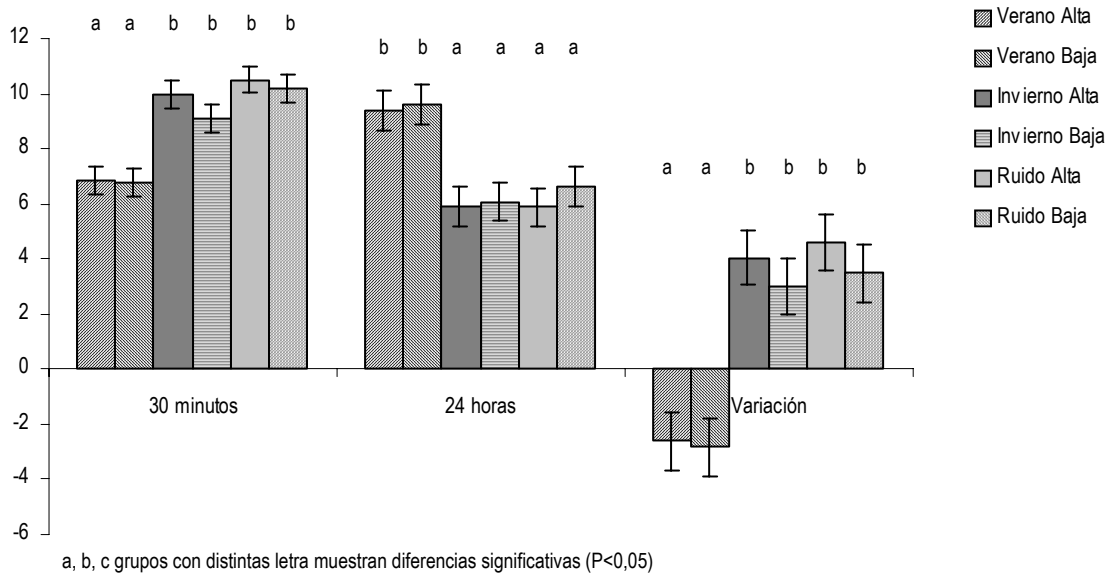
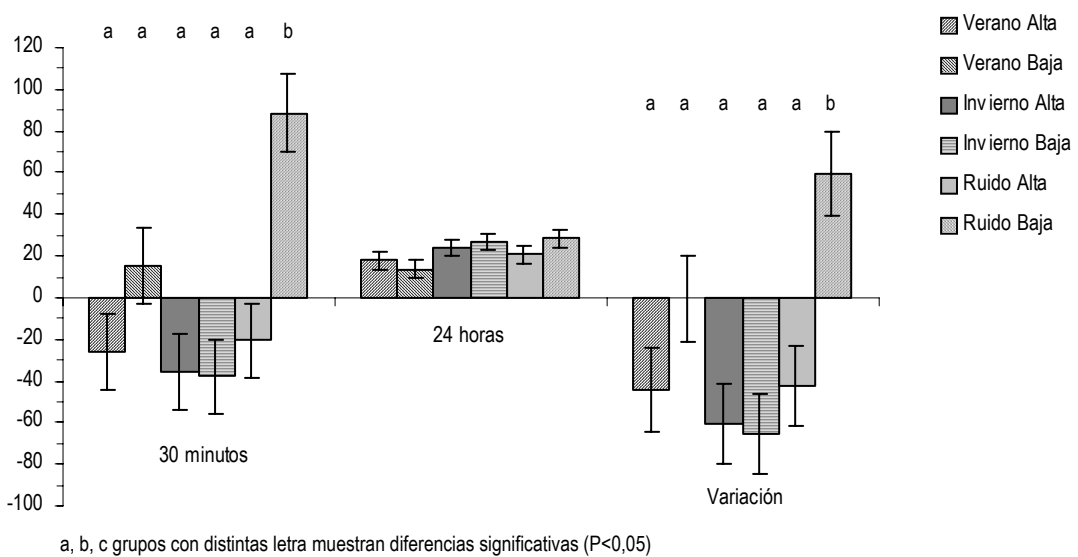


Figura 4.29.-Medias y comparaciones del tono (H*) de la canal para los conejos transportados y los expuestos a ruido



El color en general de la canal tras el sacrificio fue más claro para los conejos sometidos a ruido, y en particular para los conejos alojados en baja densidad, que mostraron un color de la canal más pardo por presentar un mayor tono (H^*).

Con relación al color a las 24 horas, las canales procedentes de los conejos transportados en verano fueron más oscuras que el resto, por tener menor L^* y mayor C^* , además estas canales mostraron un incremento de la saturación del color (C^*) mientras que en el resto de las canales se produjo un descenso.

3.2.2.4.- COLOR DE LA CARNE

Las figuras 4.30, 4.31 y muestran las medias y las comparaciones de la luminosidad (L^*) y cromaticidad (C^*) respectivamente, de la carne para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

Figura 4.30.-Medias y comparaciones de la luminosidad (L^*) de la carne para los conejos transportados y los expuestos a ruido

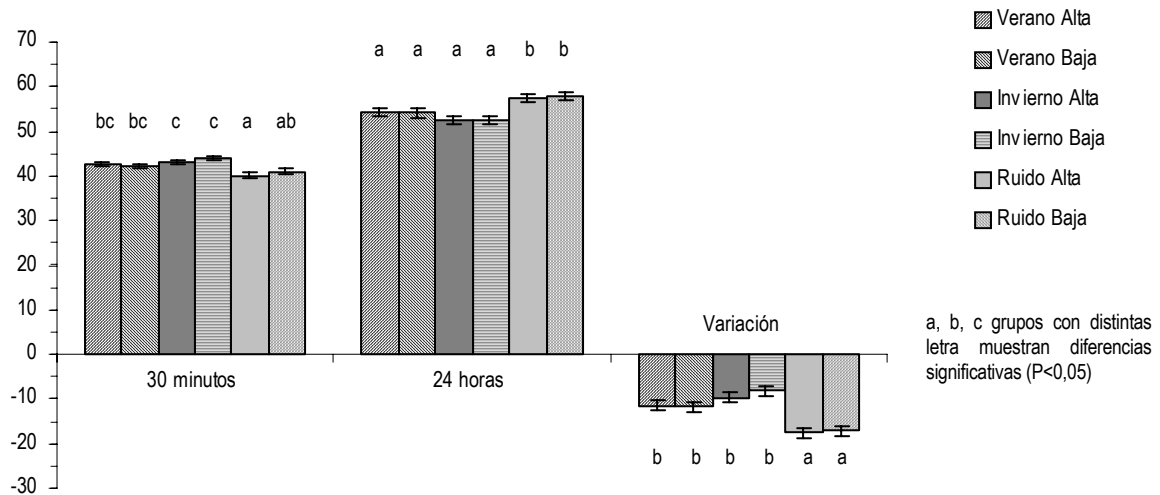
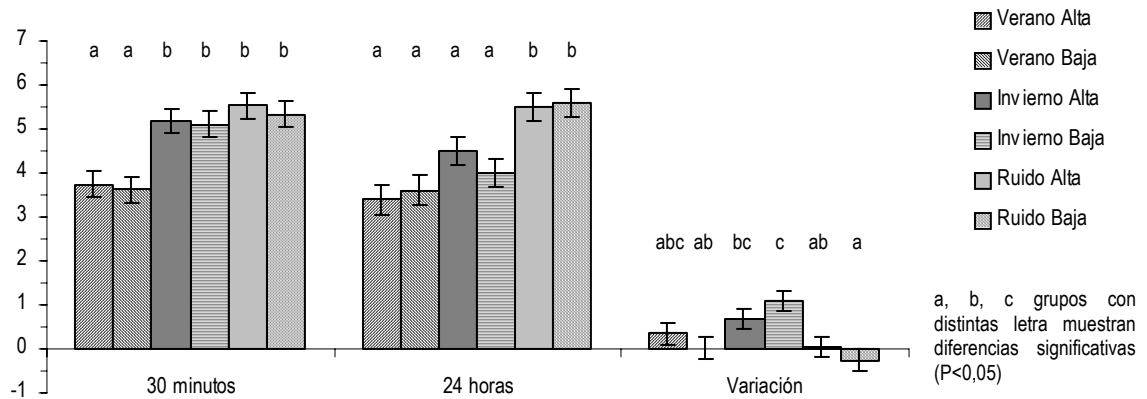
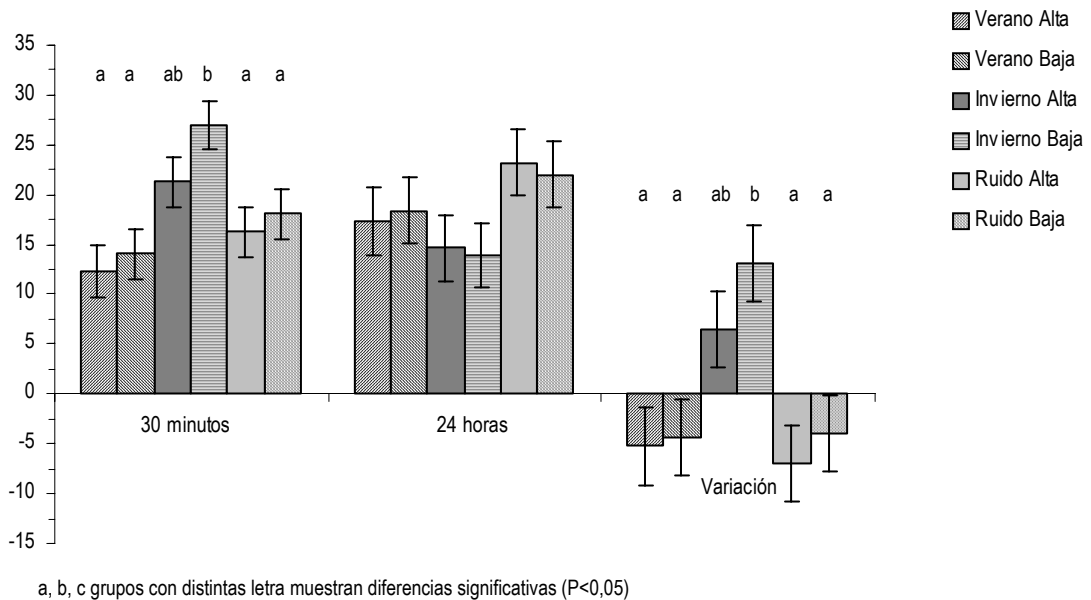


Figura 4.31.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la carne para los conejos transportados y los expuestos a ruido



La figura 4.32. muestra las medias y las comparaciones del tono (H*) de la carne para los conejos transportados y para los expuestos a ruido.

Figura 4.32.-Medias y comparaciones del tono (H*) de la carne para los conejos transportados y los expuestos a ruido



La carne procedente de los conejos expuestos a ruido, al contrario que la canal, en un principio fue más oscura por tener menor L* y mayor C*, pero que tras la refrigeración, paso a ser más clara (mayor L* y C*). Por otro lado, la carne de los conejos transportados en verano, mostró tener un color más

apagado tras el sacrificio (menor C* y H*), pero que a las 24 horas pasó a ser más manifiesto esta diferencia (menor L* y C*). La carne de los conejos transportados en invierno mostró ser clara en un principio (alto L*, C* y H*), pero con la refrigeración paso a tener un color parecido al de los conejos transportados en verano.

3.2.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

El transporte en verano causó un mayor estrés en los conejos reflejado por un mayor nivel de cortisol en sangre, mientras que el transporte en invierno provocó el mismo nivel de excitación que en los conejos sometidos a ruido. Con relación a la CK, los animales expuestos a ruido mostraron los mayores niveles, lo que señala la mayor fatiga y daño muscular de los conejos sometidos a ruido, que lo corrobora la mayor concentración de lactato y un alto nivel de LDH en sangre.

Los conejos transportados en verano tuvieron una mayor deshidratación, por mostrar un mayor valor de osmolaridad, aunque el hematocrito fue igual para todos los grupos.

El glúcogeno muscular inicial de los conejos transportados fue menor que el de los expuestos a ruido, pero se redujo esta diferencia tras la refrigeración, aunque la concentración fue ligeramente más alto en los expuestos a ruido en alta densidad.

El pH de la carne a los 45 minutos tras el sacrificio, fue más alto en los conejos transportados en verano, aunque los animales sometidos a ruido en alta densidad tuvieron un pH igual de alto que los transportados en verano para el músculo *Semitendinosus*. A las 24 horas, todos los pH se igualaron, excepto el de los conejos sometidos a ruido en alta densidad, que fue más alto en los dos músculos valorados.

El color de la canal fue más claro en los conejos sometidos a ruido, tanto al inicio como a las 24 horas, mientras que la canal de los conejos transportados fue más pálida al comienzo para pasar a ser más oscura a las 24 horas.

La carne de los conejos expuestos a ruido fue más oscura tras el sacrificio, para pasar con la refrigeración a un color claro, mientras que la procedente de los conejos transportados en verano fue más pálida en los dos tiempos.

Entre los 6 grupos comparados se puede concluir que el transporte estival afecta más al bienestar de los conejos que el ruido, por presentar los primeros valores más elevados de cortisol, osmolaridad y pH inicial además de un color de la canal más oscuro.

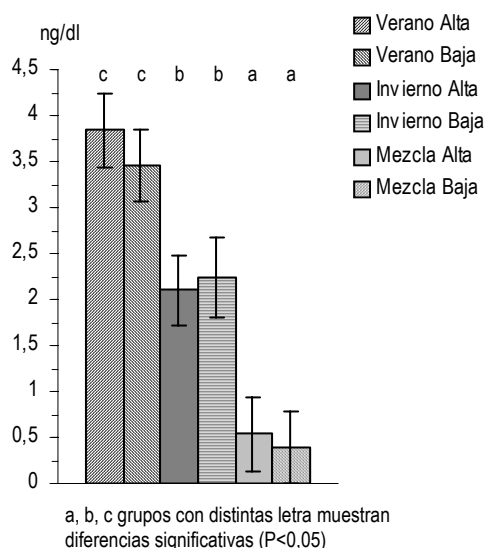
3.3.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS POR MEZCLA SOCIAL

3.3.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

En las siguientes figuras se representan algunos de los parámetros sanguíneos estudiados para los animales transportados y para los sometidos a mezcla de individuos desconocidos.

En la figura 4.33. se presentan la concentración de cortisol sanguíneo y las comparaciones para los animales transportados y los sometidos a mezcla para las dos densidades.

Figura 4.33.-Medias y comparaciones de la concentración de cortisol sanguíneo para los animales transportados y para los sometidos a mezcla



Los conejos transportados presentaron un mayor nivel de cortisol que los conejos sometidos a mezcla. Dentro de las dos épocas de transporte, los transportados en verano tuvieron una mayor concentración de cortisol que los transportados en invierno.

La figura 4.34. muestra las medias y las comparaciones de la actividad enzimática de la CK para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.

Figura 4.34.-Medias y comparaciones de la actividad enzimática de la CK para los animales transportados y para los sometidos a mezcla

Los conejos transportados en verano mostraron la mayor actividad de la enzima CK en sangre, aunque los transportados en esta época a baja densidad no mostraron diferencias significativas con los conejos mezclados con desconocidos.

Los conejos transportados en invierno mostraron los menores niveles de la enzima CK, aunque los transportados a alta densidad en esta época mostraron tener un nivel similar estadísticamente a los dos grupos de conejos sometidos a mezcla.

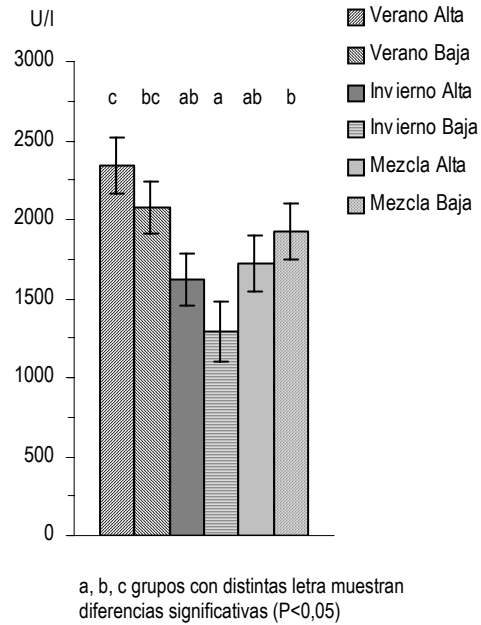
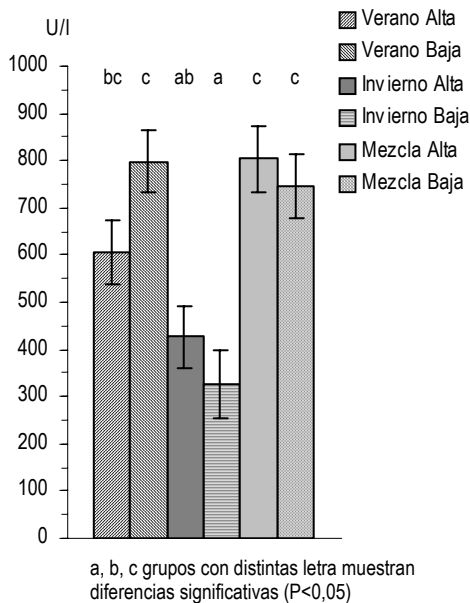


Figura 4.35.-Medias y comparaciones de la actividad enzimática de la LDH para los animales transportados y para los sometidos a mezcla

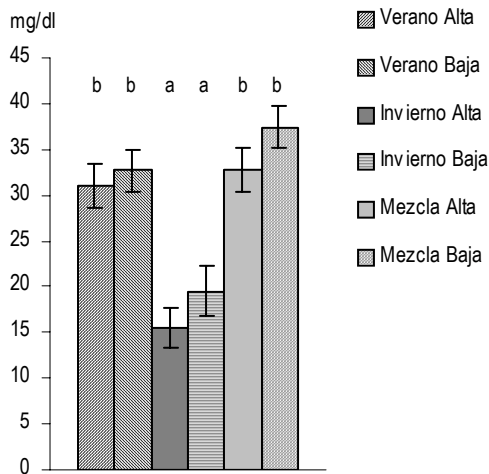


La figura 4.35. muestra la actividad enzimática de la LDH y las comparaciones para los animales transportados y para los sometidos a mezcla con desconocidos.

Los conejos sometidos a mezcla y los transportados en verano mostraron mayor actividad enzimática de la LDH en sangre, mientras que el menor nivel lo presentaron los conejos transportados en invierno. Aunque las dos densidades para los conejos transportados en invierno no mostraron diferencias significativas entre ellos, el grupo que

fue transportado en alta densidad en esta época no mostró ser estadísticamente diferente a los conejos transportados en verano también en alta densidad.

Figura 4.36.-Medias y comparaciones de la concentración de lactato para los animales transportados y para los sometidos a mezcla



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

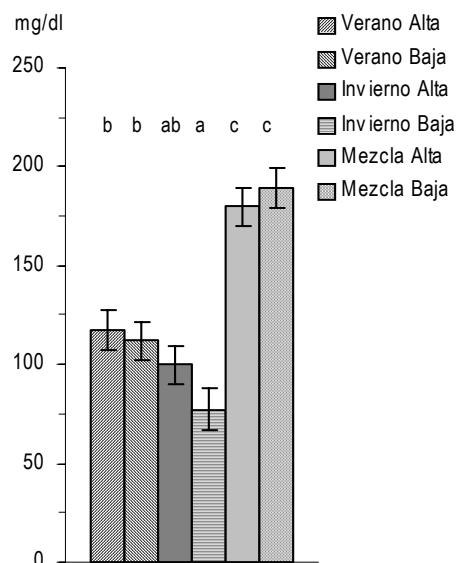
En la figura 4.36. aparecen reflejados los valores medios y las comparaciones de la concentración de lactato para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.

Los conejos transportados en verano y los mezclados tuvieron la mayor concentración de lactato, mientras que los transportados en invierno tuvieron la menor concentración.

Figura 4.37.- Medias y comparaciones de la concentración de glucosa para los animales transportados y para los sometidos a mezcla

La figura 4.37. muestra los valores medios y las comparaciones de la concentración de glucosa en sangre para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla con desconocidos.

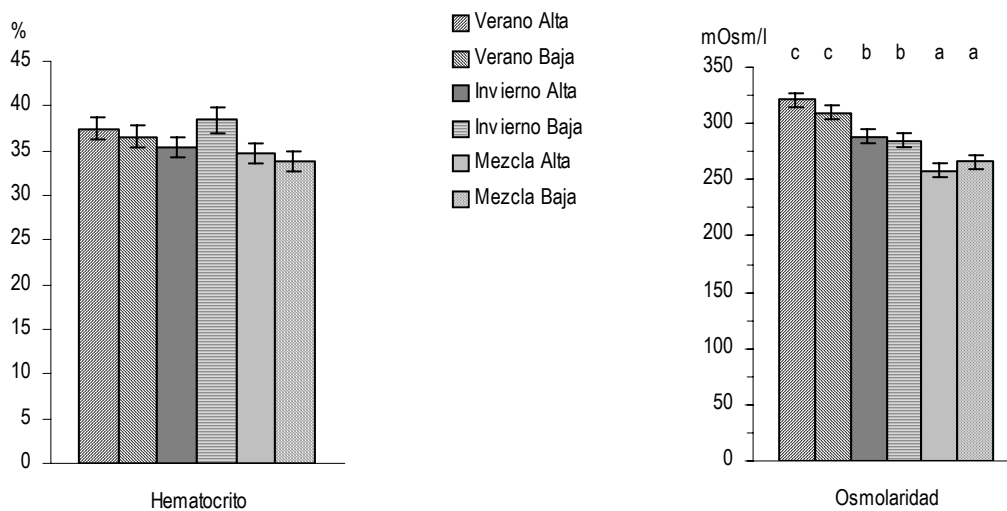
La mayor concentración la presentaron los animales mezclados, y la menor los conejos transportados en invierno a baja densidad. Entre las dos densidades de los animales transportados en invierno no mostraron diferencias significativas, aunque los conejos alojados en alta densidad no mostraron diferencias con los transportados en verano.



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

En la figura 4.38. se presentan las medias y las comparaciones del hematocrito y de la osmolaridad para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.

Figura 4.38.-Medias y comparaciones del hematocrito y de la osmolaridad para los animales transportados y para los sometidos a mezcla



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

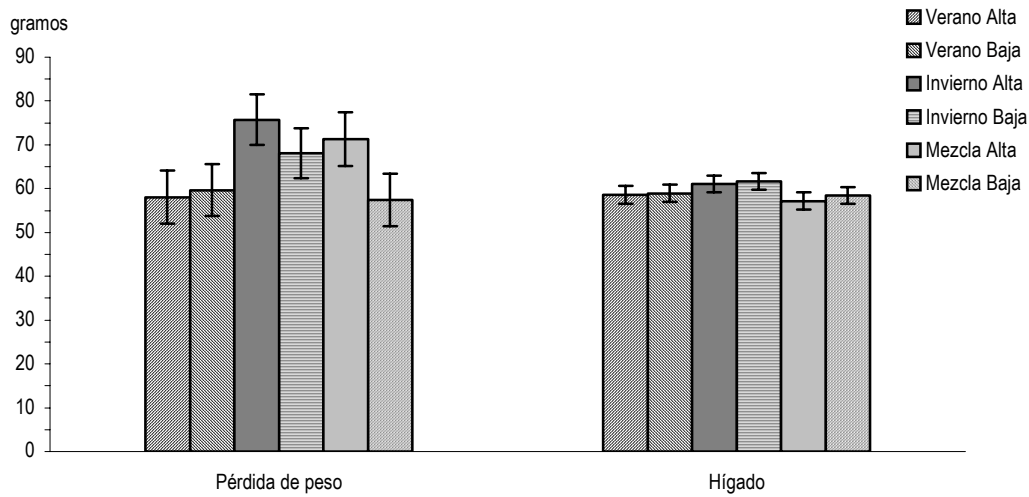
Se puede observar en la figura que el hematocrito fue igual para todos los grupos, pero en cuanto a la osmolaridad, los conejos transportados en verano mostraron el mayor valor y los sometidos a mezcla con animales desconocidos el menor. Los conejos transportados en invierno tuvieron una osmolaridad intermedia, estadísticamente menor que los transportados en la otra época y mayor que los mezclados.

3.3.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y DE CARNE

3.3.2.1.- PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR

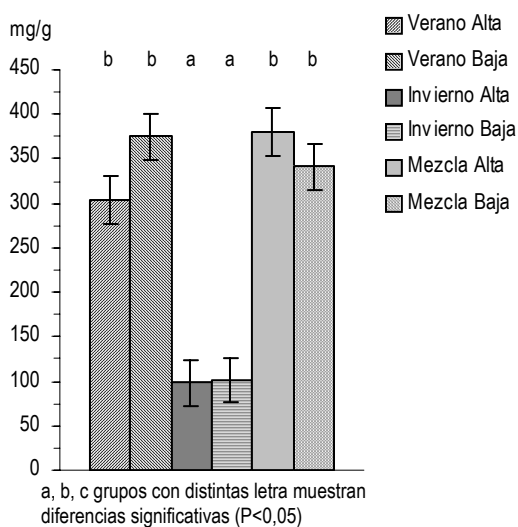
Las medias y las comparaciones para el peso hepático y para la pérdida de peso durante el transporte y durante el tiempo que estuvieron los conejos mezclados se presentan en la figura 4.39.

Figura 4.39.-Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso hepático para los animales transportados y para los sometidos a mezcla



No se observaron diferencia entre los seis grupos de conejos ni en las pérdidas de peso ni en el peso del hígado. Aunque las diferencias no fueron significativas, los conejos transportados en invierno a alta densidad y los sometidos a mezcla también a alta densidad, mostraron las mayores pérdidas de peso mientras que los transportados en verano tuvieron las menores. Con relación al peso hepático, no se observaron grandes discrepancias entre los grupos.

Figura 4.40.-Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno hepático para los animales transportados y para los sometidos a mezcla

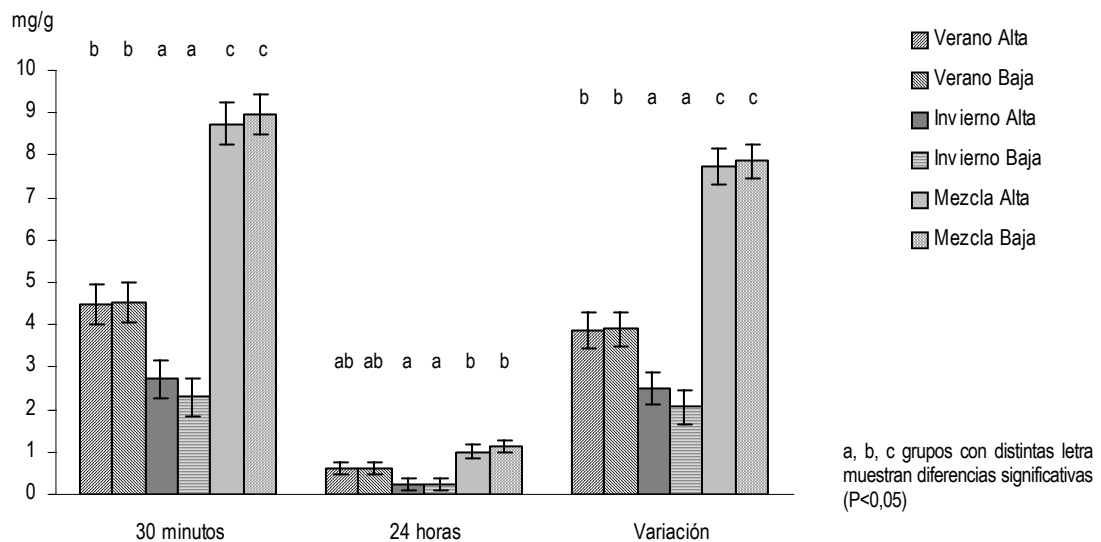


La figura 4.40. muestra las medias de la concentración de glucógeno hepático para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla, así como las comparaciones entre ellos.

Se puede apreciar que los conejos transportados en verano y los mezclados tuvieron una mayor concentración de glucógeno hepático que los transportados en invierno.

La concentración de glucógeno muscular en los tiempos valorados y la variación entre ellos, así como las comparaciones entre los conejos transportados y los sometidos a mezcla aparecen reflejados en la figura 4.41.

Figura 4.41.-Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno muscular para los animales transportados y para los sometidos a mezcla

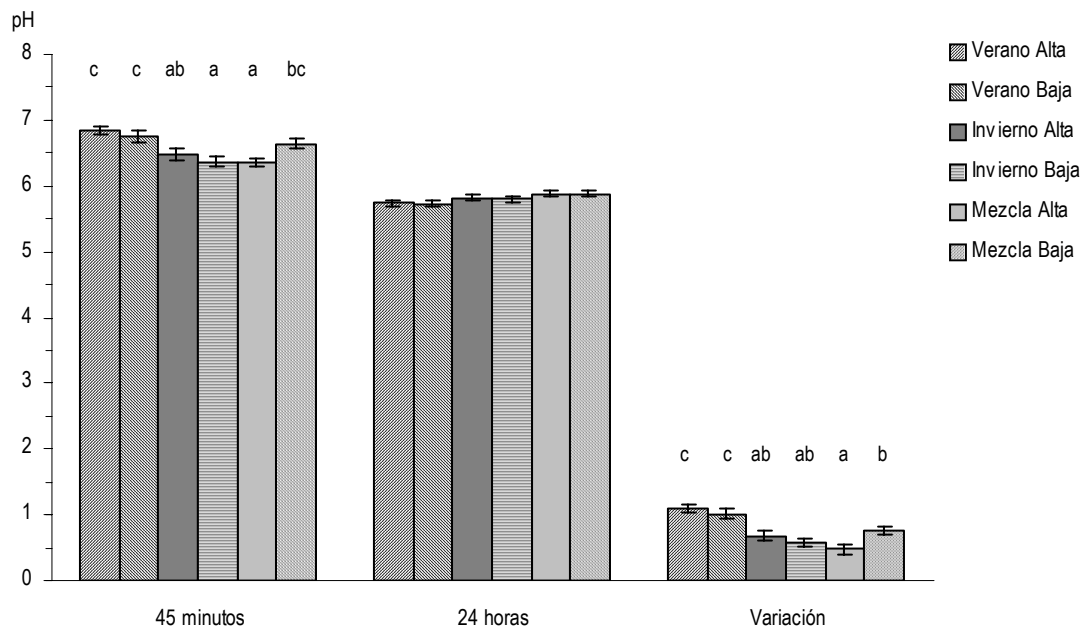


Con los datos mostrados en la figura observamos que los conejos sometidos a mezcla tuvieron la mayor concentración de glucógeno muscular en los tiempos de valoración, además de tener la máxima variación entre estos dos tiempos. Los animales transportados en invierno mostraron la menor concentración también en los dos tiempos y por lo tanto la menor caída de la concentración. Mientras que los transportados en época de verano tuvieron una concentración intermedia en el momento inicial, estadísticamente diferente a los dos grupos mencionados anteriormente, y a las 24 horas las diferencias no fueron significativas con esos dos grupos.

3.3.2.2.- PH

La figura 4.42. muestra las medias de pH en el músculo *Longissimus dorsi* y las comparaciones para los animales transportados y los sometidos a mezcla con desconocidos.

Figura 4.42.-Medias y comparaciones del pH en el músculo *Longissimus dorsi* para los animales transportados y para los sometidos a mezcla



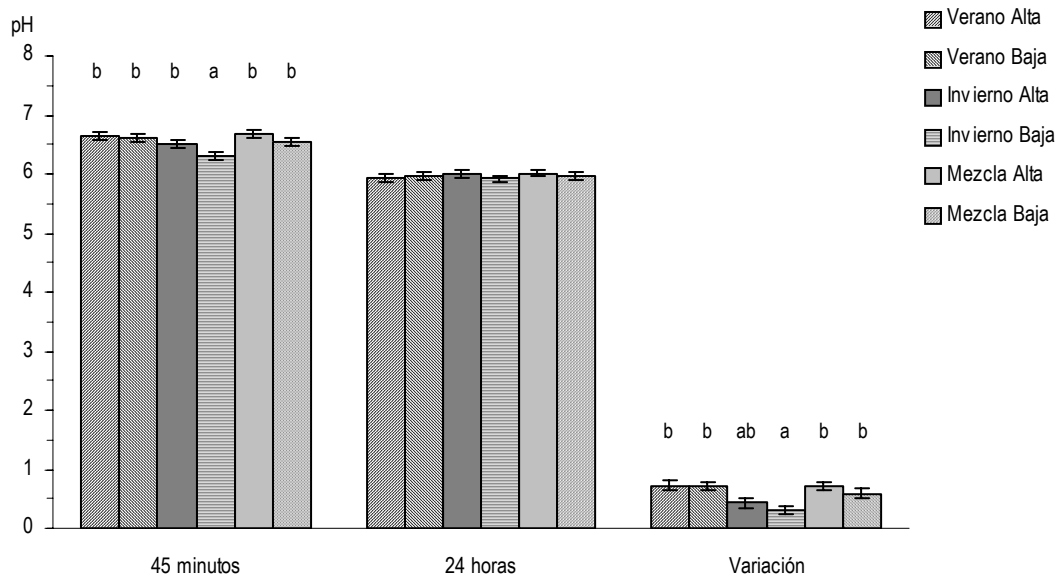
a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

En la figura se puede observar como el pH inicial en el *Longissimus dorsi* fue más alto en los animales transportados en verano, mientras que el más bajo los mostraron los animales transportados en invierno a baja densidad y los sometidos mezcla a alta densidad. Los otros dos grupos, los transportados en invierno a alta densidad y los mezclados a baja, tuvieron un pH inicial intermedio y estadísticamente igual entre ellos. El pH final, a las 24 horas, no fue significativamente diferente entre los grupos.

La variación del pH entre los dos tiempos, fue más alta en los transportados en verano y más baja para los sometidos a mezcla a alta densidad. El resto de los grupos mostraron una variación intermedia.

El pH del músculo *Semitendinosus* y las comparaciones entre los conejos transportados y los sometidos a mezcla con animales desconocidos se presentan en la figura 4.43.

Figura 4.43.- Medias y comparaciones del pH en el músculo *Longissimus dorsi* para los animales transportados y para los sometidos a mezcla



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

El pH en el músculo *Semitendinosus* en el momento inicial (45 minutos), presentó el menor valor en los conejos transportados en invierno a baja densidad. Los grupos restantes mostraron un valor de pH más alto e igual entre sí. No se observaron diferencias en el pH a las 24 en este músculo.

Asimismo, la variación del pH entre los dos tiempos fue más alta en los transportados en verano y en los mezclados. Mientras que las menores variaciones la presentaron los conejos transportados en invierno a baja densidad.

3.3.2.3.- COLOR DE LA CANAL

En las figuras 4.44. y 4.45. aparecen reflejados los valores medios y las comparaciones de la luminosidad (L^*) y cromaticidad (C^*) de la canal respectivamente, para los conejos transportados y los sometidos a mezcla.

Figura 4.44.-Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la canal para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla

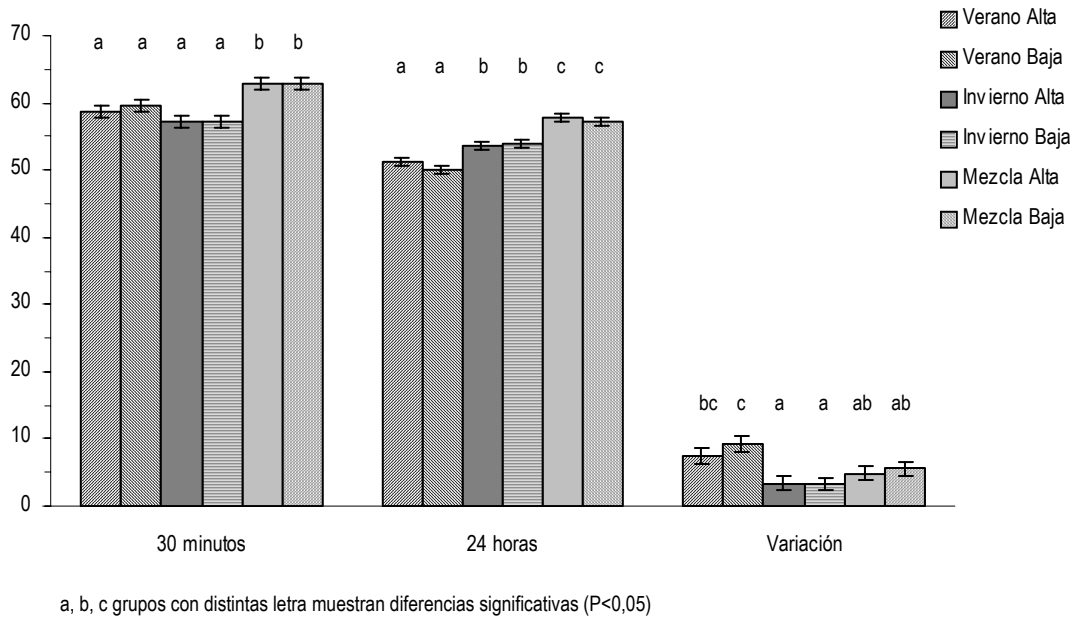
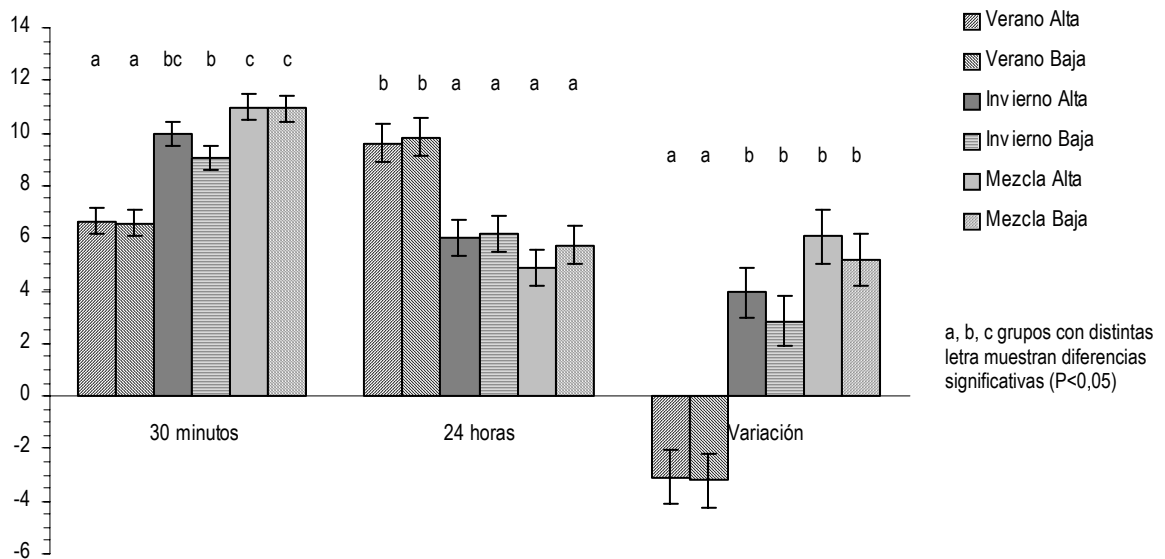
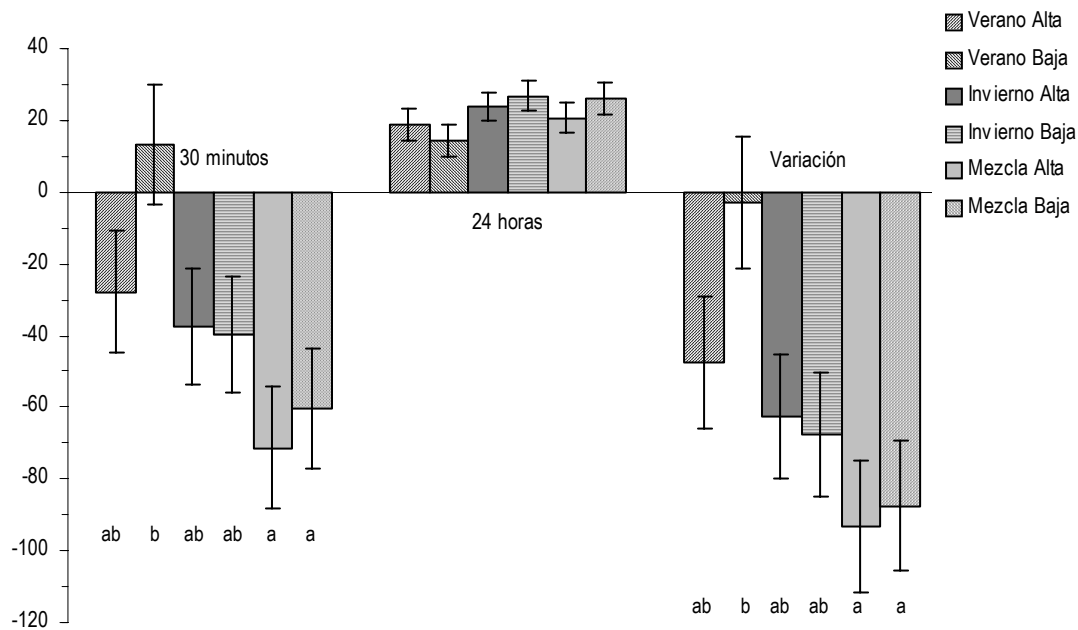


Figura 4.45.-Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la canal para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla



En la figura 4.46. se muestran las medias y las comparaciones del tono (H*) del color de la canal para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.

Figura 4.46.-Medias y comparaciones del tono (H^*) de la canal para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

Las canales de procedentes de los conejos sometidos a mezcla fueron más claras y luminosas tras el sacrificio que las procedentes de los conejos transportados (mayor L^* y C^* y menor H^*). Tras la refrigeración, las canales de los conejos sometidos a mezcla se mantuvieron con ese color claro, pero más pálido (mayor L^* y menor C^*), mientras que los conejos transportados en verano mostraron unas canales más oscuras (menor L^* y mayor C^*). En estas canales la variación de la luminosidad fue mayor, causando ese valor más bajo de luminosidad y con relación a la saturación del color se produjo aumento, mientras que se produjo un receso en los grupos restante, produciendo como resultado ese color más oscuro las canales.

3.3.2.4.- COLOR DE LA CARNE

Las figuras 4.47. y 4.48. presentan las medias y las comparaciones de los valores de luminosidad (L^*) y cromaticidad (C^*) respectivamente, para los conejos transportados y para los mezclados.

Figura 4.47.-Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la carne para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla

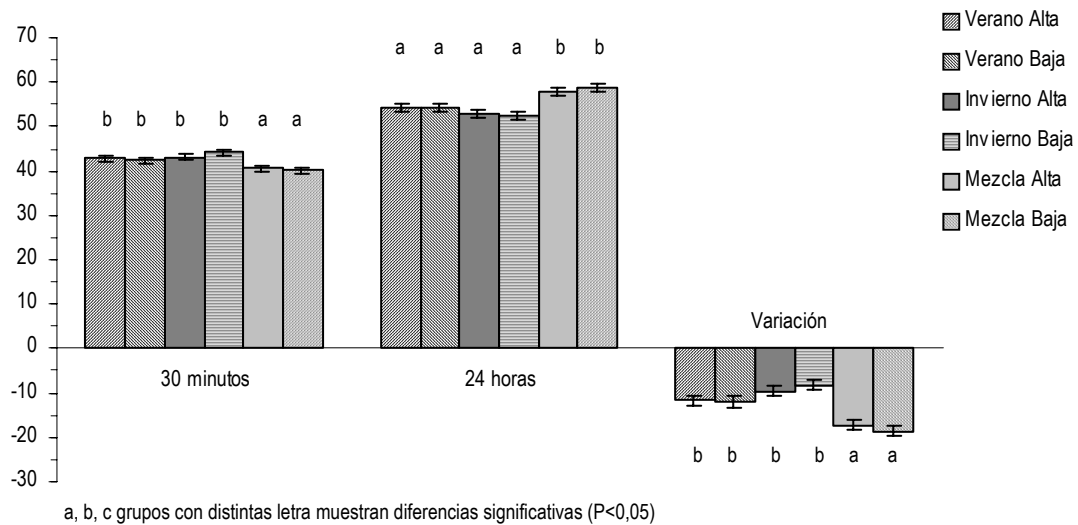
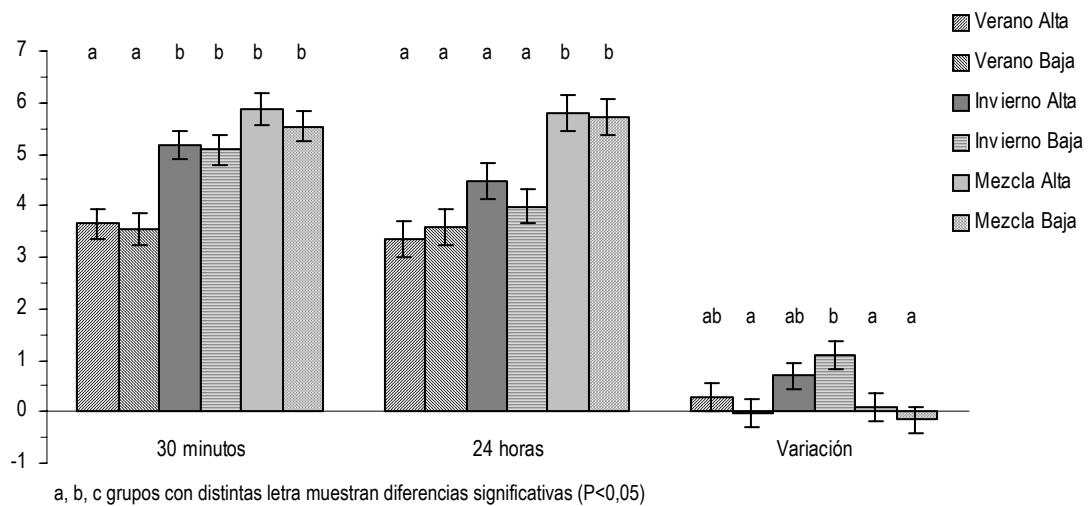
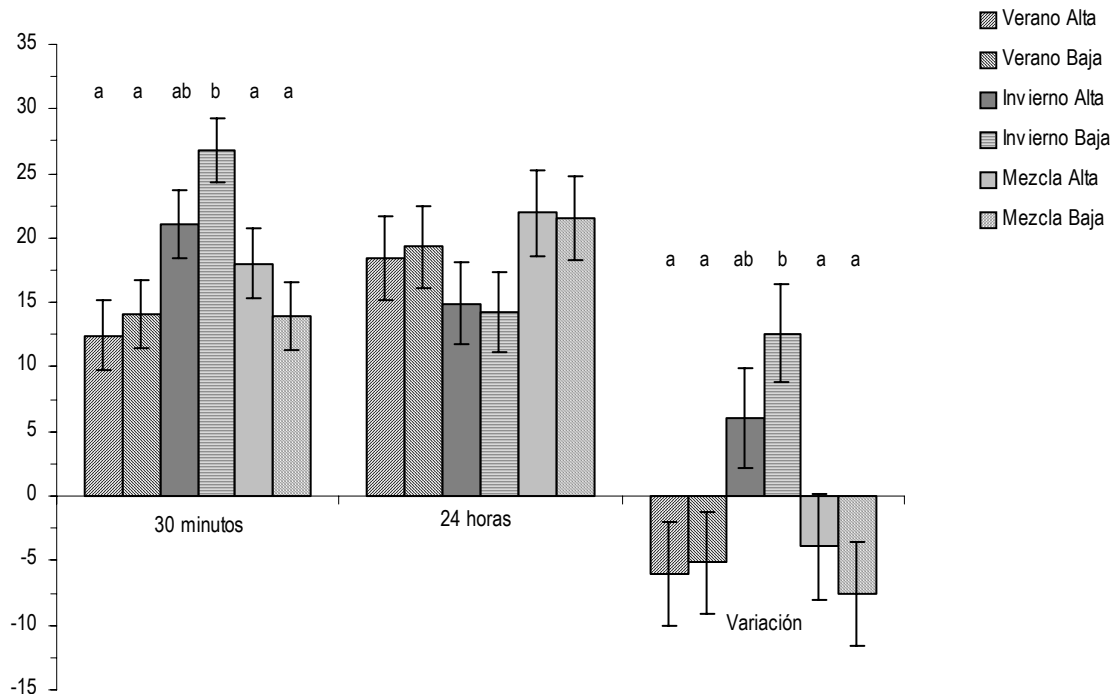


Figura 4.48.-Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la carne para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla



En la figura 4.49. aparecen reflejados las medias y las comparaciones del tono (H*) de la canal para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.

Figura 4.49.-Medias y comparaciones del tono (H^*) de la carne para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla



a, b, c grupos con distintas letra muestran diferencias significativas ($P < 0,05$)

La carne de los conejos tras el sacrificio mostró ser más oscura en los animales sometidos a mezcla que en los transportados (menor L^* y mayor C^*). Tras la refrigeración la carne de estos paso a tener un color claro e intenso (mayor L^* y C^*).

3.3.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

Los conejos transportados en verano mostraron un mayor nivel de cortisol que los transportados en época invernal y que los sometidos a mezcla. Por otro lado, los animales que fueron mezclados con conejos desconocidos tuvieron igual nivel de fatiga muscular que los transportados en verano, igual LDH y lactato, mientras que estos últimos mostraron tener mayor daño muscular, mayor CK, que los transportados en invierno y que los mezclados.

Asimismo, los animales transportados en verano mostraron una mayor osmolaridad, apuntando a la mayor deshidratación en estos animales, aunque el hematocrito sea igual para todos los grupos.

Los conejos mezclados presentaron una mayor concentración de glucógeno muscular seguidos por los transportados en verano y la menor concentración la mostraron los transportados en invierno, lo que demuestra las mayores demandas energéticas de estos últimos con una menor concentración de glucosa en sangre.

El pH muscular a los 45 minutos tras el sacrificio fue mayor en el *Longissimus dorsi* para los conejos transportados en verano y los sometidos a mezcla a baja densidad. Por otro lado, en el músculo *Semitendinosus* el pH inicial fue menor en los conejos transportados en invierno a baja densidad. Tras las 24 horas de refrigeración, todos los valores de pH se igualaron en ambos músculos.

La canal procedente de los conejos mezclados, fue en un principio más clara y brillante, para pasar tras la refrigeración a un color más apagado y claro. Mientras que el color de la canal tras la refrigeración de los conejos transportados en verano fue más oscuro.

El color de la carne de los conejos sometidos a mezcla, por el contrario, fue más oscuro tras el sacrificio para tornarse más claro con la refrigeración. Por otro lado, los conejos transportados en época estival a los 30 minutos *post-mortem* tuvieron una carne más pálida, tornándose más oscura tras la refrigeración. Los animales transportados en la otra época del año, la carne tras el sacrificio fue más clara que la de los conejos transportados en verano para tornarse del mismo color que estos últimos con la refrigeración.

Como conclusión se puede inferir que el transporte estival causó una mayor reducción del bienestar en los conejos que la mezcla entre individuos desconocidos, ya que los transportados en verano tuvieron valores más altos de cortisol, osmolaridad y pH inicial, junto con un color de la canal más oscuro.

3.4.- TRANSPORTE COMERCIAL Y ESTRÉS POR CAMBIO DE JAULA

3.4.1.- PARÁMETROS SANGUÍNEOS

La tabla 4.38. presenta las medias y las 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 conejos que fueron sometidos a cambio de jaula.

Los conejos transportados en verano mostraron unos niveles de cortisol más altos ($P<0,001$) que los animales sometidos a cambio de jaula. Por otro lado, los transportados en época de invierno a ambas densidades no mostraron diferencias con respecto a los cambiados de jaula, pero cuando la comparación se realizó en conjunto para esta época si que fueron ligeramente superiores las concentraciones ($P<0,05$).

Tabla 4.38.- 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 cambio de jaula

	Verano		Invierno		Cambio de jaula	ES	Significación ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs J	I vs J	A vs J	B vs J
Cortisol (ng/ml)	3,62 ^z	3,34 ^z	1,91	2,08	0,89	1,47	***	*	**	**
CK (U/l)	2285,56	2035,84	1573,55 ^x	1243,44 ^y	2242,18	648,30	NS	**	NS	*
LDH (U/l)	687,16 ^z	831,85 ^z	454,47 ^z	355,59 ^z	1346,89	269,79	***	***	***	***
Lactato (mmol/l)	31,90 ^z	32,35 ^z	14,90 ^z	18,98 ^z	45,80	8,07	***	***	***	***
Glucosa (mg/dl)	129,21 ^z	113,68 ^z	102,93 ^z	80,00 ^z	272,17	37,01	***	***	***	***
Hematocrito (%)	37,33	36,56	35,22	38,37	34,52	4,86	NS	NS	NS	NS
Osmolaridad (mOsmol/l)	318,34 ^z	307,90 ^z	285,91	282,76	271,91	21,10	***	NS	***	**
Albúminas (g/dl)	2,88	3,06	2,84	3,00	2,53	0,68	NS	NS	NS	NS
Globulinas (g/dl)	2,12	2,14	2,00	2,26	2,25	0,58	NS	NS	NS	NS

^x, ^y y ^z indican diferencias con los animales sometidos a cambio de jaula (^x = $P<0,05$; ^y = $P<0,01$; ^z = $P<0,001$)

¹ Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a cambio de jaula (NS: no significativo;

* $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; J: cambio de jaula

ES: Error Estándar

La actividad de la enzima CK en sangre fue inferior en los conejos transportados en invierno ($P<0,01$). Con relación a la densidad, los animales alojados en baja densidad presentaron unos valores más bajos que los sometidos a cambio de jaula ($P<0,05$), aunque por separados los de verano no mostraron diferencias significativas.

Los valores de la actividad enzimática de la LDH y las concentraciones de lactato y de glucosa, fueron menores en todos los casos para los conejos transportados que para los cambiados de jaula ($P<0,001$).

Con relación a la deshidratación, el hematocrito fue igual en todos los animales transportados con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula. Mientras que la osmolaridad, fue mayor en los transportados en verano ($P < 0,001$) y no se observaron diferencias entre los transportados en invierno y el grupo de conejos sometidos a cambio de jaula.

A partir de estos datos, observamos que los conejos transportados en verano mostraron un mayor grado de estrés por presentar mayor nivel de cortisol. Asimismo, los conejos transportados en verano mostraron niveles de actividad de la CK similares a los de los animales sometidos a cambio de jaula, mientras que los de invierno fueron menores. En el mismo sentido, los conejos transportados mostraron una menor fatiga muscular, menor LDH y lactato.

La deshidratación de los conejos transportados en verano fue más alta, por tener mayor hematocrito, que se vio aumentada por la densidad, ya que los animales transportados a alta densidad mostraron niveles más altos de osmolaridad que los sometidos a cambio de jaula.

3.4.2.- CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

3.4.2.1.- PÉRDIDA DE PESO, PESO DEL HÍGADO, GLUCÓGENO HEPÁTICO Y MUSCULAR

En la tabla 4.39. aparecen reflejados los valores y las comparaciones de la pérdida de peso, del peso del hígado y de la concentración de glucógeno hepático y muscular para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula.

Las pérdidas de peso de los conejos transportados en invierno fueron más altas que las de los conejos sometidos a cambio de jaula ($P < 0,001$) y con relación a las densidades, ambas mostraron valores mayores de pérdida de peso que los conejos sometidos a cambio de jaula ($P < 0,01$).

El peso de hígado fue ligeramente mayor en los conejos transportados en invierno que en los conejos sometidos a cambio de jaula ($P < 0,05$). Este mayor peso no se vio reflejado en la concentración de glucógeno, que fue menor para los animales transportados en invierno, y mayor para los de verano, con relación a para los individuos sometidos a cambio de jaula.

Las concentraciones de glucógeno muscular en los conejos transportados fueron menores a las de los animales sometidos a cambio de jaula, aunque la

inicial de los transportados en verano no fue estadísticamente diferente. El cambio de jaula provocó que los conejos tuvieran mayor concentración de glucógeno tanto inicial como final y que la variación entre estos dos tiempos también fuera mayor.

Tabla 4.39.- Valores medios y comparaciones de la pérdida de peso, peso del hígado, concentración de glucógeno hepático (Gluc. Hep.) y muscular (Gluc. Musc.) para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula

	Verano		Invierno		Cambio de jaula	ES	Significación ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs J	I vs J	A vs J	B vs J
Pérdida de peso (g)	58,77	62,00	79,14 ^z	71,37 ^y	46,63	19,58	NS	***	**	**
Prop. pérd. (%)	3,09	3,22	4,31 ^z	3,85 ^y	2,45	1,08	NS	***	**	**
Hígado (g)	59,56	59,51	61,87	62,47 ^x	55,87	7,16	NS	*	NS	NS
Gluc. Hep. (mg/g tejido)	314,94	387,58 ^y	113,67 ^z	116,74 ^z	278,70	91,63	*	**	NS	NS
Gluc. Musc. (mg/g tejido)										
30 minutos	4,74	4,43	2,70 ^z	2,27 ^y	6,44	0,55	NS	***	**	**
24 horas	0,62 ^x	0,59 ^y	0,21 ^z	0,22 ^z	1,02	1,72	**	***	***	***
Variación	4,12 ^x	3,84 ^x	2,49 ^z	2,04 ^z	5,42	1,45	*	***	***	***

^{x, y y z} indican diferencias con los animales sometidos a cambio de jaula (^x = P<0,05; ^y = P<0,01; ^z = P<0,001)

¹ Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a cambio de jaula (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; J: cambio de jaula

ES: Error Estándar

3.4.2.2.- pH

En la tabla 4.40. aparecen reflejados los valores medios y las comparaciones del pH en el músculo *Longissimus dorsi* y en el *Semitendinosus* para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula.

El pH a los 45 minutos en los dos músculos, *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*, fue significativamente más alto en los conejos transportados en verano que en los sometidos a cambio de jaula (P<0,001 y P<0,01, para cada músculo respectivamente). Tras la refrigeración de 24 horas, el pH en el *Longissimus dorsi* fue significativamente menor en los conejos transportados, aunque fue mucho más bajo en los transportados en verano (P<0,001) que en

los de invierno ($P<0,05$) con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula.

En el músculo *Semitendinosus*, el pH a las 24 horas no mostró diferencia entre los conejos transportados y los que fueron cambiados de jaula.

Tabla 4.40.- 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 cambio de jaula

	Verano		Invierno		Cambio de jaula	ES	Significación ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs J	I vs J	A vs J	B vs J
<i>Longissimus dorsi</i>										
45 minutos	6,83 ^z	6,81 ^z	6,41	6,33	6,34	0,20	***	NS	**	**
24 horas	5,77 ^y	5,73 ^y	5,82 ^x	5,81 ^x	5,97	0,16	***	*	**	**
Variación	1,03 ^z	1,00 ^z	0,68 ^z	0,57 ^y	0,33	0,20	***	***	***	***
<i>Semitendinosus</i>										
45 minutos	6,60 ^y	6,59 ^y	6,50	6,29	6,33	0,21	**	NS	*	NS
24 horas	5,94	5,98	6,00	5,93	6,03	0,19	NS	NS	NS	NS
Variación	0,68 ^y	0,69 ^y	0,40	0,29	0,35	0,26	**	NS	*	NS

^{x, y y z} indican diferencias con los animales sometidos a cambio de jaula (^x = $P<0,05$; ^y = $P<0,01$; ^z = $P<0,001$)

¹ Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a cambio de jaula (NS: no significativo; * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$)

V: verano; I: invierno; A: alta; B: baja; J: cambio de jaula

ES: Error Estándar

Con relación a la caída de pH entre los 45 minutos y las 24 horas, en el músculo *Longissimus dorsi*, fue mayor para todos los grupos de conejos transportados que para los sometidos a cambio de jaula ($P<0,001$). Para el otro músculo donde se estudió el pH, esta variación fue significativamente mayor en los conejos transportados en verano ($P<0,01$) y en los transportados en alta densidad ($P<0,05$) que en los individuos sometidos a cambio de jaula.

3.4.2.3.- COLOR DE LA CANAL

Los valores medios y las comparaciones del color de la canal para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula aparecen reflejados en la tabla 4.41.

Las canales tras el sacrificio de los conejos sometidos a cambio de jaula, mostraron ser más claras (mayor L*) que las de los conejos transportados (P<0,001). En el mismo sentido, tuvieron una mayor saturación del color (C*), dando como resultado unas canales más claras.

Tabla 4.41.- 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 cambio de jaula

	Verano		Invierno		Cambio de jaula	ES	Significación ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs J	I vs J	A vs J	B vs J
30 minutos										
L*	59,20 ^y	59,73 ^y	57,45 ^z	57,56 ^z	63,99	3,27	***	***	***	***
C*	7,16 ^z	6,79 ^z	10,10 ^x	9,19 ^y	11,93	1,90	***	**	***	***
H*	-20,63	14,90	-32,09	-34,38	-14,32	66,47	NS	NS	NS	NS
24 horas										
L*	51,76 ^z	50,08 ^z	53,79 ^x	53,99 ^x	56,10	2,22	***	**	***	***
C*	9,26 ^z	9,56 ^z	5,74	5,90	4,30	2,56	***	NS	**	***
H*	18,91	13,18	22,92	26,36	22,92	15,47	NS	NS	NS	NS
Variación										
L*	7,36	9,51	3,55 ^y	3,48 ^y	7,79	3,74	NS	**	NS	NS
C*	-2,18 ^z	-2,72 ^z	4,33 ^x	3,26 ^y	7,60	3,81	***	**	***	***
H*	-41,26	0,23	-56,73	-61,88	-38,39	71,62	NS	NS	NS	NS

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

¹ Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a cambio de jaula (NS: no significativo; ** P<0,01; *** P<0,001)

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

ES: Error Estándar

Tras la refrigeración de 24 horas, las canales procedentes de los conejos transportados en verano mostraron ser más oscuras (menor L* y mayor C*) que las canales de los conejos transportados en invierno y que la de los sometidos a cambio de jaula, aunque entre estos dos grupos los transportados en invierno mostraron menor luminosidad (P<0,05). El tono del color de la canal no se encontró afectado en ningún momento de valoración.

3.4.2.4.- COLOR DE LA CARNE

En la tabla 4.42. se presentan los valores medios y las comparaciones del color de la carne para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula.

Tabla 4.42.- 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 a los animales sometidos a cambio de jaula

	Verano		Invierno		Cambio de jaula	ES	Significación ¹			
	Alta	Baja	Alta	Baja			V vs J	I vs J	A vs J	B vs J
30 minutos										
L*	42,72 ^y	42,21 ^x	43,01 ^y	44,01 ^y	40,00	1,92	**	***	***	***
C*	3,73 ^z	3,63 ^z	5,25	5,16	5,31	1,00	***	NS	*	*
H*	12,61	14,32	21,20 ^x	26,93 ^z	13,75	8,59	NS	**	NS	*
24 horas										
L*	54,64	53,96	52,59	52,19 ^x	55,25	3,37	NS	*	NS	NS
C*	3,48 ^x	3,59 ^x	4,55	4,05	4,70	1,16	*	NS	NS	*
H*	18,91	17,76	14,32	13,18	17,76	12,03	NS	NS	NS	NS
Variación										
L*	-11,91	-11,75	-9,58 ^y	-8,18 ^z	-15,25	4,18	*	***	**	**
C*	0,24	0,04	0,70	1,11	0,61	0,88	NS	NS	NS	NS
H*	-5,73	-4,01	6,88	13,75 ^y	-3,44	14,32	NS	**	NS	NS

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

¹ Niveles de significación entre los factores analizados y los animales sometidos a cambio de jaula (NS: no significativo; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)

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

ES: Error Estándar

Los conejos sometidos a cambio de jaula presentaron una carne a los 30 minutos *post-mortem*, menos luminosa (L*) que la de los conejos transportados. La saturación del color (C*) de la carne a los 30 minutos *post-mortem* fue más alta en los transportados en invierno y en los sometidos a cambio de jaula que en los transportados en verano (P<0,001). El tono (H*) en este momento inicial, fue más alto en los transportados en invierno que en los manejados (P<0,01).

Con la refrigeración de 24 horas, las carnes se volvieron más similares en el color, solamente mostrándose ligeramente menos luminosas la carne procedente de los conejos transportados en invierno (menor L*) y con un color más apagado la procedente de los animales transportado en verano (menor C*) que la carne de los conejos sometidos a cambio de jaula.

3.4.3.- CONCLUSIONES PARCIALES

El transporte causó mayor estrés en los conejos, ya que estos mostraron mayores niveles de cortisol en sangre que los sometidos a cambio de jaula. La fatiga muscular de estos últimos fue mayor que la de los transportados por tener mayores valores de LDH y de lactato, mientras que el daño muscular fue igual que el de los transportados en verano y menor que el de los de invierno.

La deshidratación de los conejos transportados en verano fue mayor que la de los sometidos a cambio de jaula, ya que los primeros mostraron mayor osmolaridad que los segundo, aunque entre los dos grupos no hubo diferencias en el hematocrito.

Las reservas energéticas musculares fueron menores en los conejos transportados en invierno, con una menor concentración de glucógeno muscular en el momento inicial, para marcarse una mayor diferencia a las 24 horas, siendo menor en todos los conejos transportados que en los sometidos a cambio de jaula.

Asimismo, los conejos transportados en invierno y los sometidos a cambio de jaula tuvieron un pH inicial similar, mientras que los transportados en verano el pH fue más alto. Tras la refrigeración, el pH del músculo *Longissimus dorsi* se reduce más en los conejos transportados, alcanzando un pH final menor que el de los conejos sometidos a cambio de jaula, mientras que en el *Semitendinosus*, el pH fue igual en todos los grupos.

El color de la canal tras el sacrificio de los conejos transportados, fue más oscuro y apagado que el de los sometidos a cambio de jaula, diferenciándose mucho más los conejos transportados en verano que los de invierno tras la refrigeración. La carne de los conejos cambiados de jaula fue más oscura en un principio, para volverse más clara tras la refrigeración que la de los animales transportados, siendo la carne de los conejos transportados en verano más pálida

El cambio de jaula con respecto al transporte comercial supone un menor estrés en los conejos, ya que los animales mostraron menores concentraciones de cortisol y de osmolaridad, mientras los transportados en época estival tuvieron un pH inicial más alto y un color de la canal más oscuro.

CONCLUSIONES

5.- CONCLUSIONES

TRANSPORTE COMERCIAL

Los conejos transportados a matadero presentaron un incremento del nivel de cortisol sanguíneo y durante el transporte se produjo una adaptación a las condiciones del mismo reduciéndose la fatiga muscular provocada por el manejo durante la carga, siendo la época estival la menos propicia para esta adaptación.

El transporte a matadero realizado en verano comprometió más el bienestar de los conejos que cuando se efectuó en invierno, aun cuando las pérdidas de peso y de las reservas energéticas fuesen mayores en invierno.

Los conejos transportados en verano presentaron una carne con un pH inicial alto y de color más pálido al igual que el color de la canal. Tras las 24 horas de refrigeración, los valores de pH se igualaron en todos los grupos estudiados, aunque la carne y la canal fueron más oscuras y apagadas en los conejos transportados en verano, mostrando una reducción en su calidad.

La densidad durante el transporte no afectó al bienestar de los conejos, independientemente de la época de transporte.

PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO

En las pruebas de estrés térmico, por ruido, por mezcla social y por cambio de jaula a las que fueron sometidos los conejos, el nivel de cortisol fue menor que en los solamente manejados, como consecuencia de la adaptación a las situaciones a las que fueron sometidos, excepto para los expuestos a calor y a alta densidad que no mostraron esa adaptación, por lo que su bienestar estuvo más comprometido.

Los conejos sometidos a la prueba de calor presentaron un incremento de la concentración de lactato en sangre, como consecuencia de las alteraciones fisiológicas producidas por un "golpe de calor".

Los conejos expuestos a frío y los sometidos a cambio de jaula presentaron una alta actividad muscular durante el transcurso de las experiencias, indicando mayor fatiga muscular en estos animales

La mayor densidad en los conejos sometidos a estrés térmico y a ruido originó un mayor daño muscular como consecuencia de la menor disponibilidad de espacio por animal.

Los conejos sometidos a estrés térmico, a ruido y a cambio de jaula presentaron un aumento de las demandas energéticas, con una menor concentración de glucógeno muscular tras el sacrificio.

El pH inicial de los conejos expuestos a calor fue menor, mientras que a los 45 minutos se igualaron todos los valores de pH entre sí y con los individuos sometidos a manejo.

Las canales de todos los conejos sometidos a estrés térmico, por ruido, por mezcla social y por cambio de jaula, tuvieron en general un color claro tras el sacrificio, que fue más manifiesto en los animales sometidos a estrés térmico, adquiriendo tras la refrigeración un color ligeramente más oscuro.

La carne procedente de los conejos expuestos a calor fue más pálida y con un tono pardo tras el sacrificio, manteniéndose ese color con la refrigeración, siendo ligeramente más oscura en los otros grupos de conejos.

TRANSPORTE COMERCIAL Y PRUEBAS DE ESTRÉS EN LABORATORIO

Los conejos transportados en verano y los expuestos a calor alojados en alta densidad mostraron tener una mayor reducción su bienestar, por tener la mayor concentración de cortisol en sangre.

El transporte generó unas mayores demandas energéticas que se reflejaron con una menor concentración de glucógeno muscular que en los animales sometidos a las distintas pruebas de estrés en laboratorio.

El transporte en época estival afectó en mayor grado a la calidad de la canal y de la carne, con un mayor pH inicial y un color de la canal y de la carne más oscuro y apagado.

El manejo de los conejos durante la carga supuso una alteración de su bienestar, reflejado por un aumento considerable de la concentración de cortisol en sangre, además de una mayor fatiga muscular, con un incremento de LDH y lactato.

RESUMEN

6.- RESUMEN

En la presente tesis, se estudiaron los efectos que tiene el transporte comercial a matadero sobre el bienestar de los conejos. Se plantearon dos partes diferenciadas: por un lado, se evaluó el transporte comercial de conejos a matadero y por otro, se sometieron a conejos a distintas pruebas de estrés en laboratorio, para valorar independientemente algunos de los factores estresantes implicados en el transporte.

Para realizar la tesis se emplearon 286 animales. En el estudio del transporte comercial, se evaluaron los efectos de dos épocas del año (verano e invierno) y dos densidades de carga (80 conejos). Las pruebas de estrés en laboratorio realizadas fueron las siguientes: estrés térmico (80 conejos), estrés por ruido (40 conejos), estrés por mezcla social (40 conejos) y estrés por cambio de jaula (24 conejos). La duración del transporte y de las pruebas de estrés en laboratorio fue de 4 horas y media. Se utilizó como referencia un grupo de 12 animales a los que solo se les manejó durante 5 minutos previos a su sacrificio.

Durante la exsanguinación se obtuvo una muestra de sangre de los conejos para estudiar los parámetros sanguíneos relacionados con el bienestar: cortisol, Creatin Kinasa (CK), Lactato deshidrogenasa (LDH), lactato, glucosa, hematocrito, osmolaridad, albúminas y globulinas. Además, se realizó la valoración de la calidad de la canal y de la carne, estudiándose por un lado el peso hepático y la concentración de glucógeno hepático y muscular, y por otro el pH en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*, la capacidad de retención de agua (CRA) y la humedad en el *Longissimus dorsi*. También se realizó el estudio del color de la canal sobre la superficie del *Longissimus dorsi* y de la carne en un corte transversal de este mismos músculo.

En cuanto a los resultados obtenidos, el transporte comercial causó un mayor efecto sobre el bienestar de los conejos debido a que mostraron una concentración de cortisol más elevada que los conejos de referencia, sometidos sólo a manejo. Los conejos presentaron una adaptación al transporte, por tener unos valores de las enzimas relacionadas con la lesión y fatiga muscular, CK y LDH, más bajas que los animales sometidos a manejo, siendo más notable esta adaptación en el transporte realizado en invierno.

Los conejos transportados en época estival mostraron tener más comprometido su bienestar que los transportados en invierno, ya que los

parámetros sanguíneos cortisol, CK, LDH, lactato, glucosa y osmolaridad fueron más elevados en los primeros que en los segundos.

Con relación a la calidad de la canal y de la carne, los conejos transportados mostraron menores concentraciones de glucógeno hepático y muscular que los conejos sometidos a manejo, y dentro de las dos épocas de transporte, la invernal provocó en los conejos una mayor reducción de las reservas de glucógeno. El pH tras el sacrificio en los conejos transportados en verano fue el más elevado, pero se igualó al resto de los grupos tras la refrigeración. Aunque color de las canales de los animales transportados en verano fue más claro tras el sacrificio, a las 24 horas se produjo una inversión, resultando canales más oscuras y rojizas, que en los transportados en invierno y que sometidos a manejo. El color de la carne de los animales transportados en época estival fue menos luminoso. El transporte invernal provocó una reducción del color de la carne entre los dos tiempos observados, pero menos manifiesta que en los transportados en época estival.

La densidad de carga durante el transporte no mostró tener ningún efecto sobre el bienestar de los conejos durante el mismo.

Dentro de las pruebas de estrés en laboratorio, los conejos sometidos a estrés térmico por calor y alojados en alta densidad mostraron una mayor alteración de su nivel de bienestar, ya que al superarse su nivel de tolerancia térmica, se produjo un “golpe de calor” con shock térmico y muerte de 4 animales. El resto presentó una ligera acidosis metabólica, dando como resultado un aumento de la concentración de ión lactato en sangre y un pH inicial muscular más bajo. Además este grupo mostró una mayor concentración de cortisol sanguíneo.

Los dos grupos de conejos alojados en alta densidad y expuestos a estrés térmico, calor y frío, mostraron la mayor fatiga muscular, con una alta concentración de CK y LDH en sangre, mucho más manifiesta en los conejos sometidos a frío.

El color de la canal tras el sacrificio y a las 24 horas de los animales sometidos a calor fue más clara y pálida que en los expuestos a frío y que en los manejados. En relación con la densidad, las canales de los conejos alojados a alta densidad fueron más pálidas. El color de la carne de los animales sometidos a calor fue más clara, pálida y con un tono pardo, que fue reflejo del menor pH muscular.

La ausencia de diferencias significativas en la concentración de cortisol sanguíneo entre los animales expuestos a ruido con el grupo de conejos manejados, pone de manifiesto que no hubo adaptación al ruido.

Los conejos expuestos a ruido y sobre todo los alojados en alta densidad, presentaron una mayor concentración de CK y menor de LDH, que los animales manejados, indicando un mayor metabolismo muscular aerobio.

La exposición a ruido de los conejos alojados en alta densidad provocó unas mayores demandas energéticas, reflejadas por una menor concentración de glucógeno hepático y un pH inicial y final más alto. Las canales inicialmente de los conejos expuestos a ruido fueron más luminosas y con un tono más pardo, mientras a las 24 horas fueron más oscuras que las de los animales sometidos a manejo. En cuanto a la coloración de la carne, no se observaron diferencias muy marcadas entre los tres grupos.

La mezcla de animales desconocidos no produjo un aumento de la concentración de cortisol, por el contrario se presentó una reducción de todos los parámetros sanguíneos, manifestando la adaptación tras el manejo inicial. El pH y el color de la carne, así como el color de la canal no mostraron grandes diferencias entre los grupos de conejos mezclados y los manejados.

No se observaron diferencias en los parámetros sanguíneos estudiados entre los conejos sometidos a cambio de jaula y los manejados. Con relación a la calidad de la canal y de la carne, los conejos sometidos a cambio de jaula mostraron un pH inicial y final más bajos y la carne tuvo un color más pálido que los conejos manejados, mientras que no se advirtieron grandes diferencias en el color de la canal.

Los conejos que mostraron tener mas comprometido su bienestar fueron aquellos transportados en verano y los sometidos a calor en alta densidad, por mostrar una mayor concentración de cortisol y osmolaridad, así como una reducción de la calidad de la canal y de carne.

SUMMARY

7.- SUMMARY

In the present Thesis, the effects that commercial transport to slaughterhouse has on the rabbit welfare were studied. Two different parts were established: on the one hand, the rabbit commercial transport to slaughterhouse was evaluated and on the other, the rabbit were put to different stress trials in the laboratory to assess independently some of the independent stressor factors involved in the transport.

286 rabbits were used to carry out the Thesis. In the commercial transport experience the effects of two seasons (summer and winter) and two stocking densities (high and low) were evaluated (80 rabbits). The following stress trials in lab were carried out: heat stress (80 rabbits), noise stress (40 rabbits), mixing stress (40 rabbits), and cage-change stress (24 rabbits). The duration of the transport and stress trials in lab was 4 hours and a half. A group of 12 rabbits was used as a reference group, being only handled during the 5 minutes previous to their slaughter.

Blood samples were taken during the exsanguination of the rabbit to study blood parameters related to welfare: cortisol, Creatin Kinase (CK), Lactate deshydrogenase (LDH), lactate, glucose, packed cell volume (PCV), osmolarity, albumins and globulins. Besides, the assessment of the carcass and meat quality was studied. This assessment was carried out measuring on the one hand the liver weight and liver and muscular glycogen concentration, and on the other, the pH in the *Longissimus dorsi* and *Semitendinosus* muscles, the holding water capacity (HWC) and the humidity in the *Longissimus dorsi* muscle. The colour of the carcass on the *Longissimus dorsi* surface and colour of the meat in a transversal cut in this muscle was also measured.

The commercial transport caused more effect on the rabbit welfare due to the higher cortisol concentration in these rabbits than in the handled group. The rabbits showed an adaptation to the transport, since the blood level of the enzymes related to muscular fatigue, CK and LDH, were lower than in the handled group, though the adaptation was more remarkable in the winter transport.

The rabbits transported in summer displayed more compromised their welfare than rabbits transported in winter, since the blood parameters, cortisol,

CK, LDH, lactate, glucose and osmolarity were higher in the rabbits transported in summer than those transported in winter.

In relation with carcass and meat quality, the rabbits transported had lower liver and muscular glycogen concentration than rabbits handled, and between both seasons of transport, the winter transport induced a higher reduction on the glycogen stock. The pH after slaughter in the rabbits transported in summer was higher but there were no differences among groups after 24 hours refrigeration. The carcass colour after slaughter of the rabbits transported in summer was clearer, turning after refrigeration darker and redder than the carcasses of the rabbit transported in winter and the handled group. The meat colour of the rabbits transported in summer was less bright. The winter transport induced a reduction in the meat colour between both times, but it was less important than the one observed in the rabbits transported in summer.

The stocking density during transport did not show any effect on rabbit welfare.

Within the stress trials in lab, the rabbits exposed to heat stress for heat and in high stocking density showed higher alteration of their welfare level since the temperature surpassed their tolerance heat level and produced a “heat broken” with a heat shock and death of 4 rabbits. The remainder rabbits displayed a light metabolic acidosis, with a greater lactate concentration in blood and a lower initial muscular pH. Besides, this group had a higher cortisol concentration.

Both rabbit groups in high stocking density and exposed to heat stress, heat and cold, displayed more muscular fatigue with a high CK and LDH blood concentration, much higher in rabbits subjected to cold.

The carcass colour after slaughter and 24 hours of refrigeration in rabbits put to heat was clearer and paler than in the rabbits subjected to cold and in the rabbits handled. With respect to the stocking density, the carcasses from the rabbits housed in higher stocking density were paler. The meat colour of the rabbits exposed to heat was clearer, paler and with a brown tone, as a reflect of the lower muscular pH.

The absence of significant differences in the cortisol concentration between the rabbits subjected to noise and the rabbits handled, showed they did not have adaptation to noise.

The rabbits subjected to noise and mainly in those housed at high stocking density, showed a higher CK concentration and lower LDH concentration than handled rabbits, as a result of more aerobic muscular metabolism.

The noise exposition to the rabbits housed at high stocking density provoked higher energetic demands, displayed for lower liver glycogen concentration and greater initial and final pH. The carcasses after slaughter in the rabbits exposed to noise were brighter and with a browner tone, while after 24 hours of refrigeration were darker than in the handled rabbits. Not marked differences among the three groups were observed for the meat colour.

The mixing of rabbit did not produce any increase in the cortisol concentration; on the contrary all the blood parameters analysed were reduced, showing the adaptation to the initial handling. The pH, carcass and meat colour did not display great differences between mixed and handled rabbits.

Any difference in the analysed blood parameters were not observed between rabbits subjected to cage-change and handled rabbits. The carcass and meat quality of rabbits subject to cage-change displayed lower initial and final pH, and the meat colour was paler than in the handled rabbits, while there were hardly differences in the carcass colour.

The rabbits welfare was more threatened when they were transported in summer and subjected to heat at high stocking density since they showed the higher cortisol concentration and osmolarity together with a carcass and meat quality reduction.

BIBLIOGRAFÍA

8.- BIBLIOGRAFÍA

- AATA (Animal Transport Association) (1996) AATA Manual for the transportation of live animals by road, Redhill, pp 94.
- Abdelatif, A. M., y Modawi, S. M. (1994) Effects of hyperthermia on blood constituents in the domestic rabbits. *Journal of Thermal Biology* 19: 357-363.
- Agnes, F., Sartorelli, P., Abdi, B. H., y Locatelli, A. (1990) Effect of transport loading or noise on blood biochemical variables in calves. *American Journal of Veterinary Research* 51: 1679-1681.
- Allen, W. M., Herbert, C. N., y Smith, L. P. (1974) Deaths during and after transportation of pigs in Great Britain. *The Veterinary Record* 94: 212-214.
- Amici, A., Finzi, A., Mastroiacono, P., Nardini, M., y Tomassi, G. (1995) Functional and metabolic changes in rabbits undergoing continuous heat stress for 24 days. *Animal Science* 61: 399-405.
- Anonymous (1977) Livestock bruising project: Stockyard and transport stockcrate design. Report of the National Material Handling Bureau, Department of Productivity, Australia, pp 76.
- Appleby, M. C., y Hughes, B. O. (2000) *Animal Welfare*. CABI Publishing, Cambridge, pp 316.
- Ashby, B. H., Ota, H., Bailey, A., Whitehead, J. A., y Kindya, W. G. (1980) Heat and weight loss of rabbits during simulated air transport. *Transactions of American Society Agricultural Engineers* 23: 162-164.
- Bansal, N. K., Garg, S. N., y Kothari, S. (1992) Effect of exterior surface colour on the thermal performance of buildings. *Building and Environment* 27: 31-37.
- Bao, E., Sultan, K. R., Nowak, B., y Hartung, J. (2001) Expression of the heat shock proteins HSP70 and HSP90 families in the skeletal muscles of transport stressed pigs. *Journal of Nanjing Agricultural University* 24: 81-84.
- Barton Gade, P., y Christensen, L. (1998) Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in danish slaughter pigs. *Meat Science* 48: 237-247.
- Barton, P. A. (1971) Some experience on the effect of pre-slaughter treatment on the meat quality of pigs with low stress-resistance. 2nd International Symposium on condition and meat quality of pigs, Pudoc, Wageningen, The Netherlands 180-190.
- Barton, P. A., Christensen, L., Brown, S. N., y Warriss, P. D. (1995) Effect of tier and ventilation during transport on blood parameters and meat quality in slaughter pigs. Danish Meat Research Institute.
- Baxter, M. R. (1992) The space requirements of housed livestock. En: *Farm Animals and the Environment*, C. Phillips, y D. Piggins, eds. CAB International, London, 67-81.
- Bayliss, P. A., y Hinton, M. H. (1990) Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 93-118.
- Becker, B. A., Mayes, H. F., Hahn, G. L., Nienaber, J. A., Jesse, G. W., Anderson, M. E., Heymann, H., y Hedrick, H. B. (1989) Effect of fasting and transportation various physiological parameters and meat quality of slaughter hogs. *Journal of Animal Science* 67: 334-341.
- Biondi, G. F., Meira, D. R., y Rudge, A. C. (1990) Estudo do pH em carne de coelho. *Veterinaria e Zootecnia* 2: 59-67.
- Bisschop, J. H. R. (1961) Transportation of animals by rail (1): the behaviour of cattle during transportation by rail. *Journal of the South African Veterinary Medical Association* 32: 235-261.

- Bradshaw, R. H., Hall, S. J. G., y Broom, D. M. (1996a) Behavioural and cortisol responses of pigs and sheep during transport. *The Veterinary Record* 138.
- Bradshaw, R. H., Parrott, R. F., Forsling, M. L., Gooder, J. A., Lloyd, D. M., Rodway, R. G., y Broom, D. M. (1996b) Stress and travel sickness on pigs: effects of road transport on plasma concentrations of cortisol, beta endorphin and lysine vasopressine. *Animal Science* 63: 507-516.
- Bradshaw, R. H., Parrott, R. F., Gooder, J. A., Lloyd, D. M., Rodway, R. G., y Broom, D. M. (1996c) Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: effect of mixing and duration of journey. *Animal Science* 62: 547-554.
- Brambel, F. W. R. (1965) Report of the Technical Committee to enquire into the welfare of animal kept under intensive livestock husbandry systems. Command Report 2.836. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Broom, D. M. (1986) Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* 142: 524-525.
- Broom, D. M. (1995) Quantifying pig's welfare during transport using physiological measures. *Meat Focus International*, November: 457-460.
- Broom, D. M. (2000) Welfare assessment and problem areas during handling and transport. En: *Livestock, Handling and Transport*, T. Grandin, ed., CABI Publishing, Wallingford, 43-61.
- Broom, D. M., Gooder, J. A., Hall, S. J. G., Lloyd, D. M., y Parrott, R. F. (1996) Hormonal and physiological effects of 15 hours journey in sheep: comparison with the responses to loading, handling and penning in the absence of transport. *British Veterinary Journal* 152: 593-604.
- Broom D. M., Johnson, K. G. (1993) *Stress and Animal Welfare*, Chapman and Hall, London.
- Broom, D. M., Knight, P. G., y Stansfield, S. C. (1986) Hen behaviour and hypothalamic-pituitary-adrenal responses to handling and transport. *Applied Animal Behaviour Science* [Abstract] 16: 98.
- Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E., y Warriss, P. D. (1999) Behavioural and physiological responses of pigs to being transported for up to 24 hours followed by six hours recovery in lairage. *The Veterinary Record* 145: 421-426.
- Brown, S. N., Knowles, T. G., Mckinstry, J. L., Edwards, J. E., Anil, M. H., y Warriss, P. D. (1993) Patterns of response of some physiological indices of stress in pigs negotiating loading ramps. *Animal Production* [Abstract, 84] 56: 439.
- Bruce, J. M. (1981) Ventilation and temperature control criteria for pig. En: *Environmental Aspects of Housing for Animal Production*, J.A. Clark, ed., Butterworth, London, 197-216.
- Camp, T. H., Stevens, D. G., Stermer, R. A., y Anthony, J. P. (1981) Transit factors affecting shrink, shipping fever and subsequent performance of feeder calves. *Journal of Animal Science* 52: 1219-1224.
- Caputa, M., Kadziela, W., y Narebski, J. (1976) Significance of cranial circulation for the brain hemothermia in rabbits. II. The role of cranial venous lakes in the defense against hyperthermia. *Acta of Neurobiology Experimental* 36: 625-638.
- Cashman, P. J., Nicol, C. J., y Jones, R. B. (1989) Effect of transportation on the tonic immobility fear reactions of broilers. *British Poultry Science* 30: 211-222.
- Castaño-Bello, H. (1995) Control y regulación de la temperatura corporal. En: *Fisiología Veterinaria*, A. García Sacristan, ed., McGraw-Hill, Madrid, 1015-1025.
- Castelló, J. A. (1993) *Construcciones y Equipos Avícolas*. Real Escuela de Avicultura, Barcelona, pp427.
- Christensen, L., y Barton Gade, P. (1996) Design of experimental vehicle for transport of pigs and some preliminary results of environmental measurements. *Proceedings of a seminar "New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierzucht and Tierverhalten, Mariensee, Germany, 47-67.*

- CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) (1986) Colorimetry, 2nd Ed., Vienna.
- CIGR (Commission Internationale du Genie Rural) (1984) Climatization of animal houses. Report of working group CIGR. Scottish Farm Buildings Investigation Unit, Aberdeen.
- Clark, S. J. (1995) An investigation and financial appraisal of carcass damage in the pig industry. F.B.O.M. Thesis. University of Aberdeen, Aberdeen.
- Close, W. H. (1981) The climatic requirements of pig. En: Environmental Aspects of Housing for Animal Production, J.A. Clark, ed., Butterworths, London 149-166.
- Cockram, M. S., Kent, J. E., Goddard, P. J., Waran, N. K., McGilp, I. M., Jackson, R. E., Muwanga, G. M., y Prytherch, S. (1996) Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of lambs during and after transport. *Animal Science* 62: 461-477.
- Collins, J. R. (1993) Welfare in transit. *Pig Veterinary Journal* 30: 23-29.
- Conesa, A., López, M., Sierra, I., y Ferrero, F. (1990) Calidad de la canal y de la carne de conejo de raza gigante de España en tres pesos comerciales de sacrificio. *Boletín de Cunicultura* 50: 33-40.
- Cook, N. J., Schaefer, A. L., Lepage, P., y Morgan, J. S. (1996) Salivary vs. serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 329-335.
- Coppings, R. J., Ekhtor, N., y Ghodrati, A. (1989) Effects of antemortem treatment and transport on slaughter characteristics of fryer rabbits. *Journal of Animal Science* 67: 872-880.
- Creel, S. R., y Albright, J. L. (1988) The effects of neo-natal social isolation on the behaviour and endocrine function of Holstein calves. *Applied Animal Behaviour Science* 21: 293-306.
- Crimella, C., Heinz, E., y Luzi, F. (1994) Performance of rabbits in hot climate: an housing "cooling system" for heat stress reduction. *Cahiers Options Méditerranéennes* 8: 463-467.
- Curtis, S. E. (1985) What constitutes animal well-being. En: *Animal Stress*, G.P. Moberg, ed., American Physiological Society, Maryland 1-14.
- Dal Bosco, A., Castellini, C., y Bernardini, M. (1997) Effect of transport and stunning method on some characteristics of rabbit carcasses and meat. *World Rabbit Science* 5: 115-119.
- Dalle Zotte, A. (2002) Review: Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science* 75: 11-32.
- Dantzer, R. (1982) Research on animal farm transport in France: a survey. En: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter*, R. Moss, ed., Martinus Nijhoff Publ., The Hague.
- De la Fuente, J. (1998) Factors that affect the inside temperature during commercial transport of pigs. MSc Thesis. University of Aberdeen, Aberdeen.
- De la Fuente, J., y Robertson, J. (1998) Factors that affect the temperature inside the lorry during commercial transport of pigs. *AUAGA Proceedings* 10: 54-55.
- Decreto 1041/1997, R. (1997) Normas relativas a la protección de los animales durante su transporte. *Boletín Oficial del Estado, BOE* 163: 21093-21104.
- Del Barrio, A. S., Schrama, J. W., Van der Hel, W., Beltman, H. M., y Verstegen, M. W. A. (1993) Energy metabolism of growing pigs after transportation, regrouping and exposure to new housing conditions as affected by feeding level. *Journal of Animal Science* 71: 1754-1760.
- Dreiling, C. E., Brown, D. E., Casale, L., y Kelly, L. (1987) Muscle glycogen: comparison of iodine binding and enzyme digestion assays and application to meat samples. *Meat Science* 20: 167-177.

- Duncan, I. J. H. (1989) The assessment of welfare during the handling and transport of broilers. En: Proceedings of the 3rd European Symposium on Poultry Welfare, J.M. Faure, y A.D. Mills, eds., Tours, France, 93-108.
- Duncan, I. J. H., y Fraser, D. (2000) Understanding animal welfare. En: Animal Welfare, M.C. Appleby, y B.O. Hughes, eds., CABI Publishing, Wallingford, 19-31.
- Duncan, I. J. H., Slee, G., Kettlewell, P. J., Berry, P., y Carlisle, A. J. (1986) A comparison of the effects of harvesting broiler chickens by machine and by hand. *British Poultry Science* 27: 109-114.
- Dybkjær, L., y Vestergaard, E. M. (2001) Effects of transport and mixing at weaning on the behaviour of piglets. En: Proceedings of the 35th International Congress of the International Society for Applied Ethology, J.P. Garner, J.A. Mench, y S.P. Heekin, eds., University of California, Davis, USA, 272.
- Ekstrand, C. (1998) An observational cohort study of the effects of catching method on carcass rejection rates in broilers. *Animal Welfare* 7: 87-96.
- Eldridge, G. A., y Winfield, C. G. (1988) The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28: 695-698.
- English, P. R., Fowler, V. R., Baxter, S., y Smith, B. (1996) The growing and finishing pig: improving efficiency. Farming Press, Ipswich pp 555.
- FAWC (Farm Animal Welfare Council) (1992) FAWC updates the five freedoms. *The Veterinary Record* 131: 357.
- FAWC (Farm Animal Welfare Council) (1991) Report on the European Commission Proposals on the Transport of Animals. MAFF Publications, London.
- Fayez, I., Marai, M., Alnaimy, A., y Habeeb, M. (1994) Thermoregulation in rabbits. *Cahiers Options Méditerranéennes* 8: 33-41.
- Fernández, J., Cervera, C., y Blas, E. (1994a) Readapted does from high to normal ambient temperature. *Cahiers Options Méditerranéennes* 8: 469-470.
- Fernández, X., Meunier-Salaün, M. C. y Ecolan, O. (1994b) Glycogen depletion according to muscle and fibre types in response to dyadic encounters in pigs relations with plasma epinephrine and aggressive behaviour. *Comparative Biochemistry and Physiology A: Physiology* 109: 869-879
- Fernández-Carmona, J., Cervera, C., y Blas, E. (1994) Feed intake of does and their litter in different environmental temperatures. *Cahiers Options Méditerranéennes* 8: 145-149.
- Ferré, J. S., y Rosell, J. M. (1997) Alojamientos e instalaciones en cunicultura. En: Alojamientos e Instalaciones, C. Buxadé, ed., Mundi-Prensa, Madrid.
- Forsling, M. L., Sharman, D. F., y Stephens, D. B. (1984) Vasopressin in the blood plasma of pigs and calves exposed to noise and vibration comparable with that experienced during transport. *Journal of Physiology* 357: 96-103.
- Fortin, A. (2002) The effect of transport time from the assembly yard to the abattoir and resting time at the abattoir on pork quality. *Canadian Journal of Animal Science* 82: 141-150.
- Fraser, D., Phillips, P. A., y Thompson, B. K. (1986) A test of a free-access two level pen for fattening pigs. *Animal Production* 42: 269-274.
- Fuentes Yagüe, J. L. (1992) Construcciones para la agricultura y ganadería. 6th Ed, Mundi-prensa, Madrid, pp 414.
- Gerber, H. D. (1985) Road transport of slaughter swine at two different loading densities. *The Veterinary Bulletin [Abstract, 5951]* 55: 729.
- Geverink, N. A., Bühnemann, A., Van de Burgwal, J. A., Lambooy, E., Blokhuis, H. J., y Wiegant, V. M. (1998) Responses of slaughter pigs to transport and lairage sound. *Physiology & Behavior* 63: 667-673.

- González, R. R., Kluger, M. J., y Hardy, J. D. (1971) Partitional calorimetry of the New Zealand White rabbit at temperatures 5 - 35 °C. *Journal Applied of Physiology* 31: 728-734.
- Grandin, T. (1990) Design of loading facilities and holding pens. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 187-201.
- Grau, R., y Hamm, R. (1953) Eine einfache Methodo zur Bestimmung der Wasserbindung in Muskel. *Naturwissenschaften* 40: 29-30.
- Gregory, N. G. (1998) *Animal welfare and meat science*. 1st Ed. CABI Publishing, Wallingford, pp 298.
- Guise, H. J., Hunter, E. J., Baynes, P. J., Wigglesworth, P. J., Riches, H. L., y Penny, R. H. C. (1996) Observations of the behaviour of slaughter-weight pigs during transport. *The Pig Journal* 38: 19-29.
- Guise, H. J., y Penny, R. H. C. (1989a) Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs. II.- Mixing unfamiliar pig. *Animal Production* 49: 517-521.
- Guise, H. J., y Penny, R. H. C. (1989b) Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs. I.- The effects of stocking density in transport and the use of electric goads. *Animal Production* 49: 511-515.
- Guise, H. J., y Warriss, P. D. (1989) A note on the effect of stocking density and temperature on the meat quality in pigs. *Animal Production* 48: 480-482.
- Guyton, A. C., y Hall, J. E. (1996) *Tratado de Fisiología Médica*. 9th Ed., McGraw-Hill, Madrid, pp 1262.
- Hails, M. R. (1978) Transport stress in animals: a review. *Animal Regulations Studies* 1: 289-343.
- Hall, S. J. G., y Bradshaw, R. H. (1998) Welfare aspects of transport by road of sheep and pigs. *Journal Applied of Animal Welfare Science* 1: 235-254.
- Hall, S. J. G., Broom, D. M., y Kiddy, G. N. S. (1998a) Effect of transportation on plasma cortisol and packed cell volumen in differente genotypes of sheep. *Small Ruminant Research* 29: 233-237.
- Hall, S. J. G., Kirkpatrick, S. M., y Broom, D. M. (1998b) Behavioural and physiological responses of sheep of different breeds to supplementary feeding, social mixing and taming, in the context of transport. *Animal Science* 67: 475-483.
- Harkness, J. E. (1988) Rabbit behaviour as related to enviromental stress. *Journal Applied of Rabbit Research* 11: 227-236.
- Heetkamp, M. J. W., Schrama, J. W., De Jong, L., Swinkels, J. W. G., Schouten, W. G. P., y Bosch, M. W. (1995) Energy metabolism in young pigs as affected by mixing. *Journal of Animal Science* 73: 3562-3569.
- Hernández, P., Pla, M., y Blasco, A. (1997) Relationships of meat characteristics of two lines of rabbits selected for litter size and growth rate. *Journal of Animal Science* 75: 2936-2941.
- Hernández, P., Pla, M., y Blasco, A. (1998) Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: II. Relationships between meat characteristics. *Livestock Production Science* 54: 125-131.
- Hughes, B. O. (1976) Behaviour as an index of welfare. *Proceedings of the 5th European Poultry Conference, Malta*, 1005-1008.
- Hulot, F., y Ouhayoun, J. (1999) Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Science* 7: 15-36.
- Ibañez, M., De la Fuente, J., Thos, J., y González de Chavarri, E. (2002) Behavioural and physiological responses of suckling lambs to transport and lairage. *Animal Welfare* 11: 223-230.
- Ingram, D. L. (1965) Evaporative cooling in the pig. *Nature* 207: 415-416.

- Jolley, P. D. (1990) Rabbit transport and its effects on meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 119-134.
- Kannan, G., y Mench, J. A. (1996) Influence of different handling methods and crating periods on plasma corticosterone concentrations in broilers. *British Poultry Science* 37: 21-31.
- Kemp, B., y Verstegen, M. W. A. (1987) The influence of climatic environment on sows. En: *Energy metabolism in farm animals: Effects of housing, stress and disease*, M.W.A. Verstegen, y A.M. Henken, eds., Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, 115-132.
- Kenny, F. J., y Tarrant, P. V. (1987) The physiological and behavioural responses of crossbred Friesian steers to short-haul transport by road. *Livestock Production Science* 17: 63-75.
- Kent, J. E., y Ewbank, R. (1983) The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. 1. Six months old. *British Veterinary Journal* 139: 228-235.
- Kettlewell, P. J., Mitchell, M. A., y Meehan, A. (1993) The distribution of thermal loads within poultry transport vehicles. *Agricultural Engineer* 48: 26-30.
- Knowles, T. G. (1999) A review of road transport of slaughter sheep. *The Veterinary Record* 143: 212-219.
- Knowles, T. G., y Broom, D. M. (1990) The handling and transport of broilers and spent hens. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 75-91.
- Knowles, T. G., Brown, S. N., Warriss, P. D., Phillips, A. J., Dolan, S. K., Hunt, P., Ford, J. E., Edwards, J. E., y Watkins, P. E. (1995a) Effects on sheep of transport by road up to 24 hours. *The Veterinary Record* 136: 421-438.
- Knowles, T. G., y Warriss, P. D. (2000) Stress physiology of animals during transport. En *Livestock, Handling and Transport*, T. Grandin, ed., 2nd Ed. CABI Publishing, Wallingford 385-407.
- Knowles, T. G., Warriss, P. D., Brown, S. N., y Edwards, J. E. (1998) Effects of stocking density on lambs being transported by road. *The Veterinary Record* 142: 503-509.
- Knowles, T. G., Warriss, P. D., Brown, S. N., Edwards, J. E., y Mitchell, M. A. (1995b) Response of broilers to deprivation of food and water for 24 hours. *British Veterinary Journal* 152: 307-314.
- Knowles, T. G., Warriss, P. D., Brown, S. N., y Kestin, S. C. (1994) Long distance transport of export lambs. *The Veterinary Record* 29: 107-110.
- Kola, J., Awosanya, B., y Adebua, B. A. (1994) The effects of preslaughter withholding of feed and water from rabbits on their carcass yield and meat quality. *Nigerian Journal of Animal Production* 21: 164-169.
- Kozma, C., Macklim, W., Cummins, L., y Mauer, R. (1974) Anatomy, physiology, and biochemistry of the rabbit. En: *The Biology of the Laboratory Rabbit*, S.H. Weisbroth, R.E. Flatt, y A.L. Kraus, eds., Academic Press, New York, 50-72.
- Lacy, M. P., y Czarick, M. (1998) Mechanical harvesting of broilers. *Poultry Science* 77: 1794-1797.
- Laird, C. W., Fox, R. R., Mitchell, B. P., Blau, E. M., y Schultz, H. S. (1970) Effect of strain and age on some hematological parameters in the rabbit. *The American Journal of Physiology* 218: 1613-1617.
- Lambooy, E. (1988) Road transport of pigs over long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some aspect of the last two factors. *Animal Production* 46: 257-263.
- Lambooy, E., y Engel, E. (1991) Transport of slaughter pigs by truck over long distance: some aspects of loading density and ventilation. *Livestock Production Science* 28: 163-174.
- Lambooy, E., Garssen, G. J., Walstra, P., Mateman, G., y Merkus, G. S. M. (1985) Transport of pigs by car for two days; some aspects of watering and loading density. *Livestock Production Science* 13: 289-299.

- Lambooy, E., Van der Hel, W., Hulsegge, B., y Brandsma, H. A. (1987) Effect of environmental temperature and air velocity two days preslaughtering on heat production, weight loss and meat quality in non-fed pigs. En: *Energy Metabolism in Farm Animals: Effects of housing, stress and disease* Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, 164-179.
- Lambooy, E., Van Putten, G., y Grandin, T. (1993) Transport of pigs. En: *Livestock, Handling and Transport*, T. Grandin, ed., 1st Ed. CAB International, Oxon, 213-231.
- Lay, D. C., Friend, T. H., Randel, R. D., Bowers, C. L., Grissom, K. K., y Jenkins, O. C. (1992) Behavioral and physiological effects of freeze of hot-iron branding on crossbred cattle. *Journal of Animal Science* 70: 330-336.
- Le Dividich, J., y Herpin, P. (1994) Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned piglets: a review. *Livestock Production Science* 38: 79-90.
- Lebas, F., y Matheron, G. (1982) Livestock production perspectives and prospects VIII. Rabbits. *Livestock Production Science* 9: 235-250.
- Lendfers, L. H. H. M. (1971) Loss of pigs due to death during transport: a one-year survey at an abattoir. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Condition and Meat Quality of Pigs*, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 225-229.
- Leoni, S., Moriggi, F., y Ghilarducci, G. (2000) Transporte e qualità della carne. *Rivista di Coniglicoltura* 3: 40-47.
- Lill, R., Nargang, F. E., y Neupert, W. (1996) Biogenesis of mitochondrial proteins. *Current Opinion of Cell Biology* 8: 505-512.
- Leonart, F. (2001) Efecto del calor en los conejos. *Lagomorpha* 115: 32-34.
- López, M. (2001) Etología y bienestar en la especie cunícola (II). *Lagomorpha* 114: 13-22.
- López, M., y Sierra, I. (1986) Producción de carne en conejos de raza gigante de España I. Resultados de sacrificio y calidad de la canal comparación con híbridos comerciales. *Boletín de Cunicultura* 9: 23-33.
- Lucas, E. M., Randall, J. M., y Meneses, J. F. (2000) Potential for evaporative cooling during heat stress periods in pig production in Portugal (Alentejo). *Journal of Agricultural Engineering Research* 76: 363-371.
- Luzi, F., Heinzl, E., Crimella, C., y Verga, M. (1994) Influence des conditions de transport sur la qualité des carcasses. *Cuniculture* 120: 277-279.
- Manjoo, M., Burger, F. J., y Kielblock, A. J. (1985) A relationship between heat load and plasma enzyme concentration. *Journal of Thermal Biology* 10: 221-225.
- Masoero, G., Riccioni, L., Bergoglio, G., y Napolitano, F. (1992) Implications of fasting and of transportation for a high quality rabbit meat product. *Journal of Applied Rabbit Research* 15: 841-847.
- McIn, J. A. (1963) The regional distribution of cutaneous moisture evaporation in the Ayrshire calf. *Journal of Agricultural Science* 61: 275-282.
- Mench, J. A., y Mason, G. J. (1997) Behaviour. En: *Animal Welfare*, M.C. Appleby, y B.O. Hughes, eds., CABI Publishing, Wallingford, 127-141.
- Mills, D. S., y Nicol, C. J. (1990) Tonic immobility in spent hens after catching and transport. *The Veterinary Record* 126: 210-212.
- Mitchell, M. A., y Kettlewell, P. J. (1993) Catching and transport of broiler chickens. En: 4th *European Symposium on Poultry Welfare*, C.J. Savory, y B.O. Hughes, eds., Universities Federation for Animal Welfare, Potters Bar, UK, 219-229.
- Mitchell, M. A., y Kettlewell, P. J. (1998) Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! *Poultry Science* 77: 1803-1814.
- Mitchell, M. A., Kettlewell, P. J., y Maxwell, M. H. (1992) Indicators of physiological stress in broiler chickens during road transportation. *Animal Welfare* 1: 92-103.

- Moberg, G. P. (1985) Biological response to stress: Key to assessment of animal well-being? En: *Animal Stress*, G.P. Moberg, ed., American Physiological Society, Maryland, 27-50.
- Morrow-Tesch, J. L., McGlone, J. J., y Salak-Johnson, J. L. (1994) Heat and social stress effects on pig immune measures. *Journal of Animal Science* 72: 2599-2609.
- Mykityowycz, R. (1968) Territorial marking by rabbits. *Scientific American* 218: 116-126.
- Nicol, C., y Saville-Weeks, C. (1993) *Poultry Handling and Transport*. En: *Livestock, Handling and Transport*, T. Grandin, ed., 1st Ed., CABI Publishing, Oxon, 273-287.
- NWSCR (National Weather Service Central Region) (1976) Livestock hot weather stress. Regional operations manual letter C: 31-76.
- Orden de 31 de julio (1979) Métodos de análisis de productos cárnicos. Boletín Oficial del Estado, BOE Anejo II: 2595-2603.
- Paci, G., Marzoni, M., Piloni, S., y Bagliacca, M. (1999) Effetto della stagione e della tecnica de allevamento sulle prestazioni produttive e sulla qualità della carne di coniglio. *Rivista di Conigliicoltura* 9: 30-36.
- Parrott, R. F., Hall, S. J. G., Lloyd, D. M., Gooder, J. A., y Broom, D. M. (1998) Effects of a maximum permissible journey time (31 h) on physiological responses of fleeced and shorn sheep to transport, with observations on behaviour and short (1 h) rest-stop. *Animal Science* 66: 197-207.
- Parrott, R. F., Lloyd, D. M., y Broom, D. M. (1999) Transport stress and exercise hyperthermia recorded in sheep by radiotelemetry. *Animal Welfare* 8: 27-34.
- Parrott, R. F., y Misson, B. H. (1989) Changes in pig salivary cortisol in response to transport simulation, food and water deprivation and mixing. *British Veterinary Journal* 145: 501-505.
- Parsons, K., y Griffin, M. J. (1988) Whole-body vibration perception thresholds. *Journal of Sound and Vibration* 121: 237-258.
- Perremans, S., Randall, J. M., Allegaert, L., Stiles, M. A., Rombouts, G., y Geers, R. (1998) Influence of vertical vibration on heart rate of pigs. *Journal of Animal Science* 76: 416-420.
- Perremans, S., Randall, J. M., Rombouts, G., Decuypere, E., y Geers, R. (2001) Effect of whole-body vibration in the vertical axis on cortisol and adrenocorticotrophic hormone levels in piglets. *Journal of Animal Science* 79: 975-981.
- Perremans, S., Randall, J. M., Rombouts, G., Duchateau, W., Ville, M., y Geers, R. (1997) Welfare monitoring of pig in relation to transport. En: *Proceedings of the 5th International Symposium Livestock Environment I*, R.W. Bottcher, y S.F. Hoff, eds., Bloomington, Minnesota, USA, 138-145.
- Phillips, P. A., Thompson, B. K., y Fraser, D. (1989) The importance of cleat spacing in ramp design for young pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 69: 483-486.
- Piles, M., Blasco, A., y Pla, M. (2000) The effect of selection for growth rate on carcass composition and meat characteristics of rabbits. *Meat Science* 54: 347-355.
- Pla, M., y Cervera, C. (1997) Carcass and meat quality of rabbits given diets having a high level of vegetable or animal fat. *Animal Science* 65: 299-303.
- Pla, M., Hernández, P., y Blasco, A. (1996) Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Science* 44: 85-92.
- Plaza Carrión, M. A. (1996) Transporte de los alimentos en el tracto digestivo. En: *Fisiología Veterinaria*, McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 528-544.
- Purdue, D. (1984) The effect of transport and fasting on physiological indices of stress and subsequent meat quality of the rabbit. MSc. Thesis. University of Bristol, Bristol.
- Randall, J. M. (1992) Human subjective response to lorry vibration: Implications for farm animal transport. *Journal of Agricultural Engineering Research* 52: 295-307.

- Randall, J. M. (1993) Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Animal Production* 57: 299-307.
- Randall, J. M., y Boon, C. R. (1994) Ventilation control and system. En: *Livestock Housing*, C.M. Wathes, y D.R. Charles, eds., CAB International, Wallingford.
- Randall, J. M., y Bradshaw, R. H. (1998) Vehicle motion and motion sickness in pig. *Animal Science* 66: 239-245.
- Randall, J. M., Duggan, J. A., Alani, M. A., y White, R. P. (1997) Frequency weightings for the aversion of broiler chickens to horizontal and vertical vibration. *Journal of Agricultural Engineering Research* 68: 387-397.
- Real Decreto 1041/1997, de 27 de junio, por la que se establecen las normas relativas a la protección de los animales durante su transporte, transposición de la Directiva 95/29/E.C., modificación a la Directiva 91/628/CEE. Boletín Oficial del Estado, BOE 163: 21093-21104.
- Renner, M. (1982) La couleur de la viande et sa mesure. *Bulletin Technique - Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix* 65: 41-45.
- Rich, T. D., y Alliston, C. W. (1970) Influence of programmed circadian temperature changes on the reproductive performance of rabbits acclimated to two different temperatures. *Journal of Animal Science* 30: 960-965.
- Riches, H. L., Guise, H. J., Penny, R. H. C., Jones, T. A., y Cuthbertson, A. (1996) A national survey of transport conditions for pigs. *The Pig Journal* 38: 8-18.
- Robertshaw, D. (1981) The environmental physiology of animal production. En: *Environmental Aspects of Housing for Animal Production*, J.A. Clark, ed., Butterworth, London, 3-17.
- Robertson, J. (1987) Bacon pigs: a practical approach to the reduction of death in transit. *The North of Scotland College of Agriculture, Pig Conference*, 23-28.
- Robertson, J. (1994) Ammonia, dust and air quality: Quantifying the problem. *The Pig Journal* 33: 113-125.
- Roca, A. (1988) Alojamiento e instalaciones en cunicultura. En: *Bases para el diseño de alojamientos e instalaciones ganaderas*, E. Sanz, C. Buxadé, y I. Ovejero, eds., Asociación de Ingenieros Agrónomos de Cataluña, Barcelona, 173-193.
- Roca, T., y Castelló, J. A. (1980) Factores de confort de los conejos. En: *Tratado de cunicultura 2. Construcciones, manejo y producciones*, T. Roca, J.A. Castelló, y J. Camps, eds., Real escuela oficial y superior de avicultura, Barcelona, 431-440.
- Rosell, J. M. (2000) Bienestar animal. Transporte. En: *Enfermedades del conejo*, J.M. Rosell, ed., Generalidades Mundi-Prensa, Madrid, 524-526.
- Roslin Institute (1998) *Pig y Poultry Fair. Promotional Literature*, Stoneleigh, United Kingdom.
- Ruiz de la Torre, J. L., y Manteca, X. (1999a) Behavioural effects of social mixing at different stocking densities in prepubertal lambs. *Animal Welfare* 8: 117-126.
- Ruiz de la Torre, J. L., y Manteca, X. (1999b) Effect of testosterone on aggressive behaviour after social mixing in male lambs. *Physiology and Behavior* 68: 109-113.
- Ruiz de la Torre, J. L., Velarde, A., Diestre, A., Gispert, M., Hall, S. J. G., Broom, D. M., y Manteca, X. (2001) Effects of vehicle movement during transport on the stress response and meat quality of sheep. *The Veterinary Record* 148: 227-229.
- Rutter, S. M., y Randall, J. M. (1993) Aversion of domestic fowl to whole-body vibration motion. *Applied Animal Behaviour Science* 37: 69-73.
- SAC (The Scottish Agricultural College) (1991) Research and development priorities in livestock transport. The Scottish Office Agriculture and Fisheries Department, Aberdeen.
- SAC (The Scottish Agricultural College) (1996) Pig welfare review. The Scottish Pig Industry Initiative. The Scottish Office Agriculture and Fisheries Department, Aberdeen.

- SAC (The Scottish Agricultural College) (1998) Livestock transport: Pigs Handle with care. Robertson, J. ed. pp 25.
- Sains, A. (1980) Deaths in transit: What British surveys show. *The Pig Farming* 28: 40-41.
- SCAHAW (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare) (2002) The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle). European Commission (Health y Consumer Protection Directorate-General), pp 129.
- Scheurink, A., Steffens, A., Dreteler, G., Benthem, B., y Bruntink, R. (1989) Experience affects exercise-induced changes in catecholamines, glucose and FFA. *American Journal of Physiology* 256: R169-R173.
- Shafie, M. M., Kamar, G. A. R., Borady, A. H. A., y Hassanien, A. M. (1982) Thermoregulation in rabbits under different environmental conditions. 6th International Conference on animal and poultry Production, Zagazig, Egipto, 21-23.
- Singh, S. P. (1991) Vibration levels in commercial truck shipments. *American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA* 91: 6016.
- Siqueira, E. R., Baccari, F., y Cury, P. R. (1993) Estudio de algunos parámetros fisiológicos en cinco razas ovinas sometidas a estrés térmico. *ITEA* 89A: 215-222.
- Smith, L. P., y Allen, W. M. (1976) A study of the weather conditions related to the death of pigs during and after transportation in England. *Agricultural Meteorology* 16: 115-124.
- Smith, R. J., Nicholls, P. J., Thompson, J. M., y Ryan, D. M. (1982) Effects of fasting and transport on live weight loss and the prediction of hot carcass weight of cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 22: 4-8.
- Stephens, D. B., y Perry, G. C. (1990) The effects of restraint, handling, simulated and real transport in the pig (with reference to man and other species). *Applied Animal Behaviour Science* 28: 41-55.
- Stephens, D. B., y Torner, J. N. (1974) A method for the continuous display of heart rate in the calf during transportation. *Journal of Physiology* 242: 24-25.
- Stevens, D. G., y Camp, T. H. (1979) Vibration in Livestock vehicle. *American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA* 79: 6511.
- Sutherland, G. B., Trapani, I. L., y Campbell, D. H. (1958) Cold adapted animals. II. Changes in the circulating plasma proteins and formed elements of rabbit blood under various degrees of cold stress. *Journal Applied of Physiology* 12: 367-372.
- Symoens, J. (1970) Vorbeugen un Heilung von Aggressivität und Stress bei Schweinen durch das Neuroleptikum Azaperone. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 77: 144-148.
- Szendrö, Z., y Kustos, K. (1992) The effect of starvation on the carcass yield of new zealand white rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 15: 879-883.
- Talling, J. C., Waran, N. K., Wathes, C. M., y Lines, J. A. (1996) Behavioural and physiological responses of pigs to sound. *Applied Animal Behaviour Science* 48: 187-202.
- Tarrant, P. V., y Grandin, T. (2000) Cattle transport. En: *Livestock, Handling and Transport*, T. Grandin, ed., 2nd Ed., CABI Publishing, Wallingford, 151-173.
- Tarrant, P. V., Kenny, F. J., y Harrington, D. (1988) The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Frisian steers. *Meat Science* 24: 209-222.
- Tarrant, P. V., Kenny, F. J., Harrington, D., y Murphy, M. (1992) Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. *Livestock Production Science* 30: 223-328.
- Trunkfield, H. R., y Broom, D. M. (1990) The welfare of calves during handling and transport. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 135-152.
- UFAW (Universities Federation for Animal Welfare) (1988) Management and welfare of farm animales. Bailliere Tindall, London.

- Van Logstestijn, J. G., Van Romme, A. M. T., y Eikelenboom, G. (1982) Losses caused by transport of slaughter pigs in The Netherlands. En: Transport of animals intended for breeding, production and slaughter, R. Moss, ed., Martinus Nijhoff Publ., The Hague, 105-114.
- Van Putten, G., y Elshof, W. J. (1978) Observations on the effect of transport on the well-being and lean quality of slaughter pig. *Animal Regulations Studies* 1: 247-271.
- Vastrade, F. M. (1986) The social behaviour of free-ranging domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Applied Animal Behaviour Science* 16: 165-177.
- Veerkamp, C. H. (1986) The influence of fasting and transport on yield of broilers. *Poultry Science* 57: 619-627.
- Warriss, P. D. (1990) The handling of cattle preslaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 171-186.
- Warriss, P. D. (1996) The welfare on animals during transport. *The Veterinary Annual* 36: 73-85.
- Warriss, P. D. (1998) Choosing appropriate space allowance for slaughter pigs transported by road. a review. *The Veterinary Record* 142: 449-454.
- Warriss, P. D., y Bevis, E. A. (1987) Liver glycogen in slaughtered pigs and estimated time of fasting before slaughter. *British Veterinary Journal* 143: 254-260.
- Warriss, P. D., Bevis, E. A., Edwards, J. E., Brown, S. N., y Knowles, T. G. (1991) Effect of the angle of slope on the ease with which pigs negotiate loading ramps. *The Veterinary Record* 128: 419-421.
- Warriss, P. D., y Brown, S. N. (1994) A survey of mortality in slaughter pigs during transport and lairage. *The Veterinary Record* 134: 513-515.
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Adams, S. J. M., y Corlett, I. K. (1994) Relationships between subjective and objective assessment of stress at slaughter and meat Quality in pigs. *Meat Science* 38: 329-340.
- Warriss, P. D., Kestin, S. C., Young, C., Bevis, E. A., y Brown, S. N. (1990) Effect of preslaughter transport on carcass yield and indices of meat quality in sheep. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 51: 517-523.
- Warriss, P. D., Knowles, T. G., Brown, S. N., Edwards, J. E., Kettlewell, P. J., Mitchell, M. A., y Baxter, C. A. (1999) Effect of lairage time on body temperature and glycogen reserves of broiler chickens held in transport modules. *The Veterinary Record* 145: 218-222.
- Watts, M. E. T. (1982) Bulk transportation of farm animals by air and vehicular ferries. En: Transport of animals intended for breeding, production and slaughter, R. Moss, ed., Martinus Nijhoff Publ., The Hague, 147-165.
- Webster, A. J. F. (1994) Comfort and injury. En: *Livestock Housing*, C.M. Wathes, y D.R. Charles, eds., CAB International, Wallingford, 49-68.
- Webster, A. J. F., Tuddenham, A., Saville, C. A., y Scott, G. A. (1993) Thermal stress on chickens in transit. *British Poultry Science* 34: 267-277.
- Weeding, C. M., Hunter, E. J., Guise, H. J., y Penny, R. H. C. (1993) Effects of abattoir and slaughter handling systems on stress indicators in pig blood. *The Veterinary Record* 133: 10-13.
- Weeks, C., y Nicol, C. (2000) Poultry handling and transport. En: *Livestock, handling and transport*, T. Grandin, ed., 2nd Ed. CABI Publishing, Wallingford, 363-384.
- Welch, W. J. (1992) Mammalian stress response: Cell physiology, structure/function of stress proteins, and implications for medicine and disease. *Physiological Review* 72: 1063-1081.
- Wierbicki, E., y Deatherage, F. E. (1958) Determination of water-holding capacity of fresh meats. *Agricultural and Food Chemistry* 6: 387-392.

- Wingfield, J. C., y Ramenosfsky, M. (1999) Hormones and the behavioural ecology of stress. En: Stress Physiology in Animals, P.H.M. Balm, ed., Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, 1-44.
- Wythes, J. R. (1982) The saleyard curfew issue. Queensland Agricultural Journal November-December: 1-5.
- Wythes, J. R., Arthur, R. J., Thompson, P. J. M., Williams, G. E., y Bond, J. H. (1981) Effect of transporting cows various distances on liveweight, carcass traits and muscle pH. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 21: 557-561.

ÍNDICE DE TABLAS

9.- ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Cadena típica de transporte de conejos a matadero.....	6
Tabla 2.2.- Rango de temperaturas de termoneutralidad (°C) en función de la edad y especie	10
Tabla 2.3.- Pérdidas de calor en condiciones de termoneutralidad para diferentes especies	11
Tabla 2.4.- Temperaturas corporales normales para diferentes especies animales	12
Tabla 2.5.- Necesidades térmicas de los conejos.....	14
Tabla 2.6.- Rango de humedades relativas óptimas en función de la especie	28
Tabla 2.7.- Porcentaje de causas de pérdida de equilibrio en terneros durante un transporte de 24 horas	40
Tabla 2.8.- Reacciones humanas probables para niveles de r.m.s. ponderados de la aceleración	43
Tabla 2.9.- Muertes en el transporte y distancia de viaje	50
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.....	59
Tabla 2.11.- Influencia de la densidad animal sobre la mortalidad de cerdos durante el transporte.....	61
Tabla 2.12.- Cambios en el hematocrito y osmolaridad en cerdos sometidos a diferentes periodos de ayuno	69
Tabla 2.13.- Medidas de bienestar.....	73
Tabla 2.14.- Parámetros fisiológicos utilizados comúnmente para valorar el estrés durante el transporte	76
Tabla 3.1.- Composición del pienso comercial para el cebo de conejos.....	88
Tabla 3.2.- Temperaturas máximas y mínimas registradas en cada transporte.....	89
Tabla 3.3.- Temperaturas máximas y mínimas registradas en cada prueba de estrés térmico	91
Tabla 3.4.- Número de conejos utilizados en las pruebas y sacrificados para los análisis posteriores	93
Tabla 3.5.- Abreviaturas usadas en los modelos de análisis estadístico.....	104
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.....	110
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).....	112
Tabla 4.3.- 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 épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo	115
Tabla 4.4.- Análisis de varianza de la pérdida de peso, 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 épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja).....	116
Tabla 4.5.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semitendinosus</i> para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo	119

Tabla 4.6.- Análisis de varianza del pH en los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semitendinosus</i> para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja)	119
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.....	121
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).....	122
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.....	125
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).....	127
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.....	132
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).....	133
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	138
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 glúcogeno hepático (Gluc. Hep.) y muscular (Gluc. Musc.) para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja)	139
Tabla 4.15.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semitendinosus</i> para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo	142
Tabla 4.16.- Análisis de varianza del pH en los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semitendinosus</i> para las dos situaciones térmicas (calor y frío) y las dos densidades (alta y baja)	144
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.....	146
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).....	148
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.....	151
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).....	153
Tabla 4.21.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados en animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo	157
Tabla 4.22.- Comparación de la pérdida de peso (g) y proporción de pérdida con respecto al peso inicial (Prop. pérd., %) en animales sometidos a ruido para dos densidades (Alta y Baja).....	160

Tabla 4.23.- 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 los animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo.....	160
Tabla 4.24.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semitendinosus</i> en animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a animales manejados.....	162
Tabla 4.25.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal en animales expuestos a ruido para las dos densidades (alta y baja) con respecto a animales sometidos a manejo	165
Tabla 4.26.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la carne en animales sometidos a ruido en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo	167
Tabla 4.27.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados en animales mezclados en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo	169
Tabla 4.28.- Comparación de la pérdida de peso (g) y proporción de pérdida con respecto al peso inicial (Prop. pérd., %) en animales mezclados en dos densidades (alta y baja)	171
Tabla 4.29.- 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 los animales mezclados en las dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales sometidos a manejo	171
Tabla 4.30.- Valores medios y comparaciones del pH en los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semitendinosus</i> en animales sometidos a mezcla en dos densidades (alta y baja) con respecto a animales manejados	173
Tabla 4.31.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal en animales mezclados en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales manejados	175
Tabla 4.32.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color en la carne en animales mezclados en dos densidades (alta y baja) con respecto a los animales manejados	176
Tabla 4.33.- Valores medios y comparaciones de los parámetros sanguíneos estudiados en animales que fueron cambiados de jaula con respecto a los sometidos a manejo	178
Tabla 4.34.- 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 los animales sometidos a cambio de jaula con respecto a los manejados	179
Tabla 4.35.- Valores medios y comparaciones del pH muscular en los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semitendinosus</i> en animales sometidos a cambio de jaula con respecto a animales manejados.....	181
Tabla 4.36.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la canal en animales sometidos a cambio de jaula con respecto a los animales sometidos a manejo	183
Tabla 4.37.- Valores medios y comparaciones de los parámetros de color de la carne en animales sometidos a cambio de jaula con respecto a los animales sometidos a manejo	185
Tabla 4.38.- 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 cambio de jaula	226

Tabla 4.39.- Valores medios y comparaciones de la pérdida de peso, peso del hígado, concentración de glucógeno hepático (Gluc. Hep.) y muscular (Gluc. Musc.) para las dos épocas de transporte (verano e invierno) y las dos densidades (alta y baja) con respecto a los conejos sometidos a cambio de jaula228

Tabla 4.40.- 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 cambio de jaula.....229

Tabla 4.41.- 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 cambio de jaula230

Tabla 4.42.- 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 a los animales sometidos a cambio de jaula231

ÍNDICES DE FIGURAS

10.- ÍNDICES DE FIGURAS

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	9
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	16
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)	18
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	19
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)	19
Figura 2.6.- Comparación de las temperaturas internas de la habitación pintada de negro y blanco sin ventilación.....	20
Figura 2.7.- Comparación de las temperaturas internas de la habitación pintada de negro y blanco con ventilación	21
Figura 2.8.- Media de mortalidad mensual porcina durante 1991 y 1992, de 7 mataderos observados en relación con la temperatura media del mes	25
Figura 2.9.- Media de cerdos muertos mensualmente durante 1991 y 1992 en 7 mataderos.....	26
Figura 2.10.- Relación entre los turnos de trabajo y la mortalidad de pollos a la llegada a matadero.....	27
Figura 2.11.- Límites de las zonas de seguridad/alerta, alerta/peligro y peligro/emergencia, del índice de seguridad climatológica para el ganado	31
Figura 2.12.- Temperatura crítica inferior en función del peso vivo y de varias velocidades de aire.....	33
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 está en movimiento	34
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)	35
Figura 2.15.- Nivel de cortisol y ACTH dentro del periodo de muestras bajo el efecto de las diferentes frecuencias de vibración	45
Figura 2.16.- Porcentajes de pérdidas y rendimiento de la canal en función del tiempo de transporte.....	46
Figura 2.17.- Medias de duración de la inmovilidad tónica de pollos estudiados en matadero en función del tiempo de viaje.....	49
Figura 2.18.- Concentración plasmática de corticosterona diferentes sistemas de manejo.....	52
Figura 2.19.- Distribución del porcentaje de transportes en función de la densidad de carga para invierno y verano	57
Figura 2.20.- Porcentaje de cerdos en el compartimento frontal del camión que estuvieron tumbados durante el transporte de 24 horas.....	58

Figura 2.21.- Principal vía que controla la liberación de cortisol.....	78
Figura 2.22.- Patrón de caída de pH <i>post mortem</i>	83
Figura 3.1.- Camión de transporte de conejos utilizado	89
Figura 3.2.- Jaula de transporte de conejos.....	90
Figura 3.3.- Localizaciones para la medición del pH muscular: (A) M. <i>Semitendinosus</i> y (B) M. <i>Longissimus dorsi</i>	102
Figura 3.4.- Medición del color en la canal a los 30 minutos tras el sacrificio	103
Figura 4.1.- Medias y comparaciones de la concentración de cortisol sanguíneo para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	187
Figura 4.2.- Medias y comparaciones de la actividad enzimática de la CK y de la LDH para los animales transportados y os expuestos a estrés térmico	188
Figura 4.3.- Medias y comparaciones de la concentración del ión lactato para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	189
Figura 4.4.- Medias y comparaciones de la concentración de glucosa para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	189
Figura 4.5.- Medias y comparaciones del hematocrito y la osmolaridad para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	190
Figura 4.6.- Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso del hígado para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico.....	191
Figura 4.7.- Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno hepático para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	192
Figura 4.8.- Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno muscular para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico.....	193
Figura 4.9.- Medias y comparaciones del pH en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	194
Figura 4.10.- Medias y comparaciones del pH en el músculo <i>Semitendinosus</i> para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	195
Figura 4.11.- Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la canal para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	196
Figura 4.12.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la canal para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	196
Figura 4.13.- Medias y comparaciones para el tono (H*) de la canal para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	197
Figura 4.14.- Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la carne para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	198
Figura 4.15.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la carne para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	198
Figura 4.16.- Medias y comparaciones para el tono (H*) de la carne para los animales transportados y los expuestos a estrés térmico	199
Figura 4.17.- Medidas y comparaciones de la concentración de cortisol para los conejos transportados y los expuestos a ruido	201
Figura 4.18.- Medidas y comparaciones de la actividad sanguínea de la CK para los conejos transportados y los expuestos a ruido	201
Figura 4.19.- Medidas y comparaciones de la actividad sanguínea de la LDH y la concentración de lactato para los conejos transportados y los expuestos a ruido	202

Figura 4.20.- Medidas y comparaciones de la concentración de glucosa para los conejos transportados y los expuestos a ruido.....	203
Figura 4.21.- Medidas y comparaciones del hematocrito y de la osmolaridad para los conejos transportados y los expuestos a ruido	203
Figura 4.22.- Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso del hígado para los conejos transportados y los expuestos a ruido.....	204
Figura 4.23.- Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso del hígado para los conejos transportados y los expuestos a ruido.....	205
Figura 4.24.- Medias y comparaciones del glucógeno muscular para los conejos transportados y los expuestos a ruido.....	206
Figura 4.25.- Medias y comparaciones del pH del músculo <i>Longissimus dorsi</i> para los conejos transportados y los expuestos a ruido	207
Figura 4.26.- Medias y comparaciones del pH del músculo <i>Longissimus dorsi</i> para los conejos transportados y los expuestos a ruido	207
Figura 4.27.- Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la canal para los conejos transportados y los expuestos a ruido	208
Figura 4.28.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la canal para los conejos transportados y los expuestos a ruido	209
Figura 4.29.- Medias y comparaciones del tono (H*) de la canal para los conejos transportados y los expuestos a ruido.....	209
Figura 4.30.- Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la carne para los conejos transportados y los expuestos a ruido	210
Figura 4.31.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la carne para los conejos transportados y los expuestos a ruido	211
Figura 4.32.- Medias y comparaciones del tono (H*) de la carne para los conejos transportados y los expuestos a ruido.....	211
Figura 4.33.- Medias y comparaciones de la concentración de cortisol sanguíneo para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....	213
Figura 4.34.- Medias y comparaciones de la actividad enzimática de la CK para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....	214
Figura 4.35.- Medias y comparaciones de la actividad enzimática de la LDH para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....	214
Figura 4.36.- Medias y comparaciones de la concentración de lactato para los animales transportados y para los sometidos a mezcla	215
Figura 4.37.- Medias y comparaciones de la concentración de glucosa para los animales transportados y para los sometidos a mezcla	215
Figura 4.38.- Medias y comparaciones del hematocrito y de la osmolaridad para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....	216
Figura 4.39.- Medias y comparaciones de la pérdida de peso y del peso hepático para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....	217
Figura 4.40.- Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno hepático para los animales transportados y para los sometidos a mezcla	217
Figura 4.41.- Medias y comparaciones de la concentración de glucógeno muscular para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....	218
Figura 4.42.- Medias y comparaciones del pH en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....	219

Figura 4.43.- Medias y comparaciones del pH en el músculo *Longissimus dorsi* para los animales transportados y para los sometidos a mezcla.....220

Figura 4.44.- Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la canal para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.....221

Figura 4.45.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la canal para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.....221

Figura 4.46.- Medias y comparaciones del tono (H*) de la canal para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.....222

Figura 4.47.- Medias y comparaciones de la luminosidad (L*) de la carne para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.....223

Figura 4.48.- Medias y comparaciones de la cromaticidad (C*) de la carne para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla.....223

Figura 4.49.- Medias y comparaciones del tono (H*) de la carne para los conejos transportados y para los sometidos a mezcla224

