

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTOS DE DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE EN EL BIENESTAR Y
CALIDAD DE LA CARNE EN CORDEROS COMERCIALES**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA:

MARIA ISABEL SALAZAR SOTELO

MEXICALI, B. C., MÉXICO

SEPTIEMBRE 2011

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento a mis Directores, Genaro Miranda de la Lama y Cristina Pérez Linares, que con sus oportunos consejos y correcciones, me han orientado, enseñado y estimulado para hacer posible la realización de la misma.

Al Dr. Gustavo María por la contribución significativa al desarrollo de este proyecto y brindarme su amistad en España, enseñándome a estar en confianza con su buen humor.

Al Dr. Carlos Sañudo por la amistad y el apoyo para integrarme a los viajes realizados en España.

A la Unidad de Producción Animal y al Grupo de Investigación de Calidad y Tecnología de la Carne en España, por la confianza depositada desde el primer día de mi estancia en Zaragoza, en especial al Dr. José Luis Olleta, Rosa y Francisco de Assis, Virginia Resconi, Érika Muela, Dayane Lemos, Paula, Martha y Julia por facilitarme en todo momento mi trabajo y por haber aportado incondicionalmente sus conocimientos de la Carne.

A Fanny en especial, por la gran ayuda para poder instalarme en su departamento en Zaragoza, gracias a la especializada búsqueda de mi Tutor Genaro y su esposa Roció.

Al Rastro Mercazaragoza y la Granja de corderos que colaboraron para el trabajo realizado.

Al Departamento de Patología por el trabajo realizado con los análisis fisiológicos.

Al personal de CONACYT por la buena y oportuna beca que disfrute durante la estancia en España y el resto de los dos años de maestría.

A la Universidad Autónoma de Nayarit y sus maestros, por la formación profesional.

Finalmente a la Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, por el apoyo para poder finalizar mi Maestría y la Universidad de Zaragoza Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por el apoyo para realizar mi trabajo experimental.

A todos los que facilitaron la terminación de esta tesis y que no puedo seguir extendiéndome por falta de espacio, a todos en verdad muchas gracias.

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por amarme tanto y regalarme estos dos años que hoy reflejan el primer fruto, de muchos que vendrán.

A mis padres Antonio Salazar y Crispina Sotelo, por ser mi mayor ejemplo a seguir, pero sobre todo por estar siempre a mi lado a pesar de la distancia, muchas gracias, los amo. Esta tesis es suya.

A mi hermana Mari chuy por ser una luz maravillosa en mi vida y que siempre esta cuando la necesito. Gracias por creer en mí.

A David por apoyarme en el tema de las computadoras, a pesar de todos los problemas siempre me apoyaste a seguir adelante. De corazón gracias por todo.

A mi tía Reina, por su amor maternal y ser como un ángel en mi vida.

A mis maravillosos niños Ximenita y Danielito que son como mis hermanos.

A Erika, que con su cariño y consejos siempre me ayudaron a sentirme mejor.

A mi primo Luis Armando, por su confianza y apoyo en Tijuana.

A Helena, Lupita, Berenice y Alicia por confiar en mí siempre.

A Jorge Chacón por sus consejos a seguir superándome en todo momento.

A toda la familia Salazar de Tijuana por su cariño y apoyo.

A mi gran amiga Jessica y su familia por estar conmigo siempre y apoyarme en esta Ciudad de Mexicali.

A mis amigos de la escuela de posgrado, Alejandra, Luis, Carlos y Alan, por todos los momentos de alegría, aventuras, experiencias, desveladas y triunfos. Gracias a cada uno por su apoyo.

A María Carrasco y Andrea, por brindarme su amistad y confianza.

A Jonathan por su amistad y apoyo en los momentos más difíciles.

A la familia Hernández, en especial Angy, por su amistad y apoyo incondicional en México D.F.

Efectos de dos sistemas de transporte en el bienestar y calidad de la carne en corderos comerciales. Tesis presentada por MVZ. María Isabel Salazar Sotelo como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el Comité Particular indicado:

Ph D. Cristina Pérez Linares
Director

Dr. Genaro Cvabodni Miranda de la Lama
Director Externo

Dr. Gustavo María Levrino
Asesor

Ph D. Fernando Figueroa Saavedra
Asesor

Lugar y fecha

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.....	i
RESUMEN.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Bienestar animal.....	3
Fisiología del estrés.....	5
Indicadores fisiológicos de bienestar animal.....	7
Cortisol plasmático.....	7
Glucosa.....	8
Lactato.....	8
Enzima creatinina kinasa (KC).....	9
Ácidos grasos no esterificados (NEFA).....	10
Hematocrito.....	10
Relación Neutrófilos Linfocitos (N/L).....	11
Calidad de la carne y bienestar animal.....	11
Hematomas.....	13
Calidad instrumental de la carne.....	15
pH.....	15
Color.....	19
Capacidad de retención de agua (CRA).....	21
Textura.....	23
DFD y PSE	25
Transporte y logística en el transporte de ganado.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Localización.....	30

Sujetos.....	30
Descripción del estudio.....	31
Sistema de transporte convencional.....	32
Sistema de transporte logístico.....	32
Camión.....	33
Espera pre-sacrificio.....	34
Sacrificio.....	34
Bienestar Animal.....	35
Hematología.....	35
Formula leucocitaria – Relación (N/L).....	35
Cortisol plasmático.....	36
Glucosa.....	36
Lactato.....	36
Creatinina Kinasa (CK).....	36
Ácidos grasos no esterificados (NEFA).....	36
Calidad de la canal.....	37
Índice de hematomas.....	37
Evaluación de la calidad de carne.....	37
Determinación del pH.....	38
Determinación del color.....	38
Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA).....	39
Determinación de la textura.....	39
Análisis estadístico.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
CONCLUSIONES.....	58
LITERATURA CITADA.....	59

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Significancia de los componentes del modelo sobre las variables fisiológicas de bienestar animal.....	42
2	Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables que presentaron una interacción significativa, entre efectos principales (Tratamiento x Estación del año).....	43
3	Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables fisiológicas de bienestar animal.....	46
4	Significancia de los componentes del modelo sobre las variables de la calidad de la carne.....	49
5	Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables físico químicas de calidad de la carne.....	54
6	Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables que presentaron una interacción significativa, entre efectos principales (Tratamiento x Estación del año).....	56

RESUMEN

El presente estudio evaluó el impacto de un sistema convencional de transporte (STC; viaje granja-rastro) contra un sistema de transporte logístico (SLT; viaje granja-centro de clasificación CC- rastrero), durante dos épocas del año (verano e invierno) sobre el bienestar animal y calidad de la carne en corderos comerciales. Se emplearon 96 corderos machos raza Rasa Aragonesa, se tomaron muestras bajo diseño factorial (2x2). Las variables evaluadas de estrés fueron: cortisol, lactato, glucosa, NEFA, CK, glóbulos blancos, glóbulos rojos, hemoglobina, hematocrito y relación N/L. Para carne: hematomas, pH, CRA, textura y color (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*). Se observó Interacciones significativas ($P < 0.001$) (tipo de transporte vs estación del año) para cortisol, lactato, glucosa y relación N/L. El tipo de transporte tuvo efecto significativo NEFA ($P < 0.05$) glóbulos blancos y rojos; hemoglobina y hematocrito ($P < 0.001$). Por época del año fueron significativas CK, glóbulos rojos ($P < 0.01$) y hematocrito ($P < 0.05$). Los valores de dureza en la carne, en los dos sistemas de transporte fueron más altos en invierno ($P < 0.05$). Las interacciones entre efectos fijos fueron significativas ($P < 0.001$) en variables de color (a^* , b^* , C^* y h^*), L^* solo presentó un valor significativo ($P < 0.001$) bajo el STC. Se concluye que corderos manejados bajo el STL presentaron mayor efecto de estrés que corderos manejados bajo el STC. Los animales sacrificados en invierno bajo el STL presentaron características de carne oscura.

Palabras clave: Transporte y logística; Bienestar animal; Calidad de la carne; Corderos

ABSTRACT

The present study analyzed the effects of the conventional transport system (STC; journey farm-abattoir) versus logistic transport system (SLT; journey farm-Classification Centre-abattoir) on some indicators of welfare and meat quality in commercial light lambs at two different seasons (summer and winter). A total of 96 male lambs of the Rasa Aragonesa breed were sampled in a 2x2 factorial design, testing two different transport systems. The physiological stress response variables measured were cortisol, lactate, glucose, creatinine kinase (CK), non esterified fatty acid (NEFA), white blood cells (WBC), red blood cells (RBC), haematocrit and ratio of neutrophil:lymphocytes (N/L). The meat quality response variables measured were pH₂₄, bruising score, water holding capacity (WHC), color (L*, a*, b*, C*, h*), and texture. Significant interaction effect ($P \leq 0.001$), between transport system and season was observed for cortisol, lactate, glucose and N/L ratio. The transport system had a significant effect on NEFA ($P < 0.05$), white and red blood cells, hemoglobin and hematocrit levels ($P < 0.001$). Season had a significant effect on CK, red blood cells ($P < 0.01$) and hematocrit ($P < 0.05$). Meat from STL lambs had some dark-cutting characteristics, with a darker color, higher ultimate pH, and higher tenderness values than STC lambs. In conclusion, lambs transported in STL system had a more intense stress response and poorer meat quality than lambs transported at STC system. An effort to improve the logistics associated with route planning is necessary to prevent welfare problems during transport to slaughter.

Keywords: Transport and logistics; Animal welfare; Meat quality; Lambs.

INTRODUCCIÓN

El bienestar animal se puede definir, como la habilidad inclusiva que tiene un individuo en relación a los mecanismos biológicos que utiliza para enfrentar los desafíos del ambiente (Broom, 1986). Este estado positivo puede ser aceptable cuando las necesidades nutricionales, ambientales, de salud, conductuales y los estados mentales sean satisfechas (Mellor y Stafford, 2004). En muchos países desarrollados y especialmente en Europa, los consumidores están altamente interesados en el bienestar animal, especialmente en los sistemas de producción animal y comercialización como un atributo más de calidad del producto (María, 2006).

En la Comunidad Autónoma de Aragón (España), los sistemas extensivos de corte tradicional han evolucionado drásticamente en los últimos años, hacia un sistema intensivo de producción de carne de corderos ligeros bajo la Marca de calidad de Indicación Geográfica Protegida tipo Ternasco de Aragón. En la actualidad ganaderos y empresas, han establecido una nueva etapa en el sistema de producción, llamados Centros de Clasificación y cebo (CC) (Miranda de la Lama, 2010), donde los corderos se clasifican por peso adecuado al sacrificio, llegando a provocar la mezcla social de los animales y los dobles transportes, siendo este un evento poco familiar y un factor extrínseco importante, lo que desencadena estrés pre sacrificio y pérdida del bienestar animal (María, 2009), afectando así la calidad de la canal y de la carne teniendo como resultado importantes pérdidas económicas (Manteca, 2004).

En este modelo de producción se observa una tendencia creciente y quizás inevitable, debido a que por los CC, pasa el 40% de todos los corderos faenados en España. Por lo tanto, la cadena productiva de carne ovina se ha tornado más compleja, demandando un elevado nivel logístico, muy superior al sencillo sistema tradicional (Miranda -de la Lama, 2009).

El cambio de sistema extensivo a intensivo, exige el desarrollo de una logística pre-sacrificio eficaz y dinámica que tenga en cuenta las condiciones como son el tipo de carretera, tráfico, clima, transporte y los tiempos de espera pre-sacrificio. Por ello, una cadena logística de transporte es un proceso que se inicia con la carga de los animales en la granja y su transporte a CC, mercados de subasta, granjas de engorda o directamente al rastro, terminando con el depósito de las canales en las cámaras de refrigeración y maduración.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es comparar el efecto de dos sistemas de transporte: un sistema convencional granja-rastro vs sistema logístico granja-centro de clasificación-rastro durante dos épocas del año sobre el bienestar animal y calidad de la carne en corderos comerciales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Bienestar animal

Con la intensificación de la producción ganadera en la posguerra en Europa, el bienestar animal ha tenido un crecimiento paulatino como preocupación social a partir de la década de 1950, como respuesta a la escasez alimentaria después de la segunda guerra mundial. Esta evolución ha tenido un profundo impacto en la agricultura y ganadería, dirigido hacia la maximización de la producción y la alta rentabilidad económica (Vanhonacker et al., 2009). La intensificación ha dado lugar a un cambio radical en las condiciones de vida de los animales de granja, al pasar a la estabulación completa, altas densidades y restricciones de espacio en sus alojamientos. Sin embargo, actualmente la maximización de la producción ya no es el único hilo conductor de la producción animal (Vanhonacker et al., 2008); una serie de características cualitativas en la calidad de los productos, la sostenibilidad de la actividad y el bienestar animal en los sistemas de producción, se han convertido en temas importantes para los consumidores y la opinión pública en general (Sepúlveda et al., 2008).

En 1965, el gobierno del Reino Unido nombró una comisión técnica dirigida por Roger Brambell, para que investigase las condiciones de bienestar de los animales criados en los sistemas intensivos de producción animal. Lo cual, generó un informe que después se conocería como el Informe Brambell y actualmente conocidas como las "Cinco Libertades", que contiene las recomendaciones para el manejo y alojamiento de los animales criados en con-

diciones intensivas (Fraser y Broom, 1990; Broom y Jonson, 1993; Fitzpatrick et al., 2006). Estas libertades son las directrices generales de los actuales códigos de actuación para promover el bienestar animal en la producción ganadera, destinadas a salvaguardar las necesidades fisiológicas y conductuales de los animales (Fitzpatrick et al., 2006). Las “Cinco Libertades” enuncian que todo animal doméstico o cautivo debe estar: 1.- Libre de hambre y sed: tener acceso al agua fresca y una dieta que los mantenga saludables y con vigor. 2.- Libre de agresiones físicas y térmicas: proporcionar un ambiente adecuado, el cual incluye refugio o abrigo y un área confortable para el descanso. 3.- Libre de dolor, lesiones y enfermedades: prevenir, diagnosticar las enfermedades y tratarlas rápidamente. 4.- Libre de expresar comportamientos naturales: proporcionar suficiente espacio, instalaciones apropiadas, además compañía de animales del mismo tipo. 5.- Libre de miedo y estrés: asegurando las condiciones y tratamientos que eviten el sufrimiento mental.

De acuerdo con Moberg y Mench (2000), el abordaje del bienestar animal continúa siendo un tema difícil y demasiado complicado, principalmente a dos problemas que se interrelacionan, cómo son el definir bienestar animal y cómo determinar las mediciones a realizar para lograr una buena cuantificación. Sin embargo, Broom (1999), define el bienestar como el estado de un individuo en relación a los mecanismos biológicos que utiliza para enfrentar cambios en el ambiente, llegando a ser un concepto objetivo y cuantificable, a través de una serie de indicadores biológicos como éxito reproductivo, longevidad, incidencia

de enfermedades, inmunosupresión, anormalidades del comportamiento y respuestas fisiológicas al estrés (Broom y Johnson, 1993).

Otros autores como Chandroo et al. (2004) y Manteca (2004), mencionan que el sufrimiento se basa principalmente, en los estudios de todas las evidencias anatómicas, neurofisiológicas y farmacológicas, que están relacionados en buena medida con los análisis de conciencia y de procesos mentales de los rumiantes, llegando a ser un elemento esencial en cualquier discusión sobre el bienestar animal. En este sentido, uno de los acercamientos más útiles al bienestar animal es responderse dos preguntas fundamentales: ¿qué necesitan los animales? y ¿cuánto nos importa eso?. Combinando los estudios científicos y el correcto reconocimiento de comprensión y necesidades de los animales, hace posible desarrollar los principios básicos, para un aceptable bienestar animal durante su estancia en la granja, durante el transporte, en los lugares de sacrificio y en todas las diferentes etapas (Webster, 2001).

Fisiología del estrés

Walter Cannon en 1914, propuso que los diversos estímulos perjudiciales (estresantes) tales como el dolor, hambre, sed o agentes nocivos causan cambios fisiológicos en el animal llevándolo a un estado patológico. De acuerdo con Von Borell (2001) la respuesta inespecífica del factor estresante, es la liberación de hormonas adrenales, definiéndose como un estado de estrés. Siendo este introducido más tarde en 1935 por Hans Selye, quién define el

estrés como la acción de estímulos nerviosos y emocionales, provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo así cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas, mencionando también que los receptores sensoriales que perciben estos estímulos son principalmente de tipo auditivo, táctil, olfativo y visual (Bustamante, 2001).

De acuerdo con Miranda-de la Lama (2009) el estrés tiene dos mecanismos de respuesta, el primero (simpaticoadrenal, a través del Sistema Nervioso Simpático) y el segundo (adrenocortical, mediada por el eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal). Las dos respuestas pueden llevarse a cabo simultáneamente o de manera independiente, esto de acuerdo a la causa y las experiencias previas del animal.

La resistencia al estrés y la susceptibilidad, se da por una respuesta definitiva provocada por un factor estresor en cualquier tejido y sobre todo dependiendo de la capacidad del animal para hacer frente al estrés y el mecanismo por el cual se mantiene la homeostasis. Siendo que en un estudio se demuestra que algunos animales tienen mecanismos de defensa que son capaces de restaurar el equilibrio fisiológico en el tejido durante el estrés severo, mientras que otros no poseen estos mecanismos y la situación de estrés se vuelve cada vez más grave (Judge, 1969; Young et al., 2004) presentándose finalmente la adaptación o muerte del sujeto (Caballero y Sumano, 1993).

Indicadores fisiológicos de bienestar animal

Las mediciones fisiológicas de estrés son dependientes de la interacción de varios sistemas y algunas respuestas al estrés pueden ser medidas a través de la funcionalidad del sistema primario involucrado (Fazio y Ferlazzo, 2003).

Cortisol plasmático: Es una hormona con presencia constante en todo el organismo y puede traspasar la barrera hematoencefálica. Tiene un papel importante en la medición de la respuesta fisiológica al estrés (Carrasco, 2008). Mantiene la función normal nerviosa, cardíaca, circulatoria y muscular; modula respuestas inmunológicas, y afecta el balance intra y extracelular del agua y minerales (Sapolski et al., 2000). De esta manera casi cualquier tipo de amenaza a la homeostasis o estrés va a causar que los niveles plasmáticos de glucocorticoides tiendan a aumentar. En la mayoría de las especies, los glucocorticoides son liberados dentro de 2 minutos, entonces los efectos de un tratamiento específico se puede medir si la muestra de sangre se recoge en dos minutos tras el inicio del procedimiento de extracción de sangre. Después de un corto período de tiempo, se puede medir en la saliva, aunque las concentraciones son más bajas que en el plasma (Cunha, 2009).

La concentración plasmática de los glucocorticoides sufren variaciones debido al ciclo circadiano (24 horas) que tiene culminación por la mañana y lo opuesto por la tarde en animales diurnos y de manera inversa en animales nocturnos, de tal manera que la magnitud de la respuesta puede variar de acuerdo a la etapa del ciclo (Cunha, 2009). La mayoría de los investigadores lo

siguen usando como principal indicador de estrés, incluso durante el transporte llega a ser una medida predominante, sin embargo, hay limitaciones a depender exclusivamente de esta medida como un indicador del grado de estrés que experimenta un animal (Cockram et al., 2000; Ruiz-de la torre et al., 2001; Brito, 2007).

Glucosa: El aumento en las concentraciones de glucosa plasmática está dado mayormente por glicogenólisis asociada con el aumento de catecolaminas y glucocorticoides los cuales son liberados durante el estrés por transporte, estando vinculados a estados de estrés agudo y crónico, así como también por otros factores estresantes (Doubek et al., 2003; Tadich et al., 2005). De acuerdo con Kannan et al. (2000), se ha reportado que el estrés por transporte, aparte de causar la elevación de las concentraciones de glucosa plasmática, debido a la ruptura del glucógeno hepático, va precedida por una elevación en el cortisol plasmático. Sin embargo en un estudio durante el ayuno, el glucógeno hepático y muscular es degradado aumentando las concentraciones de glucosa circulantes y si es prolongado, estos niveles de glucosa decaen, comenzando la formación de cuerpos cetónicos (Kaneko, 1989). De tal manera, que una depleción en las reservas de glicógeno del músculo esquelético por estrés pre-sacrificio, puede afectar la calidad de la carne (Kannan et al., 2000).

Lactato: Es el producto final del proceso metabólico de la glucólisis (Gregory, 2007), de tal manera que el ejercicio físico severo de los animales, aumenta los niveles circulantes de adrenalina, que degrada el glucógeno muscular, aumentando así los niveles plasmáticos de lactato durante la glicolisis

anaeróbica; esta alta producción de lactato se refleja en el músculo y en sangre, y de igual forma llega a ser un marcador útil del metabolismo de los carbohidratos (Nogueira et al., 2002; Bond et al. 2004; Gregory, 2007).

Enzima creatinina kinasa (CK): Es una enzima en el músculo esquelético que es liberada en el plasma en respuesta al daño y el estrés muscular (Kannan et al., 2000). Según Cockram y Cortey (1991), un aumento en los valores plasmáticos de CK podría deberse a diferentes causas, como al ayuno, ejercicio, manipulación y las catecolaminas que aumentan durante el transporte, que tendrían su mayor actividad durante el momento del noqueo y sacrificio. Sin embargo, Miranda-de la Lama et al. (2010a, 2011), menciona que cuando los rumiantes son expuestos a altas temperaturas ambientales, rutas de transporte sin pavimentar y ejercicio violento, llega a existir un aumento de CK, es claro que si bien no es una medida directa de estrés, puede ser de particular importancia en la evaluación del bienestar animal (Tarrant y Grandin, 2000; Averós et al., 2008).

Además durante el transporte por varias horas, llega a ser un factor de gran demanda física; donde los animales deben mantenerse equilibrados y el contacto entre ellos produce fatiga y contusiones, afectando la permeabilidad de las membranas y por consiguiente la liberación de la enzima CK en la sangre (Tadich et al., 2005), por lo que se ha reportado, que el aumento de CK sérica es un marcador cuantificable, llegando a ser un marcador semicuantificable, reversible e irreversible de daño muscular, por lo tanto a mayor aumento de CK sérica, mayor es el daño muscular (Kramer y Hoffmann, 1997).

Ácidos grasos no esterificados (NEFA): Las concentraciones de ácidos grasos no esterificados en plasma, son indicadores por ejemplo, cuando el animal se encuentra en estrés, bajo temperaturas muy extremas, durante el transporte ó incluso en privación de agua y alimento (ayuno prolongado), sus reservas corporales actúan como sistema amortiguador, hasta que el animal vuelve a comer y a beber. Las principales reservas corporales son lípidos, y dentro de éstos los triglicéridos (triacilgliceroles). Estos se movilizan degradándose en sus constituyentes básicos, gliceroles y ácidos grasos. Estos últimos se denominan ácidos grasos no esterificados ó ácidos grasos libres, los cuales son transformados en la sangre unidos a proteínas, albúminas principalmente (Kannan et al., 2000; Cañequé y Sañudo, 2005; Tucker et al., 2007).

Hematocrito: El estrés del transporte, el ayuno y la falta de agua (deshidratación), son algunas de las razones por las que esta variable puede elevar su valor y de igual forma se puede usar la concentración total de proteínas, albúminas y cociente entre las albúminas-globulinas (Jarvis et al., 1996; Mitchell et al., 1988). El hematocrito (VGA %), corresponde a un indicador sanguíneo de estrés frecuentemente analizado, llegando a ser el porcentaje de volumen sanguíneo ocupado por células (glóbulos rojos principalmente). Sin embargo, los animales presentan un reservorio de glóbulos rojos en el bazo, que se liberan al torrente, cuando se activa el sistema (simpático-medulo-adrenal) ante una situación de estrés, presentándose un incremento de los parámetros eritrocitarios, estimulando las catecolaminas y por consiguiente la

contracción del bazo, aumentando los eritrocitos circulantes por unidad de volumen (Broom y Johnson, 1993).

Relación neutrófilos linfocitos (N/L): Es un indicador confiable de estrés crónico en los corderos (Miranda-de la Lama et al., 2010a). Estos se encuentran en distintas proporciones y cantidades, formando parte de la base de elaboración del denominado “recuento leucocitario diferencial” o “formula leucocitaria”, estableciendo el estado fisiológico normal; una de las formas de comprobar la intensidad de la variación que sufre la formula leucocitaria es mediante el cociente neutrófilos / linfocitos. La normalización de este índice puede darse alrededor de las 24 horas. Sin embargo los responsables mayoritarios de los cambios hematológicos producidos por el estrés, son los sistemas neuroendocrinos. Puede no llegar a ser una práctica común en los rebaños y a nivel de las granjas ó fincas, debido a los costos que este representa, pero sería importante resaltar las grandes ventajas que ello significa para el bienestar animal (Ramírez, 2007).

Calidad de la carne y bienestar animal

El concepto de calidad, es muy variable en el espacio (país, región y cultura) y el tiempo (época y año), estableciéndose en función de la adecuación de las características del producto, frente a las exigencias del mercado. En la actualidad este concepto ha evolucionado, impulsado diversas certificaciones de calidad como las Denominaciones de Origen, las Denominaciones

Específicas de Calidad, las Marcas de Calidad, la Denominación de Origen Protegida y las Indicaciones Geográficas Protegidas.

La obtención de la canal es el primer paso en el proceso de producción de la carne. De tal manera que las características de la canal tiene una gran importancia desde el punto de vista económico, ya que actualmente, la mayor parte de las transacciones comerciales en el mercado de la carne se realizan sobre la canal. Por ello, es importante buscar un sistema que permita determinar la calidad de las mismas, especialmente cuando los mercados son cada vez más abiertos (Asenjo, 1999). Sin embargo los criterios utilizados para definir y clasificar la calidad de una canal son principalmente el peso, la conformación, el engrasamiento, la proporción de piezas y por último la composición tisular (Díaz, 2001).

Para Bianchi (2007) y Carrasco (2008), existen mediciones *objetivas* como son el peso y largo de la canal, compacidad de la pierna (anchura y largo), forma del musculo *Longissimus dorsi* (profundidad y ancho, entre otros) y *subjetivas* como son la apreciación visual con ayuda de los patrones fotográficos, utilizando escalas de puntuación variable. No obstante para Asenjo (1999), una canal bien conformada es aquella en la que predominan los perfiles convexos sobre los cóncavos, y las medidas de anchura sobre las de longitud.

Determinar la calidad de la canal tiene importancia especialmente en el caso de la carne de cordero, puesto que tras el despiece, las piezas se consumen enteras. La mayoría de las grandes pérdidas en cuanto a la canal se

refiere están centradas en la presencia de hematomas y lesiones, el transporte y su manejo también pueden afectar otros parámetros.

Hematomas: Los hematomas son lesiones producto de un impacto que dañan los tejidos acompañado de rupturas vasculares, pero sin discontinuidad cutánea. Si éstos son severos, determinarán pérdidas económicas directas por reducción en peso de las canales, debido a recortes del tejido contuso y destino limitado de la carne (industrial); además la carne con hematomas es asociada a una pobre calidad (Jago et al., 1996; Knowles, 1999). Por otro lado, desde el punto de vista ético, Jago et al. (1996) señalan que los hematomas implican que hubo un pobre compromiso del bienestar de los animales, ya que son presumiblemente dolorosas y potencialmente estresantes.

Existen distintas opiniones en relación al origen de los hematomas. Jarvis y Cockram (1996), proponen que los principales factores que las originan son: construcciones inadecuadas o en mal estado, interacciones sociales, calidad del manejo de los animales y el tipo de vehículo en el que son transportados (Jago et al., 1997; Knowles, 1998b). Diversos autores han encontrado que durante el transporte los corderos llegan a montarse entre sí produciendo contusiones entre ellos mismos (Knowles, 1998b), la carga y descarga para Burrit (1997) y problemas si la rampa es estable y tiene una superficie de fácil agarre y sin ángulos o esquinas afiladas (Cockrman et al., 2000).

En la venta de ganado ovino, el manejo y transporte adicionales involucrados durante el mercado antes del sacrificio, aumenta el riesgo de

lesiones en comparación con los enviados directamente de la granja al sacrificio, por lo tanto con el menor manejo en corderos obtenidos directamente de predio, en un estudio Jarvis y Cockram (1996); mencionan que se presenta un menor número de hematomas que en aquellos comprados en ferias, sin embargo de igual manera los rastros también pueden contribuir al incremento de los hematomas (Cockram y Lee, 1991; Jarvis y Cockram, 1994, 1996).

Jarvis y Cockmam (1994), mencionan que las ovejas que llegan al rastro, pueden presentar hematomas habitualmente en la espalda, como resultado de la densidad de carga durante el transporte, que puede ser determinante para el bienestar del animal (Warriss et al., 2002). Es probable que altas densidades de carga aumente el agotamiento de los animales, ya que no poseen espacio suficiente para mantener el balance durante el transporte y mucho menos espacio para echarse (Knowles, 1998ab); por ello en caso de caídas es casi imposible que se levanten, siendo pisados por el resto de los animales. Si bien existe una presión comercial por maximizar el número de animales transportados en cada vehículo para reducir costos, existe escasa información publicada sobre densidad de carga usada para el transporte comercial de ovinos (Warriss, 1998; Warriss et al., 2002).

En el Reino Unido, Jarvis y Cockram (1994, 1996) estimaron que el 26% de los ovinos tenía algún grado de hematomas. De acuerdo a Tarumán y Gallo (2008), observaron que el tiempo de viaje y distancia recorrida tenían una relación directa con el aumento de hematomas; así en el tramo más corto (hasta 99 km) el porcentaje de hematomas encontrado fue de 6.1%, en cambio

en el tramo más largo (300 a 399km) fue de un 8.1%, en Chile un 7.5% de hematomas en el total de las canales, de las cuales 4.5% correspondió a hematomas de grado 1 (afectan sólo tejido subcutáneo), un 3% de grado 2 (afectan también músculo), además reportaron que la mayoría de las lesiones fueron en el lomo concentrando un 51.03% de los hematomas.

Calidad instrumental de la carne

La presencia de hematomas y el pH elevado afectan negativamente la presentación de las canales, disminuyendo su vida útil, además de que ambos problemas llegan a reflejar un pobre bienestar de los animales previos al sacrificio (Herrera, 2008).

pH: Es una de las principales características que determinan la calidad del producto y está influida por muchos factores que interactúan entre sí determinando la velocidad de descenso y el pH final. Por lo tanto este rasgo es el factor principal para determinar las características *organolépticas* como son el color, olor y terneza de la carne, además de que afecta la CRA (jugosidad) de la carne (Bianchi, 2007), y sin embargo también señalar el *flavor* que es el conjunto de impresiones olfativas y gustativas al momento de consumir la carne, debido a la presencia de compuestos volátiles (olor) y solubles (gusto). Siendo el proceso que se inicia instantes antes de la introducción del bocado en la boca y que persiste durante la masticación y aún luego de la deglución; interactuando con las restantes características organolépticas en particular la

jugosidad y textura, llegando a conformar la aceptación sensorial del consumidor (Sañudo, 1992a).

El pH es una de las características de calidad de la carne más importante ya que afecta directamente a la estabilidad y propiedades de las proteínas, y de su valor final (medido generalmente a 24 hr post-mortem) dependiendo prácticamente todos los atributos importantes de calidad de la carne, como son la capacidad de retención de agua (textura) y color (Díaz, 2001). A diferencia de que uno de los cambios post mortem más relevantes que acontecen en el músculo es durante su conversión a carne, cuando el animal vivo tiene un pH de 7.0, disminuyendo este una vez tras el sacrificio del animal, hasta valores de entre 5.5 y 5.7. Esto ocurre porque posterior a la muerte del animal, mediante los mecanismos bioquímicos, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo obteniéndose la degradación del glucógeno, transformándose en ácido láctico muscular, llegando a generar un descenso del pH muscular, siendo este un proceso beneficioso para la conservación de la carne y para procesos tales como el curado y el envasado al vacío (Forrest et al., 1979; Warris, 2003).

De acuerdo a Díaz (2001), el pH último, está correlacionado negativamente con la actividad ATPasa miofibrilar y tiene poca relación con el potencial glucolítico, siendo la evolución del pH muy útil para conocer el estado en que se encuentra el músculo en la fase entre el sacrificio y la instauración del *rigor mortis*. La caída del pH también dependerá a su vez del tipo de fibras

predominantes y de la actividad muscular antes del sacrificio. Siendo que los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de 5.5 mientras que si existe una mayor cantidad de fibras de contracción lenta (rojas) que el pH no baja de 6.3. Así mismo, los músculos del animal que más trabajo desarrollan en el período previo al sacrificio son los que presentan un pH más elevado postmortem.

Una limitada caída de pH es causada por estímulos tales como condiciones de estrés, frío, enfermedad, calor, ruido, movimientos bruscos, olores nuevos, privación de agua y alimento, instalaciones inadecuadas, tiempos prolongados de espera, ruptura de grupos sociales establecidos y por último la agrupación de animales de distinta procedencia; obteniendo unas canales con carne oscura y potencialmente dura, debido a los cambios que se mencionan anteriormente (incremento del consumo de energía que utiliza el musculo y a la disminución de la cantidad de glucógeno disponible para la producción de ácido láctico después del sacrificio) haciendo referencia al pH una forma clara y muy importante en carne de cerdo y bovino donde a partir de su valor, pueden producirse las carnes PSE y DFD; siendo también útil para cuantificar el nivel de reserva energética en el musculo y permitir valorar cómo ha sido tratado el animal antes del sacrificio (Ramírez, 2004; Díaz, 2001; Zimmerman, 2008).

Concordando con lo señalado por Jansen (2001), el pH es una de las principales medidas utilizadas para monitorear la calidad de la carne. Sin embargo existen varios estudios que indican que el pH final de la carne (medida

de glicólisis) es afectado por la nutrición (Devine et al., 1993), el estrés pre-sacrificio (Devine et al., 1993; Sañudo et al., 1998; Bond et al., 2004), el tipo y tiempo de transporte, densidad de carga, la duración y condiciones del reposo (Petersen, 1983), el tipo de insensibilización, el uso de estimulación eléctrica (Velarde et al., 2003; Vergara y Gallego, 2000) y por último la temperatura de refrigeración (McGeehin et al., 2001).

Se sabe que el manejo pre-sacrificio posee un efecto negativo sobre el pH final (Devine et al., 2006; Watanabe et al., 1996), asociado principalmente a la acción de agentes estresantes sobre la concentración del glucógeno muscular, lo que impide una maduración completa de la carne. Si bien, no existe un pH estandarizado formalmente que describa calidad de carne en corderos. Watanabe et al. (1996), categorizan el pH en canales de corderos diferenciando éste en tres categorías: baja (menor a 5.8), intermedia (5.8 a 6.3) y alta (mayor a 6.3). Sólo cuando el pH final es suficientemente alto como para generar carne oscura o características indeseables para el envasado al vacío, es que se considera un problema y se generan soluciones para reducir su incidencia (Devine et al., 1993).

En Chile, Pantanalli (2008), registró algunos valores para pH según la distancia que recorren los corderos, para distancias superiores a 230 km (mayor a 8 horas de viaje) se registran valores pHs de 5.71 ± 0.16 en promedio y para viajes con distancias inferiores a 62 km (menor a 2.5 horas de viaje) valores de 5.76 ± 0.16 . En el caso de aquellos corderos que esperan más de 12 horas en corrales previo a la faena se registran valores de pH de 5.74 ± 0.16 en

promedio y valores de 5.72 ± 0.16 cuando esperan un tiempo menor o igual a 12 horas. La falta de efecto sobre el pH final puede ocurrir cuando el transporte es sólo un estrés leve y los animales están en buenas condiciones. La relación entre el contenido inicial de glucógeno muscular y el pH final sólo es lineal en niveles muy bajos de glucógeno. Así, los niveles de glucógeno no disminuyen lo suficiente como para tener un efecto sustancial sobre el pH final, especialmente cuando los animales son capaces de recuperarse durante la estabulación (María et al., 2003).

Depetris y Santini (2005), indican que las características organolépticas de la carne están particularmente influenciadas por la tasa de descenso del pH y el pH final que alcance la carne. Estos mismos autores señalan que la velocidad e intensidad con que el pH desciende luego del sacrificio están principalmente determinadas por la cantidad de ácido láctico que pueda acumularse a partir de la fermentación del glucógeno muscular. Según Watanabe et al. (1996) y Devine et al. (2006), los valores de pH considerados como normales en corderos son de hasta 5.8. Así se registra en promedio un pH de 5.59 para lomo y de 5.62 para pierna (Pilidori et al., 1999; Cañequé et al., 2004).

Color: La CIE (Commission International de l'Eclairage) define el color percibido como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos. Este color no depende sólo del color físico del estímulo sino también de su tamaño, forma, estructura y estímulos que le rodean, aparte del estado del sistema visual del observador y

de su experiencia en situaciones de observación semejantes o relacionadas (Cañeque y Sañudo, 2005).

Para Hulot (1999), el color depende del tipo de músculo (tipo de actividad) y de la concentración de mioglobina que contenga este, además del estado de oxidación del átomo de hierro del grupo hemo. En cambio no solamente es importante el contenido de mioglobina, sino que también el estado químico en que se encuentre. Por ejemplo en la carne fresca, la mioglobina se puede presentar en tres formas básicas: *mioglobina reducida* (color rojo-púrpura) en el interior de la carne y que se puede apreciar en la carne recién cortada; *oximioglobina* (color rojo-cereza) formándose cuando la mioglobina entra en contacto con el oxígeno del aire; y por último la *metamioglobina* (color parduzco) que se forma tras la oxidación prolongada de las anteriores (Asenjo, 1999). Sin embargo, el contenido del pigmento mioglobina es intrínseco en el músculo, dependiendo de los factores de producción primarios, tales como especie, raza, edad, tipo de músculo y el grado de nutrición. Sin embargo el periodo ante-mortem, el proceso de sacrificio y las etapas subsecuentes, afectan el color, por la influencia de la velocidad de caída del pH y la disminución de la temperatura. También durante el almacenamiento, distribución y venta el proceso de oxigenación y oxidación de la mioglobina se llega a afectar el color (Honikel, 1998).

Actualmente, para la identificación exacta de un color, existen instrumentos que le atribuyen valores numéricos los cuales hacen objetiva esta propiedad. La *Commission Internationale de l' Eclairage* (CIE) de 1976

recomienda para evaluar el color, dos escalas de color alternativas y uniformes: CIE, 1976 ($L^* a^* b^*$) ó CIELAB y la CIE, 1976 ($L^* u^* v^*$) ó CIELUV. (Ramirez, 2004). Este método para Asenjo (1999), presenta gran similitud con la uniformidad visual humana, donde las distancias equitativas en el sistema representan aproximadamente las distintas equitativas visuales.

*La coordenada L^** es la más relacionada con la valoración visual del consumidor (Murray, 1989). Siendo el valor de la claridad ya definido 0 (negro); 100 (blanco); *La coordenada a^** (rojo > 0 y verde < 0) que está relacionada con el contenido de mioglobina; *La coordenada b^** (amarillo > 0 y azul < 0) ha sido relacionada con los distintos estados de la mioglobina (Díaz, 2001; Cañeque y Sañudo, 2005).

Según Sañudo et al. (1992) existe una clara influencia del genotipo sobre el color de la carne en los corderos de tipo ternasco de las razas Rasa Aragonesa, Ojinegra de Teruel, Roya Bilbilitana y el cruce de Fleischschaf x Rasa Aragonesa, reportando diferencias tanto en las variables físicas de color L^* , a^* y b^* como en la cantidad de pigmentos, siendo la carne de la raza Rasa Aragonesa la más clara y la que presentó menor contenido en pigmento hemínico (2.49, 3.04, 2.79, 2.85 mg/g de carne fresca, respectivamente; $p \leq 0.01$).

Capacidad de retención de agua (CRA): Es la capacidad que tiene la carne para retener agua cuando se somete a factores externos como: corte, presión y temperatura, entre otros. Cuando se aplica cualquiera de las

condiciones anteriores, la carne sufre pérdidas de humedad debido principalmente al agua libre de su estructura. La carne cruda de los mamíferos inmediatamente después del sacrificio contiene, por término medio, un 75% de agua, porcentaje que varía con la especie de procedencia y el músculo que se considere (Lawrie, 1998). La CRA, es una propiedad de gran importancia en la calidad de la carne debido a que sufre cambios antes, durante y después de la cocción, (Ramírez, 2004). Teniendo en cuenta que también los músculos que pierden agua con facilidad llegan a ser más secos, presentando pérdidas de peso durante la refrigeración, almacenamiento, transporte y comercialización. De acuerdo con Sañudo (1992), la CRA es un parámetro físico-químico con capacidad de la carne para retener agua que ella misma contiene durante la aplicación de fuerzas extrañas tales como cortes, calentamiento, trituración y prensado, lo cual tiene gran interés durante su conservación, fileteado, concina y transformación.

Hamm (1986), propone cuatro maneras de medir la CRA en la carne como: pérdidas por goteo (*drip loss*), determinadas por la formación de un exudado sobre la carne, sin aplicación de fuerzas externas; pérdidas por descongelación (*thawing loss*), que originan un exudado sobre la carne, tras su congelación y descongelación, sin aplicación de fuerzas externas; pérdidas por cocinado (*cooking loss*), fluidos liberados tras el calentamiento de la carne sin aplicación de fuerzas externas tales como la centrifugación o la presión y jugo exprimible (*expressible juice*), de la carne no calentada (incluso de la

descongelada), mediante aplicación de fuerzas externas originadas por métodos de compresión, centrifugación o succión (Cañequé y Sañudo, 2005).

Díaz (2001), menciona que el parámetro de calidad más afectado por la CRA es la jugosidad; siendo relaciona con la cantidad de agua en el momento del consumo, donde se distinguen dos estadios. Primero la jugosidad inicial, que produce sensación de humedad en las primeras masticaciones, debida a la liberación rápida del jugo de la carne; en segundo lugar aparece una jugosidad continuada, mantenida o sostenida, la cual está determinada por la cantidad de grasa presente. La grasa de la carne estimula la secreción salival por lo que los animales con mayor engrasamiento presentan una carne más jugosa. Esto se podría explicar por el efecto que la grasa intramuscular ejerce sobre la microestructura de la carne, permitiendo la retención de una mayor cantidad de agua. Asimismo, cuanto más tierna es la carne, se liberan más rápidamente los jugos durante la masticación y es mayor la sensación de jugosidad que se produce.

Textura: Es un método instrumental de corte o cizalla mediante la célula de Warner-Bratzler, universalmente muy utilizado, para valorar la terneza de la carne. Este mide la fuerza necesaria para cortar un cilindro de carne de 1 cm de diámetro con una cuchilla de borde romo, sobre la que se coloca la muestra de carne, y así deslizándose la cizalla a una velocidad constante y perpendicular a las fibras musculares, midiéndose la fuerza ejercida con un dinamómetro de resorte. Cuanto mayor es la fuerza, más dura es la carne (Cañequé y Sañudo, 2005; Sañudo, 1992). Sin embargo para Bourne (1982), es una prueba empírica

utilizada ampliamente para medir la terneza de la carne y productos cárnicos, interviniendo fuerzas de tensión, corte y compresión. En términos de estructura su interpretación es compleja, ya que reflejan la suma de todas las fuerzas aplicadas, pero estas no se distribuyen de manera uniforme entre todos los componentes de la carne.

A nivel de sacrificio y post-sacrificio la estimulación eléctrica, la instauración del *rigor mortis*, el pH, las condiciones del enfriamiento, la posición de suspensión de las canales y, fundamentalmente, el tiempo de maduración, tienen o pueden tener importantes efectos sobre la terneza de la carne ya sea en forma independiente o interaccionando entre ellos (Bianchi, 2005). De acuerdo a varios autores (Poste et al., 1993; Honikel, 1998) el ensayo de WB puede proporcionar información sobre las propiedades de textura debidas a los dos componentes estructurales de la carne, los miofibrilares y los del tejido conectivo, los cuales depende también de la orientación de las fibras.

Wheeler et al. (1994) midieron la fuerza máxima en el musculo *Longissimus* de cordero a diferentes tiempos. La fuerza máxima a las 24 post-mortem fue de 7.85 kg y después de 14 días de maduración alcanzó los 2.79 kg, por lo que concluyeron que la dureza del *Longissimus* de cordero se debía a la longitud del sarcómero (longitud del sarcómero a 1 día post-mortem=1.70 μ m; y a las 14 días post-mortem=1.83 μ m).

Carne DFD y PSE

Las carnes PSE (pale, soft, exudatives, por sus siglas en inglés) y DFD (dark, firm, dry, por sus siglas en inglés) son los dos principales problemas de calidad con los que se encuentra la industria cárnica. El defecto PSE afecta a los cerdos (aunque también se ha descrito en carne de pavo), mientras que la carne DFD está presente en todas las especies, pero principalmente en vacuno. Estos dos nombres (PSE y DFD), describen las características físicas que presentan los músculos cuando se comparan con las carnes normales. Si bien no están del todo definidos los valores de las medidas objetivas de dichas características, en general estas carnes se definen por el valor de pH en momentos determinados. Siendo de esta manera que la PSE es aquella que posee un pH inferior a 6.0 en los primeros 45 minutos postmortem, mientras que la DFD es la que posee un pH igual o superior a 6.0 después de las 12-48 hr postmortem, dependiendo de cada especie (Zimmerman, 2008).

La depleción del glucógeno muscular antes de la muerte del animal, da origen a una carne más oscura y con un pH más alto de lo normal (Knowles, 1998b; Immonen et al., 2000). Entonces confirmando con Zimmerman (2008), las reservas de glucógeno se agotan debido a que los animales sufrieron estrés con una intensidad sostenida durante un periodo largo, por consecuencia la acidificación postmortem será limitada ya que no habrá glucógeno muscular disponible para transformarse en ácido láctico, por lo tanto el pH no descenderá hasta los valores normales, resultando un pH mayor a 6.0. Sin embargo Consigli (2009) menciona que este tipo de carne es la que proviene de un

animal, que ha sufrido estrés previo al sacrificio, lesionado, enfermo, maltratado (golpes, gritos, perros, palos, chicharra eléctrica, empujones, entre otros) o incluso hacinamiento en los camiones.

De acuerdo con Díaz (2001) la carne (DFD) tiene alta capacidad de retención de agua, con aspecto seco en su superficie y consistencia firme y pegajosa al tacto, siendo la luz es absorbida por la estructura ordenada y traslúcida de las fibras musculares, tiende a ser baja la reflexión y al final como resultado las superficies aparecen oscuras. Estos cambios no le hacen perder a la carne su aptitud para el consumo humano, pero si acortan su durabilidad, ya que el pH elevado de la carne, favorece el crecimiento bacteriano al no inhibir ni la supervivencia ni la reproducción bacteriana, lo que hace que el producto tenga una vida útil más corta que lo normal (Van de Water et al., 2003) por dos razones fundamentales: porque las bacterias responsables de la alteración se multiplicarán más activamente a esos valores de pH y porque al no disponer de glucosa, metabolizarán como fuente de energía los compuestos nitrogenados no proteicos de la carne, originando desde un primer momento aromas de alteración desagradables (Cañeque y Sañudo, 2005).

En un estudio Watanabe et al. (1996), diferencian en canales de corderos tres categorías de pH: baja (menores a 5.8), intermedia (5.8 a 6.3) y alta (mayores a 6.3). Sin embargo la incidencia de carne DFD que se ha reportado en el Reino Unido es de 10%; mientras que en los Estados Unidos ha sido del 4% (Warris, 2003). En España, se han encontrado mejoras en la cadena de transporte ya que la incidencia de carne DFD ha sido en promedio del 5 al 8%

(Villarroel et al., 2001). Sin embargo en la ciudad de Mexicali, en ganado vacuno se ha presentado un 8.15% en invierno y un 14.94% en verano (Pérez et al., 2006). Siendo que la importancia sobre la presencia de carne DFD radica en las pérdidas económicas que tiene el productor por esta condición.

Transporte y logística en el transporte de ganado

La gestión de una cadena de suministros, controla una serie de procesos involucrados en la obtención de un producto, este sistema contempla a todos los componentes de la cadena en su magnitud y gestiona la cadena en su conjunto, consiguiendo la absoluta implicación de todos los componentes de la misma. Cuando llegamos hablar de una cadena convencional en la industria cárnica de ovinos, cada país tiene sus particularidades conforme a las condiciones geográficas, el volumen productivo y la demanda para comercializar, la cual consiste en diversas fases de producción como son la primaria (cría y engorda), pre-sacrificio y sacrificio, transformación, distribución y venta al menudeo. En este sentido el transporte es parte de una serie de eventos importantes, requeridos para llevar al animal, desde la granja al sacrificio, lo cual se llega a denominar manejo pre-sacrificio o ante-mortem (Miranda-de la Lama, 2010).

Existen diferentes tipos de transporte a nivel comercial, como son el marítimo, el ferroviario y el aéreo, señalando que casi su totalidad se realiza en camiones por carretera (INTEROVIC, 2003). En España se movilizan anualmente por carretera aproximadamente 70 millones de cabezas de ganado.

Esta actividad estratégica para la industria de la carne requiere de una gran planificación e infraestructura (Miranda-de la Lama, 2010). En este sentido, el transporte por carretera es un factor importante económicamente ya que puede causar en los animales estrés físico, mental y fisiológico (Knowles, 1998a), como también efectos negativos en la salud, determinando finalmente si el impacto es menor o mayor sobre el bienestar animal y calidad del producto final (Von Borell, 2001). Según Knowles (1999) en una carretera con condiciones adversas, puede causar estrés en el animal, presentar hematomas o incluso la muerte. De acuerdo con Miranda-de la Lama (2011), el tipo de camino, afecta los niveles de vibración, que a su vez afecta directamente el bienestar, por lo cual para mejorar el bienestar animal y la calidad de la carne, se requiere el desarrollo de nuevos métodos, en particular con respecto a la planificación del viaje. No obstante todos los problemas relacionados con el bienestar animal son heterogéneos, existiendo diversos problemas a nivel mundial, tales como, largas distancias, sacrificio, pre-sacrificio, suministros de alimentos adecuados, manejo de animales y transporte (FAO, 2008).

La Organización Mundial de Sanidad Animal (2006) ha adoptado nuevas normas para la protección de los animales durante el transporte, recomendando que el transporte debe ser mantenido con un espacio donde los animales puedan descansar, teniendo en cuenta el clima, la ventilación de los vehículos (Cunha, 2009), el número total de viajes, la duración de los viajes que puede variar entre las especies y los sistemas locales de producción (María, 2008; Miranda-de la lama et al., 2010b). En un estudio realizado por Miranda-de la

Lama et al., (2011) reportó, que cuando los corderos eran transportados por carreteras sin pavimentar, existía una mayor respuesta de estrés en comparación a los corderos transportados por carreteras pavimentadas, y es importante resaltar, que cuando son transportados, siempre estarán expuestos a un gran número de factores que pueden comprometer seriamente su bienestar y calidad de la carne (Cockram, 2007).

De acuerdo a Knowles et al. (1994) y Miranda-de la Lama (2010), los puntos intermedios durante el transporte (mercados de subastas y centros de clasificación) entre la granja de origen y el sacrificio, contribuyen un manejo mayor, aumentando el riesgo de lesiones, hematomas y afectando directamente la calidad de la carne, en comparación con los ovinos que son enviados directamente de la granja al sacrificio (sistema convencional). En los últimos años en España, se observa un cambio en los sistemas de producción de carne de cordero, hacia una mayor intensificación con la aparición de los centros de clasificación y engorda (CC) interpuestos entre los ganaderos y el rastro, no obstante existen razones comerciales y productivas por lo cual son útiles por que incluyen la simplificación de la gestión de las explotaciones, la escasez de mano de obra especializada y por último la normalización de los productos (Miranda-de la Lama et al., 2009a). Sin embargo en la actualidad, ningún sistema eficaz ha sido desarrollado para sincronizar bien el transporte de los animales al sacrificio. Esto es en parte porque la evaluación del desempeño de una cadena, requiere un estudio detallado de todas las actividades involucradas y su interacción (Miranda-de la Lama et al., 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio de transporte se realizó durante el mes de febrero (Invierno) y Junio (Verano) del 2010, en la Provincia de Zaragoza, Comunidad Autónoma de Aragón, España. La comunidad Autónoma de Aragón se caracteriza por tener un clima mediterráneo – continental seco, con lluvias irregulares, un gran rango de temperaturas y vientos fuertes, especialmente a lo largo de la depresión del Ebro. Las granjas y el Centro de Clasificación y engorda (CE) de este estudio provienen de un área caracterizada por un clima semiárido con una precipitación anual media de 340mm y un promedio anual de temperatura 14.7°C. Esta región tiene una de las más extremas temperaturas en España como consecuencia de su posición continental, lejos de las costas del Atlántico y el Mediterráneo. Las estaciones son muy marcadas, con veranos calurosos y secos (media de máximas: 28°C, media de mínimas: 15°C) y ligeramente húmedo y frío invierno (media de máximas: 11°C, media de mínimas: 3°C), con una gran amplitud térmica.

Sujetos

Se emplearon un total de 96 corderos machos de raza Rasa Aragonesa provenientes de granjas asociadas a la Cooperativa Oviaragon Pastores con una edad aproximada de 100 días y un peso promedio de 25 kg (peso canal fría de 12.512.5 kg±1.64). La alimentación en las granjas de origen se basó en la disposición ad libitum de agua, paja y un concentrado comercial de la Coopera-

tiva (Ovirum Alta Energía ®) elaborado a base de cebada, maíz, turto de soja, trigo, grasas vegetales, melaza de caña de azúcar, carbonato cálcico, cloruro sódico y un corrector vitamínico mineral. Todos los animales fueron criados, transportados y sacrificados, de acuerdo a las normativas vigentes por el Comité de Ética de Experimentación Animal de la Universidad de Zaragoza y la Comunidad Europea (European Commission, 1986).

Descripción del estudio

Se compararon dos sistemas o cadenas de transporte que forman parte del los actuales sistemas de distribución de carne ovina en España, que para efectos de este trabajo serán identificados como sistema de transporte de la cadena logística (STL) y el sistema de transporte convencional (STC). El STC está basado en el transporte desde la granja al rastro sin puntos intermedios y depende absolutamente del criterio del granjero que es el que decide que animales se van al sacrificio de acuerdo al peso comercial ideal (25 kg peso vivo). El STL, contempla el transporte de los animales a una estructura intermedia entre la granja y el rastro, llamada centro de clasificación y cebo (CE). El cual tiene como función clasificar a los animales por pesos para ser sacrificados al día siguiente o engordarlos por periodos variables para que alcancen el peso comercial ideal (25 kg peso vivo).

Para analizar el efectos de dos sistemas de transporte y la estación del año sobre los indicadores fisiológicos de bienestar animal y de calidad de la carne, se diseño un experimento bajo un modelo factorial (2 x 2 x 2), que

incluyó los efectos del tipo de transporte (STL, STC), la época del año (verano, invierno) y dos repeticiones por estación (verano e invierno). Cada grupo muestreado constó de 12 corderos, aunque era parte de lotes más grandes (30 a 40 corderos), a fin de crear una situación comercial. Los tratamientos fueron:

Sistema de transporte convencional (STC): En este tratamiento, se utilizaron un total de 48 corderos distribuidos en dos viajes por época del año (verano e invierno), totalizando cuatro viajes (12 corderos por viaje). Los viajes de cada época del año se realizaron con una diferencia entre uno y otro, de una semana. La granja asociada de donde provenían los animales, está ubicada en la provincia de Zaragoza a una distancia de 160 Km del rastro Mercazaragoza, con un tiempo aproximado de viaje de tres horas. La ruta siempre fue la misma, en carretera asfaltada, el mismo conductor y el mismo camión.

Sistema de transporte de la cadena logística (STL): Para este tratamiento se utilizaron un total de 48 corderos distribuidos en dos viajes por época del año (verano e invierno), totalizando cuatro viajes (12 corderos por viaje). Los viajes de cada época del año se realizaron con una diferencia entre uno y otro, de una semana. Las granjas asociadas de donde provenían los animales, están ubicadas en la provincia de Zaragoza a una distancia de 100 Km del centro de clasificación y cebo (CE), con un tiempo aproximado de viaje de dos horas. En este centro se clasificaron los corderos por peso y fueron vueltos a cargar, para viajar a una distancia de 70 Km hacia el rastro de Mercazaragoza, con un tiempo de viaje de una hora. La ruta siempre fue la misma, en carretera asfaltada, el mismo conductor y el mismo camión.

El Centro de Clasificación y cebo (CE) está compuesto de cuatro naves comunicadas entre si y cuenta con una área de embarque y desembarque de ganado, un molinete de clasificado controlado por computadora, con una manga de manejo provista de báscula y cinco corraletas para animales clasificados, según su peso a la llegada. El CE tiene una capacidad instalada para la recepción temporal y/o cebo de 5.080 corderos, aproximadamente. Cuenta con 152 corrales de cebo, de las cuales 127 son para cebo y 25 destinados al acopio y manejo de los corderos que llegan de las granjas. Cada corraleta de cebo tiene capacidad para alojar a 40 corderos, contando con 6 metros de frente, por 3 metros de profundidad, con una superficie total de 18 m². Calculando para cada individuo un espacio de aproximadamente 0.45 m². El piso es de cemento con cama de paja de cereal, que se renueva con la llegada de un nuevo grupo. Las naves tienen ventiladores de aire y extractores que permiten mantener bajos niveles de amoniaco en el micro ambiente. El CE cuenta con un Médico Veterinario para el monitoreo de la salud de los corderos.

Camión: Para los dos tratamientos se utilizó un camión marca MAN ®, modelo 2001, TGA 18.350 de dos ejes, con capacidad de 18 toneladas, con una carrocería (hierro y aluminio) de carga para ganado ovino FARO ® de 7 metros de largo por 2.50 metros de ancho. Con tres niveles y cada uno de ellos dividido en 8 secciones. La superficie de carga por piso es de 17.50 m². Dando una superficie total de carga de 52.50 m² y 24 secciones. La carrocería cuenta con ocho extractores de aire de cada lado (16 en total) y posee una rampa de carga y ascensor hidráulico. La densidad de carga de los corderos del estudio fue de

0.32 m² de acuerdo a las recomendaciones de la Comunidad Europea (European Commission, 2006). En cada uno de los ocho viajes se colocaron tres dispositivos electrónicos *data logger* (Testo®), que registraban cada cinco minutos la temperatura ambiental. Cada dispositivo se ubico en la parte media y trasera del camión, la temperatura fue medida en grados centígrados.

Espera pre-sacrificio: A la llegada al rastro de Mercazaragoza (homologado por la Unión Europea) los animales (STC y STL), fueron descargados usando un carnero castrado guía (técnica judas), para eficientar el tiempo de descarga y conducir a los animales al área de espera pre-sacrificio donde se les asigno un corral con cama de paja y acceso de agua ad libitum. Esta área cuenta con extractores de aire y pisos de cemento antideslizante. Posteriormente se colocó un dispositivo electrónico *data logger* (Testo®), que registraba cada cinco minutos la temperatura ambiental del corral. La espera pre-sacrificio fue de 12 horas de acuerdo a la normativa europea. Al final de esta espera los animales fueron movilizados nuevamente con el carnero guía hacia un pasillo dotado al final de una manga inmovilizante que transporta a cada cordero hasta el área de aturdimiento.

Sacrificio: El método de aturdimiento utilizado fue el de pinza (Stock) de dos electrodos con sistema de eyección de agua integrado. Los electrodos fueron colocados entre el ojo y la base del pabellón auricular, en ese momento la pinza mojaba el área para reducir la resistencia del circuito y mejorar la efectividad del aturdimiento. Posteriormente se activaba el gatillo de corriente de 300 V durante 3 segundos y con una intensidad 1.2 A. Tras el aturdimiento

se seccionaba la arteria carótida y yugular para el desangrado en posición vertical, y ser izados e integrarlos al riel automatizado, para agilizar el proceso de obtención de la canal.

Bienestar animal

Para la evaluación de los indicadores fisiológicos de bienestar animal después del degüello, se tomó a cada cordero dos muestras de sangre, la primera con un tubo de 10 ml con EDTA-K3 15% (BD Vacutainer system TM) y la segunda con un tubo sin ningún aditivo (BD Vacutainer system TM). Las muestras sanguíneas se mantuvieron en frío durante 2 horas hasta la llegada al laboratorio, para realizar las siguientes pruebas:

Hematología: Las determinaciones hematológicas se llevaron a cabo en muestras de sangre con EDTA-K3. Se utilizó un contador automático (Microcellcounter F-800 y Auto dilutor AD-260, ambos de Sysmex TM). En el caso de los eritrocitos y leucocitos se expresaron en número por mm³ y hematocrito en porcentaje (%).

Formula leucocitaria - Relación N/L: Se trabajó con una muestra de sangre con EDTA-K3, se realizaron extensiones sobre portaobjetos limpios para después teñir, para realizar un recuento de leucocitos. Se utilizó el colorante Panóptico Rápido (QCA©) que es un sistema de tinción diferencial de los elementos formes de la sangre. Posteriormente mediante microscopía óptica de inmersión a 1000 X (Axiolabre, Carl Zeiss TM), para realizar el recuento e identificación de 100 leucocitos por muestra. Se contabilizaron neutrófilos,

linfocitos, eosinófilos, basófilos y monocitos. Y después se calculó la relación neutrófilo / linfocitos (N/L).

Cortisol plasmático: Las concentraciones plasmáticas de cortisol se determinaron mediante la técnica de ELISA, utilizando un *“Home-Kit”*. Cada muestra se determinó por duplicado a partir de un volumen de 50 microlitros de plasma y los resultados se expresaron en ng/ml., estableciéndose los controles pertinentes.

Glucosa: Se determinó con muestras de suero, con una técnica de química húmeda mediante un multianalizador (ACE®. Clinical Chemistry System de Alfa Wasserman) utilizando kits comerciales (Glucosa Ref. AE2-17) Los resultados se expresaron en mg/dl.

Lactato: Se utilizaron las muestras de plasma con anticoagulante de fluoruro de oxalato, mediante una técnica de espectrofotometría utilizando un kit comercial de Sigma (Lactate nº 735-10) y su lectura en un espectrofotómetro (Lamda 5, Perkin Elmer).

Creatinina kinasa (CK): En muestras de suero con una técnica de química húmeda mediante un multianalizador (ACE®. Clinical Chemistry System de Alfa Wasserman) utilizando kits comerciales (CK NAC Ref. AE1-13 de Alfa Wasserman). Los resultados fueron expresados en UI/l.

Ácidos grasos no esterificados (NEFA): Se determinaron con muestras de suero, con una técnica de química húmeda mediante un

multinalizador (ACE®. Clinical Chemistry System de Alfa Wasserman) utilizando kits comerciales (NEFAC Ref. 994-75409 de Wako).

Calidad de la canal

La canal fue transportada a través de una cadena por el túnel frío que une al matadero con la planta de la cooperativa Oviaragon-Pastores. Donde una vez llegadas las canales a este punto previamente identificadas con sus etiquetas de plástico, fueron almacenadas en cámara de oreo de entre 3 a 4 °C durante 24 horas.

Índice de hematomas: Para evaluar el impacto del manejo en los corderos durante su movilización en la cadena logística convencional pre-sacrificio, se utilizó la escala de Miranda-de la Lama et al. (2009), para determinar la presencia y la extensión de los hematomas en cuartos delanteros, lomo, costillares y cuartos traseros. Usándose una escala de 3 puntos (de 0 a 3) donde el valor 0 era la ausencia de hematomas, 1 era la presencia de hematomas leves, 2 para lesiones de tamaño medio o poco diseminados y finalmente, el valor 3, para lesiones de gran consideración o extensión.

Evaluación de la calidad de la carne

Se procedió al despiece de la canal y la extracción del lomo (*Longissimus dorsi*). La técnica de despiece que se utilizó fue la sugerida por Vergara y Gallego (2000a), donde se inicia con la separación de la cola por su implante y posteriormente dividida la canal en dos mitades iguales siguiendo el eje

longitudinal marcado por la columna vertebral. Obteniendo la media canal izquierda. Se procedió a obtener el corte completo del *Longissimus dorsi* donde posteriormente en laboratorio se disecciono el lomo (*Longissimus dorsi*), disecándolo lo más cerca posible de las vértebras. Una vez extraído fue cortado en forma perpendicular al eje de las fibras en dos porciones: la craneal que fue destinada para textura y la media que se utilizo para CRA. La maduración fue de tres días en total, realizada 24 horas en la cámara de oreo y 48 horas en refrigerador a 4°C en el laboratorio. Una vez que se concluyó la maduración, cada porción fue empacada en una bolsa de ribitene de uso alimentario y empacada al vacío a -900 mbar con envasadora (Multivac D8941) y se congelaron a -20°C, hasta el momento para realizar las determinaciones instrumentales posteriores.

Determinación del pH: La determinación se realizó al momento del corte transversal de la porción completa del lomo *Longissimus dorsi*, introduciendo el electródo en este, para la obtención de los datos, utilizando un pH-metro portátil PH25 CRISON, S.A. previamente calibrado.

Determinación del color: Al momento del corte transversal de la porción del *Longissimus dorsi* se empleó el método físico basado en la técnica de reflectancia. La determinación se realizó mediante un espectro colorímetro Minolta™ CM 2002. Se analizó el color externo de cada muestra, midiéndose por el sistema CIE L* a* b*, las variables de color L* (luminosidad o claridad) cuyos valores van del blanco (100) al negro (0); a* (índice de rojo) y b* (índice de amarillo). Para estas últimas los valores oscilan entre el rango de – 60 a +

60. Para cada muestra se hicieron tres lecturas colocando la muestra perpendicular al espectrofotómetro y en contacto con éste en tres sitios distintos para evitar los problemas derivados de la dirección de las fibras musculares en la superficie y de la heterogeneidad.

Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA): Se utilizó el “método de presión” según la técnica de Grau Hamm (1953), con la modificación de Sierra (1973). Para lo cual, cada muestra (libre de tejido conjuntivo y grasa) fue triturada con tijeras, después se colocaron 5g de carne entre dos papeles de filtro Whatman nº41, previamente pesados. Estos se aislan por la parte superior e inferior con dos placas de Petri y se coloca encima un peso de 2250g durante cinco minutos. Se realizaron dos repeticiones por muestra. La diferencia entre el peso inicial de la carne y el peso después de haber sido sometida a presión, será el agua que ha expulsado, el resultado se expresa como porcentaje de jugo expulsado respecto al peso de la muestra inicial. La fórmula que se utilizó es:

$$\frac{\text{Diferencia de peso (inicial – final)} \times 100}{\text{Peso inicial}} = \%$$

Determinación de la textura: Con la muestra empacada previamente de *Longissimus dorsi*, fue descongelada en 24 horas en un refrigerador a 4°C en laboratorio y después con la muestra a temperatura ambiente en su bolsa de ribinete de uso alimentario, se calentó en un baño María (GFL™ D3006) a 75°C hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C. Para después ser

enfriadas aproximadamente por dos horas en baño de agua fría. Después se retiraron las muestras de las bolsas y se cortaron con un bisturí un mínimo de 4 paralelepípedos de 1 cm² de sección, siguiendo el eje paralelo a las fibras musculares. La medición de la sección de las muestras se realizó con un calibre digital MITUTOYO TM. Se utilizó la técnica de cizalla de Warner-Bratzler, con una maquina de ensayo universal INSTRON TM (serie 4301) y las variables que se estudiaron fueron:

- *Máxima carga o fuerza máxima* (medida en Kg): Siendo la fuerza máxima que tiene que realizar la cizalla para romper completamente la muestra.
- *Tensión máxima* (medido en Kg/cm²): Punto de deformación inelástica, a partir del cual la carne no recupera su forma.
- *Dureza* medida en (Kg/cm²): Expresa la cantidad de energía necesaria, en relación con el volumen de la muestra, para originar su rotura.

Análisis estadístico

Para comparar el efecto de dos sistemas de transporte y la estación del año sobre los indicadores fisiológicos de bienestar animal, calidad instrumental de la carne, se diseñó un experimento bajo un modelo factorial (2 x 2), que incluyó los efectos del tipo de transporte (STL, STC), la época del año (verano, invierno) y dos repeticiones por estación (verano e invierno). Para analizar los datos, se utilizó el paquete estadístico SAS (2001) Statistical Analysis System, versión (8.2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La significancia de los componentes del modelo sobre las variables fisiológicas de bienestar animal se observan en el Cuadro 1. Los resultados muestran una interacción significativa entre el tipo de viaje y época del año en las variables de cortisol, lactato, glucosa y relación neutrofilos linfocitos (N/L). En el caso de los efectos fijos, el tipo de transporte tuvo diferencias significativas para las variables de ácidos grasos no esterificados (NEFA) ($P < 0.05$), glóbulos blancos, glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito ($P < 0.001$). Para el efecto fijo de la estación del año las variables con diferencias significativas fueron creatinina kinasa (CK), glóbulos rojos ($P < 0.01$) y hematocrito ($P < 0.05$).

La medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables que presentaron una interacción significativa, entre efectos principales (Tratamiento x Estación del año) se observan en el Cuadro 2. El cortisol mostró los valores más altos durante la época de invierno en el sistema de transporte convencional (STC), lo que indica que el incremento de niveles de cortisol plasmático, puede deberse al aumento de su tasa metabólica para producir calor, manteniendo su temperatura corporal (Miranda-de la Lama, 2009); lo que concuerda también con Knowles et al. (1998a) que reportaron niveles elevados de cortisol en corderos transportados durante el invierno.

Así mismo Krawczel et al. (2007) y Miranda-de la Lama et al. (2010a), indican que los dobles transportes en un mismo día, provoca que los corderos

Cuadro 1. Significancia de los componentes del modelo sobre las variables fisiológicas de bienestar animal.

Variables respuesta	Tipo de viaje	Época del año (EA)	Interacción TVxEA
Cortisol (ng/ml)	NS	***	**
Lactato (mg/ml)	*	***	***
Glucosa (mg/ml)	**	***	*
NEFA (nmol/L)	*	NS	NS
CK (UI/L)	NS	**	NS
Glóbulos blancos ($10^3/\text{mm}^3$)	***	NS	NS
Glóbulos rojos ($10^6/\text{mm}^3$)	***	**	NS
Hemoglobina	***	NS	NS
Hematocrito (%)	***	*	NS
Relación N/L	***	***	***

NS: No significativo; * ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); *** ($P < 0.001$).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables que presentaron una interacción significativa, entre efectos principales (Tratamiento x Estación del año).

Variables	STL		STC	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Cortisol (ng/ml)	12.97 \pm 2.60 ^a	23.94 \pm 2.60 ^b	7.58 \pm 2.60 ^a	34.14 \pm 2.60 ^c
Lactato (mg/ml)	25.13 \pm 1.67 ^a	25.52 \pm 1.67 ^a	21.38 \pm 1.67 ^a	35.74 \pm 1.67 ^b
Glucosa (mg/ml)	75.62 \pm 5.33 ^a	89.93 \pm 5.33 ^a	79.58 \pm 5.33 ^a	115.62 \pm 5.33 ^b
Relación N/L	0.41 \pm 0.19 ^a	0.47 \pm 0.19 ^a	0.46 \pm 0.19 ^a	1.60 \pm 0.19 ^b

^{a,b,c}: Letras distintas dentro del mismo renglón y columna presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$);
 SLT: Sistema de transporte logístico; STC: Sistema de transporte convencional.

presenten valores altos de cortisol. Este aumenta cuando los animales son expuestos a condiciones desfavorables como son el aislamiento (Minton et al., 1992), el transporte (Parrott et al., 1994), las malas condiciones de carretera y tipos de carreteras (Ruiz de la Torre et al., 2001; Miranda-de la Lama et al., 2011).

En los valores de lactato, glucosa y relación N/L se observa un notorio aumento durante la época de invierno, en el STC. El aumento de la glucosa después de un acontecimiento estresante, como es el transporte, se ha asociado con una liberación de cortisol (Kannan et al., 2003; Bornez et al., 2009). Así mismo, el aumento de glucosa en invierno, está precedida por los resultados de cortisol, de acuerdo con los valores similares reportados por Knowles et al. (1998a).

En un estudio por Bornez et al. (2009) en corderos ligeros, observaron que los niveles de glucosa fueron elevados ($P < 0.001$) después de ser transportados. Sin embargo en un estudio realizado por Miranda-de la Lama et al. (2011) los niveles de cortisol fueron mayores en los corderos que se les provocó estrés agudo cuando eran transportados en condiciones de calor, con vibraciones; así mismo las concentraciones de glucosa y lactato fueron significativas ($P < 0.001$), posiblemente porque los animales necesitan más energía para adaptarse al aumento de las vibraciones durante el transporte, lo que indica que los animales se encontraban más estresados (Tadich et al., 2009).

Las medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables respuesta relacionadas con el bienestar animal se detallan en el Cuadro 3. Los corderos que fueron manejados bajo el sistema de transporte logístico (STL), presentaron valores altos ($P < 0.05$) de NEFA, glóbulos rojos, hemoglobina y porcentaje de hematocrito. El aumento de NEFA indica la distribución de grasa (lipólisis), debido a la respuesta de la demanda de energía; probablemente este aumento en la variable, puede deberse al estrés, provocado por el manejo de los animales cuando se llevó a cabo la clasificación de los corderos o centros de clasificación y cebo (Miranda-de la Lama, 2009), el estrés por calor (Al-Saiady et al., 2004), los ambientes novedosos (centros de clasificación) y posiblemente en algunos casos por la privación del alimento (Knowles et al., 1995; Miranda-de la Lama et al., 2010a).

Por otro lado, los glóbulos blancos mostraron un valor más alto en el STC ($P < 0.05$). Estos valores altos de glóbulos blancos en corderos que se manejaron bajo este sistema, puede indicar un estrés crónico, debido al tipo de transporte y la mezcla social. Por su parte, Averós et al. (2008), observaron una elevación de glóbulos blancos cuando los terneros eran alojados en centros de acopio.

Al evaluar la estación del año, las variables de respuesta de CK y glóbulos rojos se observaron valores más altos ($P < 0.05$) en la época de verano y una misma tendencia en el porcentaje de hematocrito para la época en invierno. De acuerdo a Bornez et al. (2009) reportaron un aumento ($P < 0.001$) en glóbulos rojos, después de la estabulación en corderos, y CK ($P < 0.001$) después del transporte. En este trabajo, la época del año tuvo efecto sig-

Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables fisiológicas de bienestar animal.

Variables	Sistema de transporte		Época del año	
	STL	STC	Verano	Invierno
NEFA (nmol/L)	1.23 \pm 0.05 ^a	1.01 \pm 0.05 ^b	1.10 \pm 0.05	1.14 \pm 0.05
CK (UI/L)	630 \pm 66	527 \pm 66	744 \pm 66 ^x	412 \pm 66 ^y
Globulos Blancos (10 ³ /mm ³)	6.01 \pm 0.37 ^a	8.36 \pm 0.37 ^b	6.81 \pm 0.37	7.56 \pm 0.37
Globulos Rojos (10 ⁶ /mm ³)	12.25 \pm 0.15 ^a	11.15 \pm 0.15 ^b	12.00 \pm 0.15 ^x	11.39 \pm 0.15 ^y
Hemoglobina	12.6 \pm 0.18 ^a	11.12 \pm 0.18 ^a	11.78 \pm 0.18	11.50 \pm 0.18
Hematocrito (%)	36.80 \pm 0.71 ^a	32.24 \pm 0.71 ^b	33.40 \pm 0.71 ^x	35.63 \pm 0.71 ^y

^{a,b; x,y}: Letras distintas dentro del mismo renglón y columna presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$); STL: Sistema de transporte logístico; STC: Sistema de transporte convencional.

nificativo en los niveles de CK, lo que concuerda con estudios realizados por Tadich et al. (2005) en novillos y Miranda-de la Lama (2009; 2010a) en corderos, donde reportan que posiblemente por las altas temperaturas climáticas en verano, existen valores elevados de esta variable. Aunado a esto mantener la postura del cuerpo en un vehículo en movimiento es físicamente exigente y puede ser muy incómodo causando al final la fatiga y el agotamiento del animal (Lambert et al., 2005). Los valores de la enzima CK son un buen indicador del ejercicio muscular porque muestran daño a los tejidos y la fatiga de los animales (Knowles et al., 1998a; Yu et al., 2007; Liu et al., 2008; Miranda-de la Lama et al., 2010a).

Así mismo, los valores elevados de hematocrito se registraron en corderos transportados en invierno y coinciden con los registrados por Knowles (1997); de tal forma que una explicación podría ser, que los animales al estar en un clima frío, tienden a producir calor y tratan de mantener su temperatura corporal (Knowles y Warris, 2000). En un estudio al evaluar el transporte logístico en corderos, Miranda-de la Lama (2009) reportó valores altos de hematocrito en animales que fueron transportados en dos ocasiones en un mismo día.

Al evaluar la calidad de la canal, la presencia de hematomas en los corderos, puede ser un buen indicador de bienestar animal (Cunha, 2009). De acuerdo al efecto de la época del año, los corderos que se manejaron en invierno mostraron un efecto significativo ($P < 0.05$). Sin embargo, este índice fue mayor en invierno, de acuerdo con lo reportado por Honkavaara et al. (2003),

Miranda-de la Lama et al. (2010a, 2009a) y Dalla Costa et al. (2007). La presencia de hematomas en corderos, está altamente correlacionada con el esfuerzo físico y por lo tanto con altos niveles de CK (Jarvis et al., 1996).

Existen muchos aspectos del transporte, como son la carga/descarga (Miranda-de la lama et al., 2009a), vibraciones (Taruman y Gallo, 2008) y el propio sacrificio en los corderos, que pueden estar relacionados entre sí, provocando las caídas y los resbalones; esto es debido a la época de producción más importante del año como es el invierno (época decembrinas), lo que provoca un manejo masivo, llegando a producir animales más reactivos. Sin embargo algunos autores mencionan que las instalaciones, el manejo del personal y la mezcla social pre-sacrificio, puede agregarse a la incidencia de hematomas y finalmente afectar la calidad de la canal y de la carne, causando pérdidas económicas (Warris, 1990; Grandin, 1996; Cunha, 2009; Miranda-de la Lama, 2009,2010a). Desde el punto de vista económico, las canales con hematomas se les realizan recortes, lo que provoca un menor peso final y un bajo precio (Carter y Gallo, 2008).

La significancia de los componentes del modelo sobre las variables de calidad de la carne se presenta en el Cuadro 4. En los resultados muestran una interacción significativa ($P < 0.001$) entre el tipo de viaje y época del año en las variables pH, fuerza máxima, dureza, a^* , b^* , C^* y h^* . En relación a la época del año solo las variables CRA y L^* mostraron un efecto significativo, mientras que tensión máxima, no mostró diferencias significativas, por tipo de viaje ni por época del año. La variable de pH, presentó un valor significativamente mayor en

Cuadro 4. Significancia de los componentes del modelo sobre las variables de la calidad de la carne.

Variables respuesta	Tipo de viaje	Época del año (EA)	Interacción TVxEA
pH	NS	***	***
CRA	NS	***	NS
<i>Textura</i>			
Fuerza máx. (kgf)	***	**	***
Tensión máx. (kg)	NS	NS	NS
Dureza instrumental (kg/cm ²)	***	NS	**
<i>Color</i>			
<i>L</i> *	***	**	NS
<i>a</i> *	***	NS	***
<i>b</i> *	***	NS	***
<i>C</i> * (Croma)	***	NS	***
<i>h</i> * (ángulo del color)	***	NS	***

NS: No significativo; * (P<0.05); ** (P<0.01); *** (P<0.001).

la época de invierno ($P < 0.05$). Estos resultados concuerdan con Miranda-de la Lama (2009) donde el observó un pH ($P < 0.001$) en corderos transportados en la época de invierno.

En este sentido, el pH se caracteriza por ser un importante indicador de calidad de la carne (Gregory, 2007). Después del sacrificio, las reservas de glucógeno se convierten en ácido láctico en un proceso anaerobio, reduciendo el pH de aproximadamente 7,0 a un pH entre 5.6 y 5.8 después de las 24 horas. Ramírez (2004); Diaz (2001) y Zimmerman (2008), mencionan que una limitada caída de pH es causada por estímulos tales como condiciones de calor o frío, obteniendo unas canales con carne oscura y potencialmente dura, debido a los cambios que se mencionan anteriormente (incremento del consumo de energía que utiliza el musculo y a la disminución de la cantidad de glucógeno disponible para la producción de ácido láctico después del sacrificio) haciendo referencia al pH una forma clara y muy importante donde a partir de su valor, pueden producirse las carnes DFD. Además el estrés que sufre el animal por bruscos cambios de temperatura ambiente durante el transporte y finalmente a nivel emocional por la carga/descarga, ruidos, vibraciones y perturbaciones por mezclas sociales, llegando a provocar cortes oscuros de carne (reflexión de la luz reducida) (Apple et al., 1995; Kadim et al., 2008; Cunha., 2009).

De acuerdo con Miranda-de la Lama et al. (2010a), las bajas temperaturas tuvieron un efecto significativo en la cadena logística pre sacrificio; mencionando que es una fuente de estrés para los corderos, afectando su estado fisiológico, incluso bajo las mejores condiciones

comerciales. Así mismo valores elevados en invierno coinciden con lo reportado por Knowles et al. (1998a), Miranda-de la Lama (2009, 2009a) y Zahner et al. (2004), quienes reportan una influencia del clima frío en la respuesta al estrés. A diferencia de Kadim et al. (2008), que reportaron un pH significativamente mayor (5.77) en corderos transportados en verano; también Kadim et al. (2006) encontraron una asociación entre el pH alto tras el transporte por carretera, bajo temperaturas altas.

Adnoy et al. (2005) no encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) entre el pH final de la carne de corderos que han sido objeto de dobles transportes largos y animales que no fueron transportados. Sin embargo, otros autores indican que el transporte y el manejo pre sacrificio aumenta el pH final (Ruiz de la Torre et al., 2001; Ibáñez et al., 2002). Los valores en este estudio, son por debajo de 6.0, que están dentro del parámetro de calidad, de acuerdo con Miranda-de la Lama (2009, 2011) y Cunha (2009) que reportaron valores similares. Los resultados anteriores confirman el hecho de que el cordero rara vez presenta problemas relacionados con el pH, como es la aparición de carne oscura firme y seca (DFD) (Cunha, 2009); a diferencia de cuando la carne es pálida se ve favorecida, ya que en los mercados españoles, canales con carnes oscuras pueden ser penalizados (Miranda-de la Lama et al., 2011).

De acuerdo con Sañudo et al. (1997) la corderos tienen mecanismos de adaptación más eficientes en comparación con el ganado vacuno y porcino en condiciones de estrés durante el transporte y sacrificio. Además, el pH influye sobre los diversos aspectos de la calidad de la carne, como la capacidad de

retención de agua y fuerza al corte (Bouton et al., 1971). Al evaluar la textura, se observaron los valores significativamente mayores ($P < 0.05$) de fuerza máxima (kgf) durante la época de invierno, independientemente del sistema de transporte. Sin embargo Kadim et al. (2008) reportaron valores de fuerza al corte significativos ($P < 0.05$) en animales que fueron transportados en un 25.3% más, que en ovejas que no fueron transportadas. En general las variables de textura: la fuerza máxima (kg) y dureza (kg/cm^2) fueron significativas ($P < 0.001$) de acuerdo al tipo de viaje, con una misma tendencia de interacciones significativas. La fuerza al corte Warner-Bratzler (WB) es ampliamente utilizada para evaluar la carne cocida y se considera que refleja la dureza miofibrilar y del tejido conjuntivo (Sañudo et al., 2004).

Finalmente las variables de color a^* , b^* C^* y h^* no se vieron afectadas por la época del año, sin embargo con los dos sistemas de transporte, se presentan efectos altamente significativos ($P < 0.001$), donde el efecto del tipo de viaje es dependiente de la época del año, presentándose interacción entre estos efectos. El color es una importante propiedad física de la carne y se utiliza generalmente como un principal indicador de calidad y frescura por los consumidores (Faustman y Cassens, 1990; Kadim et al., 2008). En un estudio de transporte en ovinos, Cunha (2009) reportó diferencias no significativas ($P > 0.05$) en las variables de color (L^* , a^* , b^*). Del mismo modo, Bray et al. (1989) mencionan que la imposición de múltiples factores de estrés antes del sacrificio no modifican las características de color (L^* a^* b^*) en el ganado ovino. Por el contrario, Ruiz De La Torre et al. (2001) reportaron que el color de la

carne en ovinos que eran transportados bruscamente cerca de 4 horas, fue significativamente más alto, que los que se transportaron suavemente sin problemas. Sin embargo, Bond et al. (2004) mencionan que el color de la carne de ovino se destaca más oscura, en animales sometidos a estrés en comparación a los que no sufren estrés.

Las medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables físico-químicas de calidad de la carne se presentan en el Cuadro 5. En el STC el color de la carne, solamente la variable L^* presentó un valor significativamente alto ($P < 0.05$) en comparación al STL. Sin embargo, al evaluar el efecto de la época del año los valores CRA y L^* fueron respectivamente mayores en verano ($P < 0.05$). De acuerdo a un estudio por Miranda-de la Lama (2009) en corderos, al evaluar el color, la variable L^* fue significativamente ($P < 0.001$) en la carne de corderos manejados en verano, en comparación con los de invierno, indicando que la carne durante esta época tiende a retener más agua que en invierno. El agua normalmente es mantenida en las miofibrillas entre el espacio de los filamentos (Kauffman et al., 1986). No obstante la CRA es un buen indicador de calidad a nivel comercial (Hamm, 1986). Sin embargo de acuerdo con Stadnik et al., (2008) y Miranda-de la Lama et al. (2009a), se requiere más investigación para entender los mecanismos exactos que afectan la CRA. En este estudio en relación a la textura de la carne, expresada en tensión máxima, los corderos no tuvieron diferencias ($P > 0.05$) ni por época del año ni por sistema de transporte.

Las medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables que presentaron una interacción significativa, entre efectos principales (Tratamiento

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables físico químicas de calidad de la carne.

Variables	Sistema de transporte		Época del año	
	STL	STC	Verano	Invierno
CRA	18.55 \pm 0.38	17.52 \pm 0.38	19.48 \pm 0.38 ^x	16.59 \pm 0.38 ^y
Tensión máx. (kg)	5.86 \pm 0.87	5.73 \pm 0.87	5.51 \pm 0.87	6.08 \pm 0.87
L*	39.23 \pm 0.40 ^a	41.85 \pm 0.40 ^b	41.56 \pm 0.40 ^x	39.53 \pm 0.40 ^y

^{a,b; x,y}: Letras distintas dentro del mismo renglón y columna presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$); STL: Sistema de transporte logístico; STC: Sistema de transporte convencional.

x Estación del año) se presentan en el Cuadro 6. La variable de pH mostró valores más altos en el STL y STC en la época de invierno. La variable de fuerza máxima se mostró más elevada en el STL para la época de invierno. Las variables de color a^* y C^* mostraron valores más altos en el STC. Por el contrario, en un estudio de transporte, realizado por Miranda-de la Lama, (2009) los corderos sacrificados en invierno presentaron índices de a^* y C^* altos ($P < 0.001$). La variable b^* mostró el valor más alto en el STL durante el invierno, mientras que en el STC durante el invierno presentó el valor más bajo. Miranda-de la Lama et al. (2011) reportaron que el valor b^* en corderos que fueron transportados por carreteras pavimentadas, mostraron mayores niveles significativos ($P < 0.001$). La carne de corderos sacrificados en invierno bajo el STL, presentaron mayores valores de a^* y b^* y por lo tanto fue más oscura (valores más bajos de luminosidad).

Aunque de acuerdo con Miranda-de la Lama et al. (2009a) el pH en invierno es por debajo de los valores de corte establecidos para la carne DFD, sin embargo los resultados de color implican el límite de carne DFD. Independientemente de la época del año en h^* se observaron valores más altos en el STL. Los corderos sacrificados en invierno bajo el STL presentan características de carne oscura, valores altos en algunas variables de color, pH, textura y CRA. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Miranda-de la Lama et al. (2009a), donde los cambios bruscos de temperaturas ambientales pueden ocurrir durante el invierno en la meseta española, haciendo hincapié en el animal y por consiguiente la presencia de cortes oscuros. Por su lado en un

Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables que presentaron una interacción significativa, entre efectos principales (Tratamiento x Estación del año).

Variables	STL		STC	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
pH	5.51 \pm 0.01 ^a	5.83 \pm 0.01 ^b	5.58 \pm 0.01 ^a	5.75 \pm 0.01 ^c
<i>Textura</i>				
Fuerza máx. (kgf)	5.04 \pm 0.28 ^a	7.25 \pm 0.28 ^b	5.55 \pm 0.28 ^c	6.78 \pm 0.28 ^d
Dureza (kg/cm ²)	2.33 \pm 0.11 ^a	2.80 \pm 0.11 ^b	2.10 \pm 0.11 ^a	2.70 \pm 0.11 ^b
<i>Color</i>				
a*	11. \pm 0.32 ^a	12.24 \pm 0.32 ^b	17.91 \pm 0.32 ^c	16.11 \pm 0.32 ^d
b*	7.37 \pm 0.28 ^a	9.57 \pm 0.28 ^b	8.21 \pm 0.28 ^c	5.63 \pm 0.28 ^d
C* (Croma)	13.39 \pm 0.37 ^a	15.58 \pm 0.37 ^b	19.74 \pm 0.37 ^c	17.06 \pm 0.37 ^d
h* (ángulo del color)	33.43 \pm 0.75 ^a	38.14 \pm 0.75 ^b	24.44 \pm 0.75 ^c	19.15 \pm 0.75 ^d

^{a,b,c,d}: Letras distintas dentro del mismo renglón y columna presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$); STL: Sistema de transporte logístico; STC: Sistema de transporte convencional.

estudio realizado por Sotelo et al. (2008) reportaron 30.3% carne DFD en invierno.

CONCLUSIONES

Los corderos manejados bajo los dos sistemas de transporte, presentaron efectos en estrés y presencia de hematomas en la canal, cuando fueron transportados al sacrificio durante la época de invierno. Durante esta misma época los corderos manejados bajo el STL tuvieron un efecto mayor en las variables de calidad de la carne, mientras que en el STC, hubo valores más altos en las variables fisiológicas indicadoras del estrés.

Contrario a lo esperado, los corderos que fueron manejados bajo el STL, debido a la mezcla social de los animales en los CE, los dobles transportes y las condiciones climáticas de la época de invierno, mostraron mayor efecto negativo en la calidad de la carne en comparación a los corderos manejados bajo el STC. Por lo cual, en base a los resultados, es importante invertir en mejoras en el transporte de corderos y que se llegue a considerar la ética del bienestar animal como un valor agregado a la calidad de la carne.

LITERATURA CITADA

- Adnoy, T., A. Haug, O. Sørheim, M.S. Thomassen, Z. Varszegi and L.O.Eik. 2005. Grazing on mountain pastures – does it affect meat quality in lambs? *Liv. Prod. Sci.* 94:25–31.
- Al-Saiady, M.Y., M.A. Al-Shaikh, S.I. Al-Mufarrej, T.A. Al-Showeimi, H.H. Mogawer and A. Dirrar. 2004. Effect of chelated chromium supplementation on lactation performance and blood parameters of Holstein cows under heat stress. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117:223-233.
- Apple, J.K, M. E. Dikeman, J. E. Minton, R. M. McMurphy, M. R. Fedde, D. E. Leith and J. A. Unruh. 1995. Effects of restraint and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism, and incidence of dark-cutting longissimus muscle of sheep. *J. Anim. Sci.* 73:2295-2307.
- Asenjo, B.M. 1999. Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de la canal y de carne en añojos de razas charolés y serrana soriana. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- Averós, X., S. Martín, M. Rui, J.Serratos and L.F. Gosálvez. 2008. Stress response of extensively reared young bulls being transported to growing-finishing farms under Spanish summer commercial conditions. *Liv. Sci.* 119:174-182.
- Bianchi, G. 2005. Características productivas, tipificación de la canal y calidad de carne a lo largo de la maduración de corderos pesados Corriedale puros y cruzados en sistemas extensivos. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.
- Bianchi, G. 2007. Identificación y cuantificación de factores que afectan la calidad de carne ovina. *Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles*. Capítulo 7. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo Uruguay.
- Bond, J.J., L.A. Can and R.D. Warner. 2004. The effect of exercise stress, adrenaline injection and electrical stimulation on changes in quality attributes and proteins in *Semimembranosus* muscle of lamb. *Meat Sci.* 68:469-477.
- Bornez R., M.B. Linares and H. Vergara. 2009. Haematological, hormonal and biochemical blood parameters in lamb: Effect of age and blood sampling time. *Liv. Sci.* 121:200-206

- Bourne, M.C. 1982. Food texture and viscosity. Academic Press. New York. U.S.A.
- Bouton, P.E., P.V. Harris and W.R. Shorthose.1971. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. J. Food Sci. 36:435-439.
- Bray, A. R., A.E. Graafhuis and B.B. Chrystall, 1989. The cumulative effect of nutritional, shearing and preslaughter washing stress on the quality of lamb meat. Meat Sci.25:59-67.
- Brito, M.L. 2007. Efecto del destete de un transporte terrestre y marítimo de 46 horas sobre los valores de algunos constituyentes sanguíneos indicadores de estrés en corderos Corriedale. Memoria de titulación. Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Broom, D.M. 1986. Indicators of poor welfare. Br. Vet. J. 142:524-526.
- Broom, D.M. 1999. Animal welfare, the concept and the issues. In: Dolins, F.L. (Edit.). Attitudes to animals, views in animal welfare. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- Broom, D.M. and K.G. Johnson. 1993. Stress and Animal Welfare. 1st. Editorial Chapman and Hall London. England. Disponible en: <http://books.google.com>.
- Burritt, E.A. and F.D. Provenza. 1997. Effect of an unfamiliar location on the consumption of novel and familiar foods by sheep. Appl. Anim. Behaviour Sci. 54:317-325.
- Bustamante, H.A. 2001. Determinación del efecto de diferentes tiempos de ayuno y transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en bovinos en el período otoño-invierno. Memoria de titulación. Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Caballero, S.C. y H.S. Sumano. 1993. Caracterización del estrés en bovinos. Arch. Med. Vet. XXV.15:29. Disponible en: <http://books.google.com.mx>.
- Cañeque, V., C. Pérez, S. Velasco, M.T. Díaz, S. Lauzurica, I. Álvarez, F. Ruiz de Huidobro, E. Onega and J. De la Fuente. 2004. Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. Meat Sci. 67:595-605.

- Cañeque, V. y C. Sañudo. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Medición de color. INIA. Serie Ganadera. No.3.
- Carrasco, L.S.A. 2008. Efectos del sistema de alimentación sobre el crecimiento y la calidad de la canal y de la carne de cordero ligeros de raza churra tesina. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Facultad de Medicina Veterinaria. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos.
- Carter L.M. and C.B. Gallo. 2008. Effects of long distance transport by road and sea crossing on ferry on live weight losses and carcass characteristics in lambs. *Arch. Med. Vet.* 40:259-266.
- Chandroo, K.P., I.J. Duncan and R.D. Moccia. 2004. Can fish suffer? perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 86:225-250.
- Cockram, M.S. and R.A. Lee. 1991. Some preslaughter factors affecting the occurrence of bruising in sheep. *Abstract. Br. Vet. J.* 147:120-5.
- Cockram, M.S., J.E. Kent, P.J. Goddard, N.K. Waran, R.E. Jackson, M. McGilp, E.L. Southall, J.R. Amory, T.I. Mcconnell, T. O'Riordan and B.S. Wilkins. 2000. Behavioural and physiological responses of sheep to 16 h transport and a novel environment post-transport. *Vet. J.* 159:139-146.
- Cockram, M.S. 2007. Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106:234-243.
- Consigli, R.I., M.V. Aimar, B.F. Cravero y M.R. Rosmini. 2009. Bienestar animal. Manual de buenas prácticas pecuarias para establecimientos productores de ganado bovino de carne de base pastoril. Ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentos. Editorial Universidad Católica Córdoba.
- Cooper, C., A.C. Evans, S. Cook and N.C. Rawling. 1995. Cortisol, progesterone and betaendorphin response to stress in calves. *Can. J. Anim. Sci.* 95:197-201.
- Cunha, T.M. 2009. Métodos de transporte y descanso antes del sacrificio, nivel de estrés y la calidad de la carne de ovino. Tesis de Maestría. Universidad de San Paulo. Facultad de ciencia e ingeniería de alimentos de origen animal. Departamento de zootecnia.
- Dalla Costa, O.A., L. Faucitano, A. Coldebella, J.V. Ludke, J.V. Peloso, D. Dalla Roza and M.J.R. Paranhos da Costa. 2007. Effects of the season of

the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. *Livest. Sci.* 107:29-36.

- Depetris, G. y F. Santini. 2005. Calidad de carne asociada al sistema de producción. Grupo de Nutrición, Metabolismo y Calidad de Producto. INTA. Estación Experimental. Balcarce, Argentina.
- Devine, C.E., A.E. Graafhuis, P.D. Muir and B.B. Chrystall. 1993. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Sci.* 35:63-77.
- Devine, C.E., T.E. Lowe, R.W. Wells, N.J. Edwards, H.J. Edwards, T.J. Starbuck and P.A. Speck. 2006. Preslaughter stress arising from on farm handling and its interactions with electrical stimulation on tenderness of lambs. *Meat Sci.* 73:304-312.
- Díaz, M.T.D. 2001. Características de la canal y la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria.
- Doubek, J., S. Šlosárková, P. Fleischer, G. Malá and M. Skřivánek. 2003. Metabolic and hormonal profiles of potentiated cold stress in lambs during early postnatal period. *Czech J. Anim. Sci.* 48:403-411.
- European Commission. 1986. Scientific procedure and breeding of animals for use in scientific procedure establishments. Directive 86/609/ECC.
- European Commission. 2006. Commission working document on a community action plan on the protection and welfare of animals, 2006-2010.
- FAO. 2008. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Creación de capacidad para la implementación de buenas prácticas de bienestar animal.
- Faustman, C. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *J. Muscl. Foods* 1:217-243.
- Fazio, E. and A. Ferlazzo. 2003. Evaluation of stress during transport. *Vet. Res.* 27:519-524.
- Fitzpatrick, J., M. Scott and A. Nolan. 2006. Assessment of pain and welfare in sheep. *Small Rumin. Res.* 62:55-61.
- Forrest, J.C., E.D. Aberle, H.D. Hedrick, M.D. Judge y R.A. Merckel. 1979. Fundamentos de la ciencia de la carne. Acribia. Zaragoza, España.

- Fraser, A.F. and D.M. Broom. 1990. Farm animal behaviour and welfare. Third Edition. Baillere Tindall. Londón, U.K.
- Grandin, T.,1996. Factors that impede animal movement at slaughter plants. J. Am. Vet. Med. Assoc. 209:757-759.
- Grau, R., and R. Hamm. 1953. Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung in muskel. Naturwissenschaften. 40:29-30.
- Gregory, N.G., 2007. Animal Welfare and meat production, 2nd Edition, CABI Publishing, Wallingford, Uk.
- Hamm, R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. Muscle as food. Bechtel, P.J. Academic. Press. New York, U.S.A. p. 135-199.
- Herrera, M.C.A. 2008. Análisis descriptivo de factores asociados a la presentación de contusiones y pH elevado en canales de bovinos de distinta procedencia geográfica. Universidad Austral de Chile. Memoria de Título Medico Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal y Tecnología de Carnes.
- Honikel, K.O. 1998. Reference Methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Sci. 49:447-457.
- Honkavaara, M., E. Rintasalo, J. Ylönen and T. Pudas. 2003. Meat quality and transport stress of cattle. Dt. T. Wsch. 110:125-128.
- Hulot, F.O. 1999. Muscular pH and related traits in rabbits: A review. World Rabbit Sci. 7:15-36.
- Ibáñez, M., J. De la Fuente, J. Thos, Chavarri, D. González. 2002. Behavioural and physiological responses of suckling lambs to transport and lairage. Anim. Welf. 11:223-230
- Immonen, K., M. Ruusunen, K. Hissa and E. Puolanne. 2000. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. Meat Sci. 55:25-31.
- INTEROVIC. 2003. Guía de buenas prácticas para el transporte de ganado ovino y Organización Interprofesional Agroalimentaria del Ovino y el Caprino. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Jago, J.G., A.L. Hargreaves, R.G. Harcourt and L.R. Matthews. 1996. Risk factors associated with bruising in red deer at a commercial slaughter plant. Meat Sci. 44:181-191.

- Jago, J.G., R.G. Harcourt and L.R. Matthews. 1997. The effect of road-type and distance transported on behaviour, physiology and carcass quality of farmed red deer. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51:129-141.
- Jansen, M.L. 2001. Determination of meat pH-temperature relationship using ISFET and glass electrode instruments. *Meat Sci.* 58:145-150.
- Jarvis A.M. and Cockram M. S. 1994. Effect of handling and transport on bruising in sheep sent directly from farms to slaughter. *Vet. Rec.*135:523-527.
- Jarvis, A. M., M. S. Cockram, and I.M. McGilp. 1996. Bruising and biochemical measures of stress, dehydration and injury determined at slaughter in sheep transported from farms or markets .*Br. Vet. J.* 152:719-722.
- Judge M.D. 1969. Environmental Stress and Meat Quality. *J. Anim. Sci.* 28:755-760.
- Kadim, I.T., O. Mahgoub, A.Y. Al-Kindi, W. Al-Marzooqi, N. Al-Saqri, M, Almaney and I.Y. Mahmoud. 2006. Effect of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics in two age groups of Omani sheep. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 20:424-431.
- Kadim, I.T., O. Mahgoub, W. Al-Marzooqi, D.S. Al-Ajmi, R.S. Al-Maqbali, S.M and Al-Lawati. 2008. The influence of seasonal temperatures on meat quality characteristics of hot-boned, m. psoas major and minor, from goats and sheep. *Meat Sci.* 80:210-215.
- Kaneko, J. 1989. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 4*.Ed. Academic Press.SanDiego.USA.Disponible en: <http://books.google.com>.
- Kannan G, T.H. Terril, B. Kouakou, O.S. Gazal.,S. Gelaye,E.A. Amoah and S. Samaké. 2000. Transportation of goats: Effects on physiological stress responses and live weight loss. *J. Anim. Sci.* 78:1450-1457.
- Kannan, G., B. Kouakou, T.H. Terrill and S. Gelaye. 2003. Endocrine, blood metabolite, and meat quality changes in goats as influenced by shortterm, preslaughter stress. *J. Anim. Sci.* 81:1499-1507.
- Kauffman, R.G., G. Eikelenboorn, P.G. Van der Wal, B. Engel, and M. Zaar. 1986. A comparison of methods to estimate water-holding capacity in post-rigor porcine muscle. *Meat Sci.* 18:307-322.
- Knowles T.G .1998a. Effects of stocking density on lambs being transported by road.*Vet. Rec.* 142:503-509.

- Knowles T.G .1998b. A review of the road transport of slaughter sheep. Vet. Rec.143:212-219.
- Knowles T.G. 1999. A review of the road transport of cattle. Vet. Rec. 144:197-201.
- Knowles T.G, P.D. Warriss, S.N. Brown, S.C. Kestin, S.M. Rhind, J.E. Edwards, M.H. Anil and S.K. Dolan. 1993. Long distance transport of lambs and time needed for subsequent recovery.Vet. Rec. 133:286-293.
- Knowles, T.G, P. Maunder, P.D. Warris. 1994. Factors affecting the incidence of bruising in lambs arriving at one slaughterhouse. Vet. Rec. 134:107-110.
- Knowles, T.G., S.N. Brown,P.D. Warris, A.J. Phillips, S.K. Dolan, P. Hunt, J.E. Ford, J.E. Edwards and P.E. Watkins. 1995. Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours. Vet. Rec. 136:431-438.
- Knowles, T.G., P.D. Warris, S.N. Brown, J.E. Edwards, P.E. Watkins and A.J. Phillips. 1997. Effect on calves less than one month old of feeding or not feeding them during road transport of up to 24 hours. Vet. Rec. 140:116-124.
- Knowles, T.G. and P.D. Warris. 2000. Stress physiology of animals during transport. In: Livestock, Handling and Transport. Grandin, T. 2nd edition, CABI Publishing, Wallingford, U.K.
- Kramer J.W. and W.E. Hoffmann. 1997. Clinical Enzymology. En: Kaneko JJ, Harvey J.W., Bruss M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/22364587/Clinical-Biochemistry-of-Domestic-Animals-Sixth-Edition>
- Krawczel, P.D., T. Friend, D.J. Caldwell, G. Archer and K. Ameiss. 2007. Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs. J. Anim. Sci. 85:468-476.
- Lambert, E.V. A. St Clair Gibson and T.D. Noakes. 2005. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. B. J. S. Med. 39: 52-62.
- Lawrie, R.A. 1998. Ciencia de la carne, Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Liu, Z.L., P. Chen, J.M. Li, S.B. Lin, D.M. Wang, L.P. Zhu and D.P. Yang. 2008. Conjugated linoleic acids, moderate negative responses of heatstressed cows. Livest. Sci. 118:255-261.

- Manteca X. 2004. Tendencias de la investigación científica en bienestar animal. Actas del Seminario La institucionalización del bienestar animal, un requisito para su desarrollo normativo, científico y productivo. Acuerdo Sanitario y Fitosanitario entre la Comunidad Europea y Chile. Santiago. Chile.
- María, G.A. 2006. Public perception of farm animal welfare in Spain. *Livest. Sci.* 103:250-256.
- María, G.A. 2008. Meat quality. In: Long distance transport and welfare of farms animals. M.C. Appleby et al. Editors. CABI Publishing, Wallingford, U.K. p. 77-112.
- María, G.A. 2009. Consecuencias de la intensificación sobre el bienestar animal en corderos. 34 Congreso Nacional. SEOC. Barbastro Huesca.
- María, G.A., M.R. Villarroel, C. Sañudo and J.L. Olleta. 2003. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Sci.* 65:1335-1340.
- María, G.A. and M.R. Villarroel. 2003a. Welfare status of commercial sows in three housing systems in Spain. *Arch. Zootec.* 52:453-462.
- McGeehin B, J.J. Sheridan and F. Butler. 2001. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Sci.* 58:79-84.
- Mellor, D.J. and K.J. Stafford. 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Vet. J.* 168:118-133.
- Minton, J.E., T.R. Coppinger, P.G. Reddyt, W.C. Davis and F. Blechat. 1992. Repeated restraint and isolation stress alters adrenal and lymphocyte functions and some leukocyte differentiation antigens in lambs. *J. Anim. Sci.* 70:1126-1132.
- Miranda-de la Lama, G.C. 2009. Efecto de la cadena logística pre-sacrificio en el bienestar y la calidad de la carne en corderos comerciales. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria.
- Miranda-de la Lama, G.C., M. Villarroel, J.L. Olleta, S. Alierta, C. Sañudo, and G.A. María. 2009a. Effect of the pre-slaughter logistic chain on meat quality of lambs. *Meat Sci.* 83:604-609.
- Miranda-de la Lama, G.C. 2010. Importancia, características y efectos de la cadena logística pre-sacrificio en el bienestar ovino y la calidad de la carne. Segundo Congreso Internacional del Borrego, CIBO. Zacatecas, México.

- Miranda-de la Lama, G.C., L. Rivero, G. Chacon, S. Garcia-Belenguer, M. Villarroel and G.A. María. 2010a. Effect of the preslaughter logistic chain on some indicators of welfare in lambs, *Livest. Sci.* 128:52–59.
- Miranda-de la Lama, G.C., M. Villarroel, G. Liste, J. Escós and G.A. María. 2010b. Critical points in the pre-slaughter logistic chain of lambs in Spain that may compromise the animal's welfare. *Small Rumin. Res.* 90:174-178.
- Miranda-de la Lama, G.C., P. Monge, M. Villarroel, J.L. Olleta, S. Garcia-Velenguer and G.A. María. 2011. Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates. *Trop. Anim. Health. Prod.* 43(5):915-922.
- Mitchell G, M Hattingh and M Ganhao. 1988. Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter. *Vet. Rec.*123:201-205.
- Moberg G.P. and J.A. Mench. 2000. *The Biology of Animal Stress. Basic Principles and Implications for Animal Welfare.* G.P. Moberg and J.A. Mench (eds). Editorial CABI. International. Oxon. England.
- Murray, A.C. 1989. Factors affecting beef colour at time of grading. *Can. J. Anim. Sci.*, 69:347-355.
- Nogueira G, R.C. Barnabe, J.C. Bedran-de-Castro, A.F. Moreira, W.R. Fernandes, M.S. Mirándola and D.L. Howard. 2002. Serum cortisol, lactate and creatinine concentrations in Thoroughbred fillies of different ages and states of training. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 39:54-57.
- OIE, Organización Mundial de Sanidad Animal. 2007. Código Sanitario para los Animales Terrestres. Directrices para el transporte de animales por vía terrestre. p. 12.
- Pantanalli C. 2008. Características de pH de las canales ovinas faenadas en la planta Mañihuales de Coyhaique y su relación con distancia de procedencia y tiempo de espera de los animales. Memoria de título, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Parrott, R.F., B.H. Misson and C.F. De la Riva. 1994. Differential stressor effects on the concentrations of cortisol, prolactin and catecholamines in the blood of sheep. *Res. Vet. Sci.* 56:234-239.
- Pérez C., S.F. Figueroa and S. Barreras. 2006. Relationship between management factors and the occurrence of DFD meat in cattle. *J. Anim. Vet. Adv.* 5:578-581.

- Petersen G.V. 1983. The effect of swimming lambs and subsequent resting periods on the ultimate pH of meat. *Meat Sci.* 9:237-246.
- Pilidori P, S. Lee, R.G. Kauffman and B.B. Marsh. 1999. Low voltage electrical stimulation of lamb carcasses: effects on meat quality. *Meat Sci.* 53:179-182.
- Pinkas A, M. Penka, I. Tomov and G. Monin. 1982. Influence of age at slaughter, rearing technique and pre-slaughter treatment on some quality traits of lamb meat. *Meat Sci.* 6:245-255.
- Poste, L.M., G. Bluter, D. Mackie; V.E. Agar, B.K. Thompson, R.L. Cliplef and R.M. McKay .1993. Correlations of sensory and instrumental meat tenderness values as affected by sampling techniques. *Food Quality and Preference*, 4:207-214.
- Ramírez, J.A.T. 2004. Características bioquímicas del musculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, Facultad de Veterinaria. Monells Girona, España.
- Ramírez, B.E., C.L. Hernández, L.I. Guerrero y C.L. Hernández . 2007. Calidad de la carne y análisis sensorial en ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva en México. Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Ruiz-de la Torre, J.L., A. Velarde, A. Diestre, M. Gispert, S.J. Hall, D.M. Broom and X. Manteca. 2001. Effects of vehicle movements during transport on the stress responses and meat quality of sheep. *Vet. Rec.* 148:227-229.
- Sañudo C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. p.117.
- Sañudo, C., C. Gonzalez y R. Delfa. 1992a. El peso de la canal. *Ovis*, 19:9-19.
- Sañudo, C., M. Campo, I. Sierra, G. Maria, J. Olleta and P. Santolaria. 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Sci.* 46:357-365.
- Sañudo, C., A. Sanchez and M. Alfonso. 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Sci.* 49:29-64.

- Sañudo, C., E.S. Macie, M. Villarroel, J.L. Olleta, B. Panea and P. Alberti. 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.* 66:925-932.
- Sapolski, R.M., L.M. Romero and A.U. Munck. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory and preparative actions. *Endocr. Rev.* 2:55-89.
- Sepúlveda, W., M.T. Maza and A.R. Mantecón. 2008. Factors that affect and motivate the purchase of quality-labelled beef in Spain. *Meat Sci.* 80:1282-1289.
- Sierra, I.A. 1973. Aportación al estudio del cruce Blanco Belga Landrace. *I.E.P.G.E.* p.16-43.
- Smulders E.J.M. and E.M. Wiklund. 1998. Sensory meat quality traits of reindeer longissimus muscle as affected by ultimate pH. *Proc. 44 th ICOMST.* 502-503.
- Sotelo, A.F., C.L. Pérez-Linares, F.S. Figueroa, A.S. Barreras and E.L. Sánchez. 2008. Evaluation of changes in management practices on frequency of DFD meat in cattle. *J. Anim. Vet. Adv.* 7:319-321.
- Stadnik J., Z. J. Dolatowski and H.M. Baranowska. 2008. Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (m. semi membranous) during ageing. *Food Sci. Tech.* 41:2151-2158.
- Swanson J.C. and J. Morrow-Tesch. 2001. Cattle transport: Historical, research, and future perspectives *J. Anim. Sci.* 79:102-109.
- Tadich, N., C. Gallo, M. Brito and D.M. Broom. 2009. Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. *Livest. Sci.* 121:132-136.
- Tadich N., C. Gallo, H. Bustamante, M. Schwerter and G. Van Schaik. 2005. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Liv. Prod. Sci.* 93:223-233.
- Tarrant V. and T. Grandin. 2000. Cattle Transport. In: *Livestock Handling and Transport.* Ed. T. Grandin. CABI Publishing, New York, USA, p. 151-173.
- Tarumán J.A. y C. Gallo. 2008. Contusiones en canales ovinas y su relación con el transporte. *Arch. Med. Vet.* 40:275-279.
- Tucker, C.B., A.R. Rogers, G.A. Verkerk, P.E. Kendall, J.R. Webster and L.R. Matthews. 2007. Effects of shelter and body condition on the behaviour

- and physiology of dairy cattle in winter. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105:1-13.
- Vanhonacker, F., W. Verbeke, E. Van Poucke and F.A.M. Tuytens. 2008. Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently? *Livest. Sci.*116:126-136.
- Vanhonacker, F., W. Verbeke, E. Van Poucke, S. Buijs and F. Tuytens. 2009. Societal concern related to stocking density, pen size and group size in farm animal production. *Livest. Sci.* 123:16-22.
- Van de Water, G., F. Verjans and R. Geers. 2003. The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livest. Product. Sci.* 82:171-179.
- Velarde A.M., Gispert, A. Diestre and X. Manteca. 2003. Effect of electrical stunning on meat and carcass quality in lambs. *Meat Sci.* 63:35-38.
- Vergara H. and L. Gallego. 2000. Effect of electrical stunning on meat quality of lamb. *Meat Sci.* 56:345-349.
- Vergara, H. y L. Gallego. 2000a. La composición de la canal ovina. En: Cañeque, V. y Sañudo, C. (Edit.). *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. INIA. Madrid, España.
- Villarroel, M., G. Maria, C. Sanudo, I. Sierra, S. Garcia-Belenguer and G. Gebresenbet. 2001. Critical points in the transport of cattle to slaughter in Spain that may compromise the animal's welfare. *Vet. Rec.*149:173-176.
- Von Borell, E.H. 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *J. Anim. Sci.* 79:260-E267.
- Warriss, P.D., 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 28:171-186.
- Warriss P.D. 1998. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road, a review. *Vet. Rec.* 142:449-454.
- Warriss, P.D. 2003. *Ciencia de la carne*. Ed. Acriba Zaragoza, España.
- Warriss P.D., J.E. Edwards, S.N. Brown and T.G. Knowles. 2002. Survey of the stocking densities at which sheep are transported commercially in the United Kingdom. *Vet. Rec.* 150:233-236.
- Watanabe A., C.C. Daly and C.E. Devine. 1996. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Sci.* 42:67-78.

- Webster A.J.F. 2001. Farm Animal Welfare: the Five Freedoms and the Free Market. *Vet J.* 161:229–237.
- Wheeler T.L. and M. Koohmaraie. 1994. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 72:1232-1238.
- Young O.A., J. West, A.L. Hart and F.F.H. van Otterdijk. 2004. A method for early determination of meat ultimate pH. *Meat Sci.* 66:493-498.
- Yu, H., E.D. Bao, R.Q. Zhao and Q.X. Lv. 2007. Effect of transportation stress on heat shock protein 70 concentration and mRNA expression in heart and kidney tissues and serum enzyme activities and hormone concentrations of pigs. *A. J. Vet. Res.* 68:1145-1150.
- Zähner, M., L. Schrader, R. Hauser, M. Keck, W. Langhans and B. Wechsler. 2004. The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Anim. Sci.* 78:139-147.
- Zimmerman M. 2008. PH de la carne y factores que lo afectan. En: Sañudo Astiz, Carlos; González, Carlos Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Tandil, Universidad Nacional del Centro de la prov. De Buenos Aires. p.141-153-ISBN: 978-950-658-206-7.