

T⁹
—
947

77880



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

“**ESTRÉS DE TRANSPORTE, PERIODO DE DESCANSO PRE-
SACRIFICIO Y MÉTODO DE ATURDIMIENTO SOBRE
CALIDAD DE LA CARNE OVINA**”

T E S I S

(Idónea Comunicación de Resultados)

**Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Agropecuarias**

P R E S E N T A

MVZ. Jarumi Aguilar Guggembuhl

COMITÉ TUTORAL

Director:

Dr. Daniel Mota Rojas

Asesor:

Dra. Isabel Guerrero Legarreta

Asesor:

M. en C. Marcelino Becerril Herrera

México D. F. Diciembre, 2008.

DEDICATORIA

Después de dos años, son numerosas las personas a quienes agradecerles y dedicarles este trabajo, trataré de recordar a todas.

Iniciare mencionado a mi tutor y asesores, quienes me confiaron este proyecto para llevarlo a cabo. Gracias Doctor Daniel Mota, Doctora Isabel Guerrero y Maestro Marcelino Becerra.

Tres personas clave vienen a mi mente, Ingeniero Adolfo Herrera, quien me dio la oportunidad de desarrollar este experimento, Doctora Marina Hernández, que además de ser una excelente profesionalista es una amiga incondicional, y Doctor Carlos Romero que con gran paciencia me acepto en su laboratorio. Gracias.

Al grupo de Etología y Producción Animal de la UAM-X, quienes me hicieron fuerte en todo el trabajo de la primer fase experimental, desinteresadamente. Gracias

A los dos motores de mi vida, mi madre, que cada noche de desvelo y día de presión, tiene un buen consejo y una mano para guiarme y mi novio, que cuando todo parece salir mal, me da aliento. Gracias.

A todos los profesores, familiares (también los adoptados) y amigos que han aportado su granito de arena para forjarme. Gracias

Gracias Dios mío por permitirme, terminar otra etapa de mi vida.

INDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	7
1 INTRODUCCIÓN	10
2 MARCO DE REFERENCIA	13
2.1 Producción de carne ovina en México	13
2.1.1 <i>Demanda de productos alimenticios</i>	14
2.1.2 <i>La ovinocultura como alternativa</i>	16
2.1.3 <i>Producción ovina</i>	17
2.1.4 <i>Infraestructura de sacrificio y transformación primaria</i>	18
2.2 <i>Susceptibilidad al estrés</i>	20
2.3 <i>Fisiología del equilibrio ácido base</i>	24
2.4 <i>Aturdimiento y sacrificio</i>	37
2.4.1 <i>Métodos de contusión</i>	38
2.4.2 <i>Métodos por descarga eléctrica</i>	39
2.4.3 <i>Métodos mediante gases</i>	40
2.5 <i>Evisceración y limpieza de la canal</i>	42
2.6 <i>Composición regional de la canal</i>	44
2.6.1 <i>Conformación de la canal</i>	47
2.7 <i>Factores que afectan el peso de la canal</i>	48
2.7.1 <i>Transporte</i>	48
2.7.2 <i>Ayuno</i>	49
2.7.3 <i>Manejo pre-sacrificio</i>	49
2.8 <i>Factores relacionados con la deposición de grasa</i>	50
2.9 <i>Factores relacionados a la conversión de músculo a carne</i>	52
2.9.1 <i>pH</i>	52
2.9.2 <i>Ayuno</i>	53
2.9.3 <i>Reposo</i>	53
2.10 <i>Calidad de la carne</i>	55
2.10.1 <i>Color</i>	56
2.10.2 <i>Olor</i>	59
2.10.3 <i>Sabor</i>	60
2.10.4 <i>Textura (terneza)</i>	61
2.10.5 <i>Jugosidad</i>	64
2.11 <i>Propiedades funcionales de la carne</i>	65

2.11.1 Capacidad de retención de agua (CRA)	66
2.11.2 Capacidad de emulsificación	69
2.11.3 Oxidación de grasa	70
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	73
4 HIPÓTESIS	75
5 OBJETIVOS DEL PROYECTO	76
5.1 Objetivo General	76
5.2 Objetivos Particulares	76
6 JUSTIFICACIÓN	78
7 MATERIAL Y METODOS	79
7.1 Localización	79
7.2 Animales	79
7.3 Monitoreo sanguíneo	80
7.4 Pesaje y Variables fisiológicas	82
7.5 Transporte	83
7.6 Monitoreo climático durante el transporte	83
7.7 Método de aturdimiento	84
7.8 Mediciones en las canales calientes y frías	85
7.9 Calidad de la carne	86
7.10 Análisis fisicoquímicos	86
7.10.1 pH	86
7.10.2 Color	87
7.10.3 Textura	87
7.10.4 Oxidación de las grasas	88
7.11 Propiedades funcionales	88
7.11.1 Capacidad de retención de agua	88
7.11.2 Capacidad de emulsificación	89
7.12 Evaluación sensorial	89
7.13 Análisis Estadísticos	90
8 RESULTADOS	92
8.1 Valoración climática	92
8.2 El transporte y reposo presacrificio	94
8.3 El reposo y los métodos de aturdimiento	97
8.4 Peso de la canal y zoometría	98
8.5 Calidad de la carne y examen sensorial	101
9 DISCUSIÓN	108

9.1 <i>El transporte y reposo presacrificio</i>	108
9.2 <i>Métodos de aturdimiento</i>	113
9.3 <i>Calidad de la carne</i>	114
10 CNCLUSION	119
11 BIBLIOGRAFÍA	123
ANEXO 1	136
ANEXO 2	137
ANEXO 3	138
ANEXO 4	139
ANEXO 5	142
ANEXO 6	145
ANEXO 7	148

RESUMEN

El objetivo de estudio fue evaluar los efectos del transporte, duración del periodo de descanso previo al sacrificio y los métodos de aturdimiento sobre parámetros críticos sanguíneos afectados por el estrés y su repercusión en la calidad de la carne. Se utilizaron 20 borregos machos enteros de raza con base Pelibuey, con pesos entre 30.30 y 45.70 kg, de 6 meses de edad y con la misma procedencia. Al inicio del experimento se tomó una muestra basal sanguínea en la que se analizó: pH, glucosa, lactato, $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, Na^+ , Ca^{++} , K^+ , hematocrito, bicarbonato, cortisol, eritrocitos y leucocitos; se registro el peso, y las variables fisiológicas (temperatura, frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria). Los animales se transportaron en una camioneta Estaquitas Nissan de 4 cilindros con caja de madera, durante 6 horas en carretera asfaltada. Al arribo al rastro se tomaron al azar 10 borregos, los cuales se regresaron al corral después de tomar la segunda muestra sanguínea, las variables fisiológicas y el peso, se les suministró agua y paja, y se les dejó un periodo de descanso de 8 horas, antes del sacrificio. A los borregos restantes (10 animales) se les tomó la segunda muestra sanguínea, constantes fisiológicas y peso; los animales de este grupo fueron sacrificados inmediatamente, subdividiendo el grupo

en dos de 5 animales cada uno; a un subgrupo de 5 animales se le insensibilizó por el método de perno cautivo, y al otro subgrupo de 5 animales se le insensibilizó con puntilla. Se desangraron inmediatamente por corte de los principales vasos sanguíneos del cuello. Durante los primeros 5 s del desangrado se tomaron nuevamente muestras sanguíneas para establecer el perfil fisiometabólico por efecto del método de insensibilización. Se procedió al faenado tradicional; se realizó la morfometría y se registró el peso en las canales calientes (2.5 h) y frías (24 h). Las canales se refrigeraron a 10 °C por 24 h, y se tomaron muestras del cuello donde se realizaron y analizaron los parámetros de calidad de carne: color, dureza, pH, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de emulsificación (CE) y oxidación de lípidos, reportado como índice de peróxido (IP) a las 36 h del sacrificio. Se evaluaron también las características sensoriales de la carne. Con respecto a las mediciones en la muestra sanguíneas al comparar los tres tiempos del experimento se observaron diferencias significativas en los valores del K⁺ (p<0.001), glucosa (p<0.003), lactato (p<0.01), temperatura (p<0.01), conteo de leucocitos (p<0.0007) y frecuencia cardiaca y respiratoria (p<0.002 y p>0.2 respectivamente), en la comparación de los métodos de aturdimiento se encontraron diferencias significativas en pH (p<0.05), pCO₂ (p<0.02), pO₂ (p<0.007), Na⁺ (p<0.01) y K⁺ (p<0.003). En cuanto a los

parámetros de calidad de carne las diferencias significativas se encontraron en la dureza ($p < 0.01$), capacidad de emulsificación ($p < 0.03$) y en el análisis sensorial en el atributo sabor ($p < 0.06$). Debido a la poca evidencia de desequilibrios fisiológicos y la repercusión de estos en la calidad de la carne se concluye que un periodo de reposo previo al sacrificio en el caso de los ovinos no es necesario siempre y cuando el transporte sea menor a 6 horas; adicionalmente la valoración de los parámetros críticos sanguíneos evidencian que la estancia en ayuno de los borregos en los corrales presacrificio puede agudizar los desequilibrios propios del transporte afectando el bienestar animal.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the effect of transportation, resting period and stunning method on sheep critical blood parameters, affected by stress, and their influence on meat quality. Twenty entire Pelibuey males, weight between 30.30 and 45.70 kg, 6-month old, similar origin were studied. At the experiment start, blood samples were analyzed for pH, glucose, lactate, $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, Na^+ , Ca^{++} , K^+ , hematocrite, bicarbonate, cortisol, erithrocyte and leucocyte concentration; the initial weight was also recorded as well as physiological variables (temperature, cardiac and respirator frequency). The animals were transported on a pick-up, 4 cylinder truck (Nissan "Estaquitas") for 6 hours on paved road. After arriving to the abattoir, 10 animals were selected at random and kept in a pen; their weights were recorded as well as physiological variables analyzed in a second blood sample. Animals were provided with water and hay, allowing them to rest for 8 hours before slaughtering. Weights and physiological blood variables were also recorded in the other 10-animal group, that was immediately slaughtered. Each group, rested and non-rested, was subdivided into two 5-animal groups; each group was stunned by either captive bolt pistol or medulla sectioning. All animals were exanguinated by severing the major neck blood vessels. Blood

samples were also taken during the initial 5-second exanguination period; the fisiometabolic effect of the stunning method was studied in these samples. Once the carcasses were eviscerated and cleaned, morfometrics and carcass weights were recorded after 2.5 hours (hot carcasses) and 24 hours (cold carcasses) *postmortem*. The carcasses were then stored at a 10 °C for 36 h. Meat quality was analyzed in samples taken from neck muscles. The studied variables were: color, hardness, pH, water holding capacity (WHC), emulsifying capacity (EC) and lipid oxidation (reported as peroxide index, PI). Significant differences were observed in blood variables, with respect to the sampling time, for K⁺ (p<0.001), glucose (p<0.003), lactate (p<0.01), temperature (p<0.01), leucocyte concentration (p<0.0007), cardiac and respiratory frequency (p<0.002 and p>0.2, respectively). With respect to the stunning method, significant differences were observed fro pH (p<0.05), pCO₂ (p<0.02), pO₂ (p<0.007), Na⁺ (p<0.01) and K⁺ (p<0.003). Meat quality showed significant differences in hardness (p<0.01) and EC (p<0.03), whereas sensory analysis was only significantly different in flavor (p<0.06). Due to the lack of evidence with respect to physiological unbalance, and its effect on meat quality, it was concluded that resting before slaughtering is not necessary for sheep when transportation lasts less than 6 hours. In addition, critical blood parameters showed that, placing fasting sheep in pens before

slaughtering, may increase unbalance due to transport, affecting the animal welfare.

1 INTRODUCCIÓN

Los ovinos presentan gran potencial como especie; debido a la rusticidad de estos; pocas enfermedades que los diezma; alta docilidad al ser de carácter pasivo y talla pequeña que facilita su manejo (Medrano, 2000).

En la actualidad la carne de ovino tradicionalmente se consume en forma de barbacoa, y en algunos restaurantes se ofrecen cortes de tipo americano a altos precios, siendo estos poco usuales. En los últimos años las mejoras en el manejo reproductivo y nutricional así como de las importaciones de pie de cría han permitido la mejora genética de los hatos nacionales, logrando así la posibilidad de aumentar la producción y en un momento exportar carne de buena calidad (Hernández, 2007).

Cuidar el proceso de producción de los animales destinados a la producción de carne, el transporte de la unidad de producción al rastro, el momento previo al sacrificio y el manejo *postmortem*, son claves para garantizar bienestar animal y una carne de óptima calidad. Se ha reportado el efecto del estrés en la calidad de mercado de carne de varias especies (Mota-Rojas *et al.*, 2005c, Beceril-Herrera *et al.*, 2009), el cual se origina por estímulos como el hambre, el miedo, la sed, el clima, entre otros,

que ocasionan cambios fisiológicos (Gradin, 1997). Por otra parte, la calidad de la carne es el resultado de la combinación de sus características fisicoquímicas, las principales son: textura, ternera, jugosidad, color, olor, sabor entre otros (Kauffman, 2001 citado por Mota-Rojas, 2005f). Mota-Rojas *et al.* (2005b) se refieren a la calidad de la carne como aquella que presenta color brillante, superficie libre de exudado, consistencia firme y buen olor después del proceso de cocción, así como sabor agradable y textura característica. Debido a que, en gran parte, la calidad de la carne es consecuencia de la condición fisiológica del animal, la alteración de esta incide directamente en un demérito de esta. Durante el transporte de animales se conjugan diversos factores que generan desequilibrios fisiológicos los cuales, mediante procesos biológicos, pueden desencadenar la adaptación o estrés del animal (Becerril-Herrera *et al.*, 2007).

El ovino presenta una alta susceptibilidad al estrés, lo que genera una respuesta fisiológica de adaptación; entre estas sobresale el aumento en la secreción de catecolaminas, que da lugar a un aumento del gasto cardíaco, del consumo de oxígeno y de la temperatura corporal; disminución del pH, acumulación de ácido láctico (Hambrecht *et al.*, 2003) y aumento de la gluconeogénesis, con lo que se incrementa el metabolismo basal (Becerril-Herrera *et al.*, 2009). En la medida que se incrementa el

grado de estrés en el animal, hay un desequilibrio metabólico que repercute en el potencial glucolítico post-mortem, alterando el grado de acidez muscular y el color de la carne (Cockram *et al.*, 2000; Leheska *et al.*, 2003; Hambrecht *et al.*, 2004). Los métodos inadecuados de sacrificio, las condiciones de higiene, el periodo de reposo ante-mortem, las instalaciones mal planeadas y el maltrato que reciben los animales por parte del personal del rastro influyen directamente sobre los valores normales de pH, temperatura, capacidad de retención de agua y color de la carne (Mota-Rojas *et al.*, 2005abd).

Considerando lo antes mencionado, la presente investigación tiene la finalidad de determinar el comportamiento de las variables fisiológicas y metabólicas en respuesta al estrés ocasionado por el transporte presacrificio y el método de matanza. Con este estudio se pretende, aportar soluciones prácticas a los principales problemas del transporte y método de matanza en ovinos, que pueden alterar la calidad de la carne.

2 MARCO DE REFERENCIA

Producción de carne ovina en México

Las actividades pecuarias son muy importantes en el contexto socioeconómico del país y al igual que el resto del sector primario, han servido de base al desarrollo de la industria nacional, ya que proporcionan alimentos y materias primas, divisas, empleo; además, distribuyen ingresos en el sector rural y utilizan recursos naturales que no tienen cualidades adecuadas para la agricultura u otra actividad productiva. La ganadería, y en específico la producción de carne, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural, pues se realiza sin excepción en todas las regiones ecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas. La oferta acumulada de la producción ovina pasó de 61,000 TM (millones de toneladas) en 1990 a 68,000 TM en 1999, manifestando una TMCA (Tasa media de crecimiento anual) de 1.6%. En 2004 el aumento fue del de 5.1% respecto a 1999 (Programa Nacional Pecuario, 2005).

Aunque la producción de carne se practica en todo el país, existe una importante concentración de ésta hacia algunas entidades en donde, ya sea por la tradición productiva, por la

disponibilidad de recursos e insumos o por las condiciones climatológicas, existe un predominio sobre las demás como se muestra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales entidades productoras de carne de ovinos en 2004 y 2005.

Estado de la República Mexicana	2004	2005
México	7165	6994
Hidalgo	5501	5436
Veracruz	5151	4977
Puebla	2592	2898
San Luis Potosí	2284	2414
Zacatecas	2512	2405
Tamaulipas	1821	2095
Jalisco	1606	1892
Sinaloa	1897	1844
Oaxaca	1633	1666
Michoacán	1261	1302
Chihuahua	771	1248
Guanajuato	1312	1166
Chiapas	1125	1125
Tlaxcala	1430	1116
Total de la producción del país	44315	43891

Fuente: Programa Nacional Pecuario, 2005.

2.1.1 Demanda de productos alimenticios.

Como se presenta en el Cuadro 2 y en la Figura 1, de 1985 al 2005 ha habido un crecimiento demográfico acelerado en el país;

en 55 años la población se ha multiplicado de 12.6 millones de habitantes a 103.3 millones de habitantes, lo que ha aumentado la demanda de productos alimenticios, siendo la proteína de origen animal uno de los principales nutrientes (INEGI, 2006).

Cuadro 2. Tasa de crecimiento media anual de la población, 1950 a 2005 (Porcentaje)

Período	Tasa de crecimiento media anual (%)
1950-1960	3.0
1960-1970	3.4
1970-1990	2.6
1990-1995	2.0
1995-2000	1.6
1990-2000	1.8
2000-2005	1.0

Fuente: INEGI, 2006.

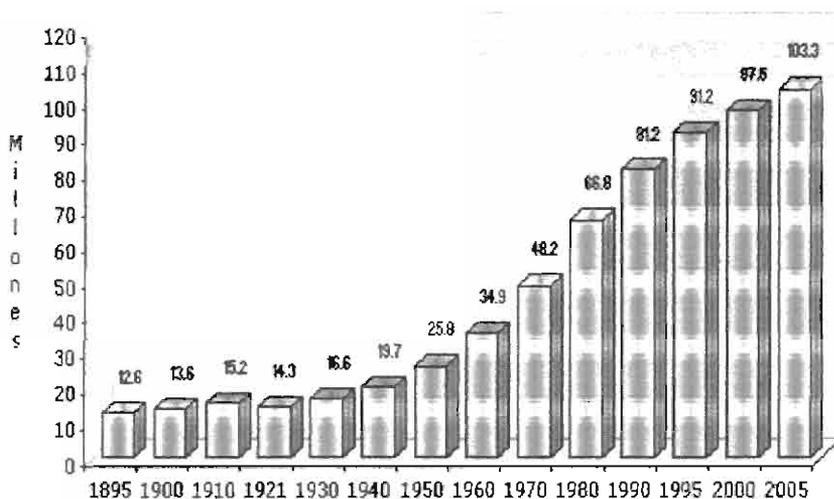


Figura 1. Aumento poblacional en México.

2.1.2 La ovinocultura como alternativa.

Los ovinos, son animales mamíferos, rumiantes, artiodáctilos, bingulados, y herbívoros, que generalmente tienen solo una o dos crías por parto (Church, 1998). Se clasifican de acuerdo con la finalidad de su explotación en razas cárnicas, lanares, lecheras y de doble propósito (SAGARPA, 2006a). Medrano (2000) refiere que presentan una gran capacidad para adaptarse en condiciones de clima frío y seco; se encuentran ampliamente distribuidos en países como Australia, Rusia, China, Nueva Zelanda, India, Turquía, Irán, Sudáfrica y México (Church, 1998). Son alojados para su producción en diferentes tipos de

instalaciones, dependiendo del tipo de sistema productivo en el que se exploten.

La producción de ovinos en México está enfocada a la producción de animales para pie de cría y la producción de corderos para engorda, las cuales se pueden llevar a cabo en tres tipos de sistemas: intensivo, extensivo, semi-extensivo y de traspatio (Hernández, 2007).

2.1.3 Producción ovina

El inventario nacional en 1999 reportó 5,948,764 cabezas de ganado ovino (SAGARPA, 2004), la mayoría de tipo criollo y solamente un porcentaje pequeño de razas definidas. Por otra parte, el 23% del inventario nacional son ovinos de pelo; se ha estimado que alrededor de 50,000 productores en el ámbito nacional se dedican a la cría de ovinos y cerca de 120,000 artesanos trabajan la lana (Medrano, 2000). En el Cuadro 3 se presentan las importaciones tanto de ovinos para pie de cría y otros, así como en carne fresca y congelada.

Cuadro 3. Importaciones mexicanas correspondiente a ovinos de 2001 a 2003 (SAGARPA, 2005).

Producto	Tipo	2001	2002	2003
Ganado (número de animales)	Pie de cría	47,353	96,646	693
	Otros	398,086	473,532	144,956
Carnes frescas o congeladas (TM)		48,844.7	46,931.6	40,089.9

2.1.4 Infraestructura de sacrificio y transformación primaria

El procesamiento del ganado para abasto se realiza en diferentes tipos de establecimientos, diferenciados por el grado de equipamiento, los controles sanitarios y el tamaño de la infraestructura.

En nuestro país, la división primaria de los lugares de sacrificio considera tres escalafones: el primero constituido por la infraestructura más moderna, con mayor equipamiento y con los más estrictos controles higiénicos, correspondientes a los denominados rastros Tipo Inspección Federal, o TIF (SAGDR, 2003). Se dispone de un total de 97 rastros TIF, de los cuales 11

corresponden al sacrificio de ovinos: 3 en Coahuila, 1 en Chihuahua, 1 en Durango, 2 en Guanajuato, 1 en Hidalgo, 1 en Nuevo León, 1 en Puebla y 1 en Sinaloa (SAGARPA Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera Subdirección de Certificación, 2006b).

El segundo escaño corresponde a los rastros municipales y particulares, con la infraestructura más antigua y tradicional del país, en los cuales se manejan diferentes niveles tecnológicos y de control higiénico. La cobertura territorial de este tipo de infraestructura es la más extendida en el país, estimándose la existencia de más de 1,300 rastros municipales, lo cual obedece a la obligación legal de los gobiernos municipales de disponer de infraestructura para el procesamiento de animales, a fin de garantizar el abasto suficiente de carne a sus mercados locales.

Por último, se encuentra el denominado sacrificio *in situ* o de traspatio, que corresponden al sistema ancestral de aprovechamiento de animales, principalmente de especies menores, en el lugar de la cría (SAGDR, 2003).

2.2 Susceptibilidad al estrés

Rosmini y Signorini (2006) definen al estrés como un estado de adaptación de los animales, caracterizado por el desequilibrio de la homeostasis como resultado de la acción de uno o más factores, de origen interno o externo. El estrés constituye estímulos agresivos que afectan al animal, como el hambre, el miedo, la sed, las consecuencias climáticas severas o los agentes nocivos que le ocasionan cambios fisiológicos y que pueden liderar un estado patológico si el factor que lo provoca se mantiene por mucho tiempo (Von Borell, 2001, citado por Rosmini y Signorini, 2006). Se han distinguido tres fases de respuesta ante el estrés: alarma, seguida por resistencia donde hay una activación del sistema neurohormonal y de no obtenerse los resultados satisfactorios deriva el agotamiento del sistema de respuesta mejor llamado estado patológico y eventualmente la muerte (Mota *et al.*, 2000a). En la Figura 2 se describe la integración neurobiológica del estrés.

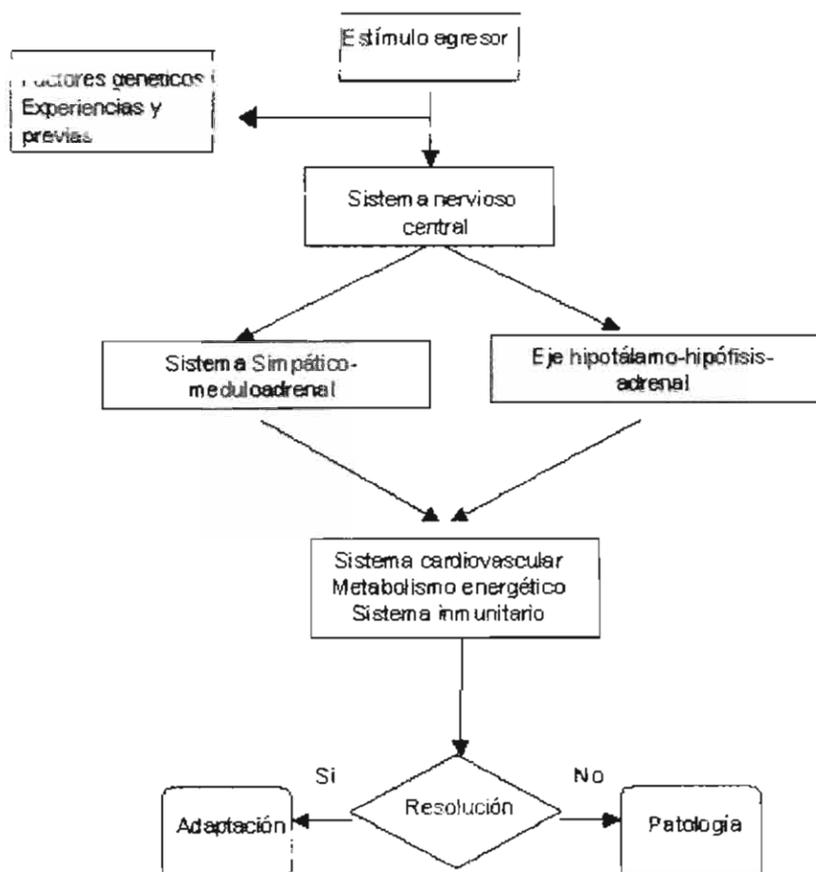


Figura 2. Integración neurobiológica del estrés (Rosmini y Signorini 2006).

En la situación de alarma los centros cerebrales cognoscitivos, como la corteza cerebral, perciben las agresiones y actúa para iniciar mecanismos de respuesta vía señales nerviosas que activan la liberación del factor de liberación de corticotropina (CRF). El CRF producido por las neuronas, especialmente las del núcleo paraventricular del hipotálamo es liberado por los axones

terminales que se proyectan a la región de la eminencia media y es transportado por el sistema sanguíneo hipofiseal portal hasta la hipófisis anterior. Aquí se produce un incremento de la síntesis y la secreción de adenocorticotropina (ACTH), β -endorfina, β -lipotropina y α -melanotropina. El CRF no solamente activa el eje hipotálamo-hipófisis-corticoadrenal, también posee funciones de neurotransmisor cerebral, activando el sistema simpático y el sistema meduloadrenal, resultando en incrementos en los niveles de catecolaminas plasmáticas, aumenta la presión arterial y la frecuencia cardíaca (Rosmini y Signorini, 2006).

Durante la resistencia al factor de estrés, los sistemas neuroendocrinos puestos en marcha para adaptarse a las agresiones están formados por dos componentes: el sistema simpático-meduloadrenal y el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal.

En el sistema simpático-meduloadrenal, la estimulación general de la división simpática de SNA producen la liberación a la corriente sanguínea de catecolaminas (especialmente adrenalina y noradrenalina) provocando respuestas inmediatas que preparan al organismo para urgencias, mientras que suprime las actividades irrelevantes. Esto genera un incremento de la glucemia, de la frecuencia cardíaca y del flujo sanguíneo a los músculos (especialmente al cardíaco) y disminuye el aporte de

sangre al tracto gastrointestinal, los riñones y la piel. La noradrenalina y la adrenalina son liberadas por la medula adrenal, aunque la noradrenalina puede también ser liberada directamente desde las terminales nerviosas. Poseen una vida media corta de aproximadamente dos minutos en la circulación (Von Borell, 2001, citado por Rosmini y Signorini, 2006). Estas hormonas generan un incremento de la gluconeogénesis a nivel hepático y muscular, incrementan la fuerza y la rapidez de las contracciones cardíacas, la presión arterial, el gasto cardíaco y la lipólisis y producen una dilatación en la musculatura bronquial. La disminución del glucógeno muscular se debe a la acción directa de las catecolaminas y no por un fenómeno de incremento de las contracciones musculares durante los periodos estresantes (Pérez *et al.*, 2002).

El eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, pone en conexión a una estructura nerviosa, el hipotálamo y dos estructuras glandulares, la adenohipófisis y la corteza adrenal. Todo este sistema se encuentra controlado por centros nerviosos superiores que vigilan constantemente el equilibrio fisicoquímico sanguíneo, el funcionamiento cardiovascular, el equilibrio energético y el estado anímico. La ACTH liberada por la adenohipófisis bajo la influencia del CRF hipotalámico, actúa a nivel de la corteza adrenal, se fija a receptores de alta afinidad en la membrana plasmática de las

células de la zona fasciculada corticoadrenal y estimula la liberación de adenocorticoides (especialmente cortisol y corticosterona). Adicionalmente, la ACTH estimula la lipólisis y el transporte de glucosa y aminoácidos a los músculos. Los glucocorticoides poseen, como órganos blanco, al hígado y el timo. Inducen la producción de enzimas glucogénicas (fructosa-1,6-difosfatasa, glucosa-6-fosfato y piruvato carboxilasa) que incrementan la conversión de proteínas en glucosa. Adicionalmente, incrementan la actividad de enzimas lipolíticas en los adipocitos, generando un aumento en la concentración plasmática de ácidos grasos libres (AGL). Estos cambios metabólicos generan un incremento en la energía disponible a corto plazo. Parte de la función de los glucocorticoides circulantes en el mantenimiento de la reactividad vascular a las catecolaminas, siendo importantes además para que estas ejerzan su acción movilizada completa sobre los AGL. Las respuestas individuales de los animales a un estresor dependen de factores genéticos y experiencias previas (Grandin, 1997; Rosmini y Signorini, 2006).

2.3 Fisiología del equilibrio ácido base

El equilibrio ácido-base requiere la integración de tres sistemas orgánicos, el hígado quien metaboliza las proteínas produciendo

iones hidrógeno (H^+), el pulmón elimina el dióxido de carbono (CO_2), y el riñón generando nuevo bicarbonato (H_2CO_3) (Cunningham, 1999).

En el plasma normal, la concentración de H^+ es de 40 nmol/L, y su concentración plasmática es de 0.000398 mEq/L, lo que al expresarse como logaritmo inverso de la concentración de hidrogeniones y lo convierte en el valor pH, es decir, a pH 7.3979 (aproximadamente 7.40) (Riverón y Mena, 2000). El pH plasmático se refiere habitualmente a la relación entre las concentraciones de bicarbonato/ácido carbónico, en el plasma; donde no existe anhidrasa carbónica, casi todo el ácido carbónico está disociado en CO_2 y H_2O , la concentración del ácido carbónico es (0.003 mmol/L). Esta pequeña cantidad está disociada en CO_3H^- y H^+ , lo que explica la razón del aumento de acidez cuando aumenta el CO_2 en el plasma (Shapiro et al. *et al.*, 1996). La concentración normal de bicarbonato en el plasma es 24.4 mmol/L en ovinos; en condiciones normales, las concentraciones de bicarbonato y CO_2 disuelto están en proporción 20/1, siempre que esta proporción se mantenga el pH será 7.4 (Hanna *et al.*, 1995).

El medio interno ha de mantener un pH dentro de unos límites fisiológicos de 7.35 y 7.45 (Riverón y Mena, 2000). Existe en el

organismo una producción continua de ácidos (Hanna *et al.*, 1995; Rose, 1989a):

1) 50 a 100 mEq/día de "ácidos fijos", procedentes básicamente del metabolismo de los aminoácidos que contienen sulfuro (metionina, cysteina) y aminoácidos catiónicos (lisina y arginina) (Cunningham, 1999). Aunque los hidratos de carbono y las grasas son normalmente metabolizadas a productos finales neutros, en circunstancias anormales (como puede ser la hipoxia, donde la glucosa se metaboliza a H^+ y lactato, o en el déficit de insulina donde los triglicéridos se metabolizan a H^+ y β -hidroxibutirato) pueden servir como carga de ácidos (Shapiro *et al.*, 1996).

2) 10000 a 20000 mEq/día de "ácidos volátiles" en forma de CO_2 . Estos ácidos son eliminados del organismo, pero los procesos de eliminación de los "ácidos fijos" son lentos (Cunningham, 1999).

El organismo dispone de medios para defenderse de forma rápida de la acidez que actúan coordinadamente (Riverón y Mena, 2000). Estos son los amortiguadores, la regulación respiratoria; y la la regulación renal (Shapiro *et al.*, 1996).

Los amortiguadores del compartimiento extracelular son los siguientes: bicarbonato/ CO_2 , en el plasma y líquido intersticial; hemoglobina (Hb), en los hematíes; proteínas plasmáticas; fosfato disódico/fosfato monosódico, en plasma, hematíes y líquido intersticial (Hanna *et al.*, 1995; Cunningham, 1999).

En condiciones normales, el sistema bicarbonato/ CO_2 representa el 75% de la capacidad de amortiguación total de la sangre, siendo un amortiguador excelente, a pesar de estar en relación 20/1, ya que su componente ácida (CO_2) es gaseosa y, además, fácilmente difusible, lo que permite una modificación muy rápida de sus niveles mediante la respiración (Rose, 1989b).

Los amortiguadores del compartimiento intracelular son cuantitativamente más importantes, pero no bien conocidos. Aparte del sistema de la Hb, los más importantes son el del fosfato disódico/fosfato monosódico y el de las proteínas intracelulares (imidazol). Los H^+ penetran en las células intercambiándose por Na^+ , K^+ y lactato, y son neutralizados por ellos; este proceso tarda de 2 a 4 horas (Shapiro *et al.*, 1996).

La segunda línea de defensa actúa amortiguando la acidez o alcalinidad a base de eliminar o retener CO_2 , lo que disminuye o

aumenta el ácido carbónico, y en consecuencia la concentración de H^+ (Cunningham, 1999).

En condiciones normales, todos los ácidos volátiles producidos han de ser eliminados por el pulmón, prácticamente en su totalidad. El CO_2 es un gas soluble en los líquidos corporales y muy difusible, unas 20 veces más que el O_2 , y tiende a moverse muy rápidamente hacia regiones con menor concentración, lo que se conoce como tendencia “de escape” del CO_2 (Shapiro *et al.*, 1996; Riverón y Mena, 2000). El CO_2 tisular, procedente del metabolismo, se mueve hacia el plasma, donde puede ocurrir lo siguiente:

- Disolverse físicamente, de acuerdo con la pCO_2
Hidratarse a bicarbonato, en una mínima cantidad, debido a que en el plasma hay muy escasa anhidrasa carbónica
En su mayor parte, pasar al hematíe, una vez dentro del mismo, una parte se disuelve, otra se hidrata a bicarbonato, ya que en el hematíe hay abundante anhidrasa carbónica, y otra parte se une a la Hb formando compuestos carbamino.

El H_2CO_3 formado se disocia en $H^+ CO_3^-$ y H^+ ; la unión del CO_2 a la Hb libera también un H^+ . Estos H^+ han de ser neutralizados para evitar el descenso de pH (Cunningham, 1999).

Tanto los fosfatos intraeritrocíticos como la Hb, pueden aceptar la mayor parte de estos H^+ . Al pH normal de la sangre, la Hb tiene predominio de cargas negativas, y por lo tanto se comporta como una base y puede aceptar H^+ en los grupos imidazol de la histidina; el carácter básico de la Hb aumenta cuando se desoxigena, y por lo tanto acepta más H^+ al mismo pH; la desoxigenación de la Hb ocurre precisamente en los tejidos, donde debe recoger el CO_2 y por tanto aceptar H^+ (efecto Bohr). Este efecto es recíproco: a medida que aumenta la concentración de H^+ dentro del hematíe, la Hb suelta más fácilmente su oxígeno. Por otra parte, la Hb desoxigenada acepta CO_2 en sus grupos NH_2 formando compuestos carbamino (efecto Haldane); esta unión libera un H^+ , que es aceptado por los grupos imidazol. Este efecto es también recíproco, cuando aumenta la pCO_2 dentro del hematíe la Hb suelta también más fácilmente el O_2 (Shapiro *et al.*, 1996).

Cuando la Hb se desoxigena, cada gramo puede aceptar 0.043 mmol de H^+ , y por cada mmol de Hb que se desoxigena se cede a los tejidos 1 mmol de O_2 . Como el cociente respiratorio normal es de 0.8, se genera metabólicamente 0.8 mmol de CO_2 , que al hidratarse dentro del hematíe mediante la anhidrasa carbónica, producen 0.8 mmol de $H^+ CO_3$ y 0.8 mmol de H^+ ; como se ha

comentado, cuando 1 mmol de Hb (16.1 g) se desoxigena, puede aceptar $0.053 \times 16.1 = 0.7$ mmol de H^+ sin que cambie el pH. Es decir que 0.7 mmol de los H^+ producidos al hidratarse el CO_2 dentro del hematíe pueden ser aceptados por la Hb desoxigenada y solo 0.1 mmol de H^+ por cada mmol de Hb (alrededor de 4 mmol/L) deben ser amortiguados por los otros buffers. Por esta razón, la sangre venosa es solo ligeramente más ácida (0.04 U pH en condiciones normales) que la arterial (Shapiro *et al.*, 1996; Cunningham, 1999).

La producción continua de bicarbonato dentro del hematíe hace que su concentración aumente progresivamente; al alcanzar cierto nivel sale al plasma, intercambiándose por el Cl^- y agua (efecto Hamburger), por lo tanto parte del CO_2 se transporta en la sangre venosa en forma de bicarbonato plasmático, por esta razón el bicarbonato de la sangre venosa es ligeramente más alto (alrededor de 1 mEq/L) que el de la sangre arterial (Hanna *et al.*, 1995; Shapiro *et al.*, 1996).

En el pulmón aumenta pCO_2 del eritrocito, difunde CO_2 hacia el plasma, aumentando pCO_2 , debido a su gran capacidad de difusión, el CO_2 atraviesa la membrana alvéolo-capilar y se elimina con el aire espirado. La ventilación alveolar está exactamente regulada para que la pCO_2 alveolar y, en

consecuencia, la arterial, para que se mantenga en unos 40 mmHg; si la $p\text{CO}_2$ arterial aumenta de esta cifra aumenta la ventilación alveolar y por lo tanto la eliminación de CO_2 , y al contrario (Rose, 1989b).

Cuando la producción de CO_2 aumenta, aumenta en consecuencia la ventilación alveolar si el pulmón puede responder adecuadamente, con lo que no se desarrolla hiperapnea ni acidosis respiratoria. Si el pulmón no responde, o si disminuye la ventilación alveolar por otras causas con una producción normal de CO_2 , el CO_2 se va acumulando, y cuando se saturan los mecanismos buffer, aumenta la $p\text{CO}_2$ y el ácido carbónico produciéndose la acidosis respiratoria (Rose, 1989a; Shapiro *et al.*, 1996).

La tercera línea, la regulación renal: normalmente se producen H^+ entre 50 y 100 mEq/día, aunque en condiciones patológicas pueden producirse hasta 500 mEq/día, que se neutralizan con los buffers extra e intracelulares, pero han de ser eliminados por el riñón, ya que el pulmón no excreta H^+ (Halperin y Jungas, 1983; Cunningham, 1999).

El riñón contribuye al balance ácido-base regulando la excreción de H^+ en tanto que la concentración de CO_3H^- permanezca

dentro de límites apropiados (Cunningham, 1999). Esto involucra dos pasos básicos

La reabsorción tubular del bicarbonato filtrado en el glomérulo: Todo el bicarbonato plasmático (4.500-5.000 mEq/día) se filtra en el glomérulo. Si el pH de la orina es <6.2 , no hay nada de bicarbonato en la orina, lo que indica que se ha reabsorbido todo en el túbulo. Cuando el pH urinario es >6.2 aparece el bicarbonato en la orina. La reabsorción tubular de bicarbonato aproximadamente el 90% se realiza en el túbulo proximal, en los primeros milímetros de este segmento. Parece estar mediada por el incremento en el número de cotransportadores Na^+/H^+ (Seifter y Aronson, 1986), el restante 10% restante se reabsorbe en segmentos más distales, en los túbulos colectores medulares más externos.

La reabsorción de bicarbonato por el túbulo depende de varios factores:

1. De la cantidad de bicarbonato presente en el túbulo que es prácticamente lineal hasta un nivel de 24-25 mEq/L; si es inferior a este nivel el bicarbonato plasmático todo se reabsorbe en el túbulo (Riverón y Mena, 2000). A partir de dicho nivel, el que se reabsorba más o menos depende de los siguientes factores.

2. Nivel de $p\text{CO}_2$, si aumenta en el plasma, y en consecuencia en la célula tubular, aumenta la concentración de H^+ aumentando su eliminación por los mecanismos que se describirán posteriormente y en consecuencia se reabsorbe más bicarbonato; y si disminuye, se reabsorbe menos.

3. Grado de repleción del volumen extracelular, su expansión disminuye la reabsorción proximal de bicarbonato y su contracción aumenta la reabsorción de bicarbonato.

4. Nivel de mineralcorticoides (y en menor medida de glucocorticoides); si está aumentado, aumenta la reabsorción de bicarbonato; y si está disminuido, disminuye.

5. Nivel de K^+ plasmático, si está bajo, aumenta ligeramente la reabsorción de bicarbonato probablemente por estímulo de la producción de renina - aldosterona. La hipopotasemia genera "per se" alcalosis metabólica

a regeneración del bicarbonato gastado en la neutralización del ácido fijo, mediante la eliminación de H^+ :

1. Se alcanza mediante la secreción de H^+ con dos mecanismos diferentes, en el túbulo proximal cotransporte Na^+H^+ , y en los

tubulos colectores por un mecanismo de transporte activo primario, con un transportador especifico denominado adenosintrifosfatasa transportadora de iones hidrógeno (H^+ -ATPasa), manteniendo la electroneutralidad por la secreción concurrente de Cl^- (Stone y Xie, 1988). Este último mecanismo puede aumentar la concentración de hidrógeno en la luz tubular hasta 900 veces, que puede disminuir el pH del líquido tubular hasta 4.5, que es límite inferior de pH que se mide en la orina, en contraste con el incremento de tres a cuatro veces que puede ser obtenido en los túbulos proximales. En condiciones normales, la velocidad de secreción de hidrogeniones es del orden de 3.5 mmol/min y la velocidad de filtración de bicarbonato es de 3.46 mmol/min, es decir la cantidad de ambos iones es prácticamente la misma, neutralizándose en la luz tubular. Por tanto la excreción directa de H^+ libres, es mínima de 0.1 mEq/día como máximo (Shapiro *et al.*, 1996).

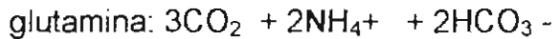
2. Para eliminar el exceso de hidrogeniones por la orina, se debe combinar este ión hidrógeno con tampones intratubulares (Cunningham, 1999):

I. Como "acidez titulable"

a) En forma de fosfato: $HPO^{4-} + H^+ \rightarrow H_2PO^4$; este sistema tiene pK 6.8, y por tanto es activo entre pH 7.3 y 6.3.

b) En forma de creatinina: es cuantitativamente poco importante, su interés es por tener pK 4.8, y poder actuar en los intervalos bajos del pH urinario (Rose 1989b).

II. Como amonio: El túbulo renal sintetiza amoniaco a partir de la glutamina a partir de una de las siguientes vías: (Vinay *et al.*, 1986 y Halperin y Jungas, 1983).



- glutamina: $\frac{1}{2}$ glucosa + $2\text{NH}_4^+ + 2\text{HCO}_3^-$

Una vez formado, el bicarbonato vuelve a la circulación sistémica a través de la vena renal. Si el amonio no se excreta a la orina y retorna a la circulación sistémica, se metaboliza en el hígado donde se metaboliza a urea, consumiendo bicarbonato. Por tanto, dos mecanismos regulan la producción de bicarbonato de la amoniogénesis renal: 1) el balance de distribución del amonio entre la circulación sistémica y la orina; y 2) la velocidad de producción de amonio renal. La producción de amonio puede estar influida por factores al margen del estado ácido-base, como son la masa renal reducida, cambios en el volumen circulante, alteraciones en el potasio y calcio (Hanna *et al.*, 1995).

El amoniaco es un gas, que difunde con facilidad hacia la luz del túbulo, dónde se combina con los H^+ procedentes del H_2CO_3 , que

se han intercambiado previamente por Na^+ , formando amonio: $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$, que es un catión, muy poco difusible a través de la membrana de la célula tubular (no existe transporte activo de amonio), por lo que queda “atrapado” en la luz tubular, eliminándose con la orina. De esta forma se eliminan normalmente 20 a 40 mEq/día de H^+ , pudiendo incrementarse hasta 250 mEq/día ó más en las acidosis metabólicas severas (Schoolwerth, 1991).

Mediante estos mecanismos, por cada H^+ que se elimina por la orina, se retiene, y se reabsorbe, un bicarbonato. En la acidosis se excretan H^+ por el riñón, tanto los procedentes de ácidos fijos como del ácido carbónico, es decir, tanto de la acidosis metabólica como respiratoria. En el caso de que el bicarbonato se hubiera gastado previamente en la neutralización del ácido fijo, esto supone regenerar el bicarbonato gastado; en el caso de la eliminación de H^+ procedente del ácido carbónico, la reabsorción secundaria de bicarbonato supone elevar el bicarbonato plasmático por encima de sus niveles normales, que es lo que ocurre en la compensación metabólica de la acidosis respiratoria crónica. En la alcalosis, tanto metabólica como respiratoria, se retienen H^+ al mismo tiempo que se excreta el bicarbonato, que desciende en el plasma (Shapiro *et al.*, 1996; Cunningham, 1999).

La cantidad neta de H^+ excretados en orina es igual a la cantidad de H^+ excretados como acidez titulable y NH_4^+ menos cualquier H^+ añadido por la pérdida de HCO_3 urinario (Riverón y Mena, 2000).

2.4 Aturdimiento y sacrificio

Con fines industriales, el sacrificio de los animales comprende dos operaciones básicas: el aturdimiento o insensibilización y el desangrado, ambos son importantes para obtener una buena calidad de la canal (Lawrie, 1998). Rosmini (2006) define la insensibilización como la pérdida de la capacidad de experimentar impresiones físicas propias de los seres animados, debido a la aplicación de un proceso mecánico, químico o eléctrico que interrumpe, en forma momentánea, la percepción a través de los sentidos y se realiza con el fin de provocar su inconciencia (Gregory, 1996 citado por Rosmini 2006), y de esta forma asegurar que no se recuperarán antes de ser sacrificados mediante el desangrado y evitar el sufrimiento animal (Grandin, 1997).

Los métodos de insensibilización se clasifican en tres grupos, de acuerdo con el principio a través del cual el dispositivo utilizado produce su efecto.

2.4.1 Métodos de contusión

El principio de acción es un golpe, el cual produce sobre el sistema nervioso un trauma, induciendo la pérdida parcial o total del conocimiento sin afectar la estructura anatómica del cerebro. Como consecuencia del impacto se produce una serie de ondas de presión en el interior del cráneo, de intensidad y frecuencia variables, cuyas rápidas oscilaciones provocan la despolarización de la membrana celular (Lambooy *et al.*, 1982 citado por Rosmini, 2006). El sitio correcto para la aplicación del golpe varía con la especie animal; en los corderos se ubica en la parte posterior del cráneo, en la unión temporoparietal. Entre los sistemas que producen conmoción cerebral mediante un golpe traumático están los siguientes:

- Los que perforan la caja craneal. Equipos de perno cautivo, los proyectiles son remplazados por un punzón, que después de disparado regresa a su posición original por acción de un resorte o de vacío. Su modo de acción es una combinación del efecto del desorden funcional a nivel nervioso producto del golpe y el propio

trauma debido a la lesión que produce sobre el tejido nervioso. Dentro de este rubro se encuentran el aturdidor neumático que inyecta aire, el aturdidor neumático que no inyecta aire, la pistola de bala cautiva y varilla para lacerar el cerebro; y la pistola de bala cautiva sin varilla y bala libre.

- Los que no lesionan la caja craneal. Constituyen la última generación de aparatos que actúan por contusión y se caracterizan por producir una conmoción cerebral sin lesionar el tejido nervioso. El animal se desploma inmediatamente y después de unos segundos sobrevienen un periodo de espasmos tetánicos y otro de movimientos suaves de pedaleo de los miembros posteriores. La pérdida de la conciencia de los ovinos dura entre 30 y 40 segundos.

2.4.2 Métodos por descarga eléctrica

Produce inconciencia a través de un ataque epileptiforme, se pueden reconocer tres fases bien diferenciadas: la primera tónica, la segunda clónica y la tercera de recuperación (McKinstry y Anil, 2004 citado por Rosmini, 2006), la actividad epiléptica es producida debido a la elevada descarga de neurotransmisores al cerebro que genera el paso de la corriente eléctrica (Cook *et al.*, 1992 citado por Lawrie, 1998), la contracción violenta de la

musculatura estriada y la rigidez de los miembros va acompañada de la detención de la respiración. Transcurridos diez segundos de la aplicación, sin interrumpir la corriente, se relaja la musculatura y el animal permanece flácido, 45 a 60 segundos después comienzan los movimientos de pedaleos con los miembros y se reinicia la respiración.

2.4.3 Métodos mediante gases

Es un sistema que produce una anestesia verdadera, mediante la utilización de gases inertes. El gas mas utilizado es el dióxido de carbono, el cual no deja residuos tóxicos en los tejidos, se acumula en la sangre y llega hasta el cerebro produciendo al animal una pérdida de conciencia. Reduce la incidencia de hemorragias, es seguro para los operarios, y permite obtener carne de mejor calidad que la procedente al método eléctrico (Chanon *et al.*, 2000 citado por Rosmini, 2006).

En México, la insensibilización para animales de abasto obedece a la norma NOM-033-ZOO-1995 (SAGDR, 1995b), en esta norma reconoce los métodos de pemo cautivo y eléctrico como permitidos para el aturdimiento estos deben tener las siguientes especificaciones:

a) Pistola de perno cautivo de penetración del calibre utilizado para ganado bovino pequeño. El disparo se realiza 4 cm arriba de la línea mediana de la cabeza entre los 2 ojos, colocando el cañón de la pistola perpendicular al hueso frontal.

b) Electroinsensibilización. La colocación de los electrodos será cada uno de ellos debajo de la oreja respectiva o uno entre los ojos y el otro detrás de una oreja.

Respecto al sacrificio humanitario, NOM-033-ZOO-1995 (SAGDR, 1995b), menciona que éste deberá ser por desangrado al corte de yugulares. Se deberá realizar dentro de los 30 segundos después de aplicada la insensibilización.

La correcta posición de la pistola de perno cautivo y de los electrodos, indicada por la norma mexicana, se muestra en los Anexos 1 y 2.

Algunos autores, como Barranco (1998), Mota-Rojas *et al.*, (2005c), refieren que los métodos inadecuados de sacrificio, las condiciones de higiene, las instalaciones mal planeadas y el maltrato que reciben los animales por parte del personal del rastro, influyen directamente sobre la calidad de la carne y sobre el bienestar animal, generando un estrés agudo en donde que se

refleja en el aumento de la actividad del sistema nervioso simpático y la liberación de catecolaminas, noradrenalina y adrenalina en el torrente sanguíneo, promoviendo el aumento del ritmo cardiaco, la elevación de la presión sanguínea, el cese de la digestión y la movilización del glucógeno hepático con aumento del glucosa en la sangre. Al disminuirse los niveles de glucógeno, la producción de ácido láctico después del sacrificio disminuye, y la carne tiene un pH más alto, presentado una calidad indeseable (Gracey, 1989, Ponce, 2006, Rosmini, 2006).

2.5 Evisceración y limpieza de la canal

En la matanza industrial tanto de ovinos como de bovinos, se realizan diversos procedimientos después del aturdimiento del animal, estos son (Rosmini, 2006):

Izado. En los establecimientos industriales de matanza, se ejecuta con los animales suspendidos por una extremidad trasera, en un riel móvil que los transporta por el proceso de faenado.

Desangrado. Se produce al seccionar los grandes vasos sanguíneos del cuello (yugular y carótida), provoca la muerte por el fallo cardiaco inducido por hipovolemia. Al realizar este

procedimiento con el animal izado, se centraliza la caída de la sangre, disminuyendo los riesgos sanitarios.

Cuereado. Corresponde a la separación de la piel con los músculos, se inician de forma simultánea con el desprendimiento manual de la pata posterior.

Atado de recto, esófago y vejiga. Se realiza para evitar la salida de agentes contaminantes de estas regiones.

Separación de la cabeza. Se realiza a la altura de la articulación atlanto-occipital, se cortan los músculos que la mantienen unida, la médula, la cápsula articular y los ligamentos que refuerzan la articulación.

Aserrado del pecho. Se corta el esternón a través de la línea media ventral del animal, para permitir la libre evisceración

Evisceración. Consiste en extraer las vísceras del animal ya que después de la muerte del mismo la gran actividad microbiana y enzimática puede originar la ruptura de estas, lo que originaría la salida de estos y la consecuente contaminación generalizada de los tejidos de la canal. Las vísceras se clasifican en rojas (las que se por su contenido en sangre presenta ese color: corazón,

hígado, bazo, aparato respiratorio) y verdes (las que conforman el tubo digestivo).

Inspección postmortem. Se realiza con el fin de determinar si todos los órganos, partes y tejidos que componían el animal están en condiciones sanitarias de ser destinados al consumo humano.

Prolijado y lavado. Se realiza utilizando agua potable fría a presión y dirigiendo el agua desde la parte caudal hacia la parte craneal en forma de barrido (Rosmini, 2006).

Pesado, tipificación y sellado. Las canales son pesadas para determinar el rendimiento del animal, tipificada con base en su conformación y grado de terminación e identificada con los sellos sanitarios como lo menciona la norma **NMX-FF-106-SCFI-2006** (SCFI, 2006).

2.6 Composición regional de la canal

Una vez sacrificado el animal, el cuerpo es dividido en varias porciones: piel, vísceras, partes grasas, sangre, etcétera, siendo el conjunto de músculos estriados y esqueleto la parte más valiosa, que será despiezada posteriormente (Madrid *et al.*,

2007). Al animal sacrificado y desprovisto de las vísceras, la cabeza y la parte distal de las extremidades, así como de la piel, la cual únicamente se conserva en las aves y en los porcinos, se le denomina canal (SAGARPA, 2005). El rendimiento de la canal se define como la relación entre el peso de la canal y el peso vivo del animal, siendo distinto su valor según el peso vivo y la canal propiamente (Arbiza y De Luca, 1996). El rendimiento de la canal es una característica importante para el matancero y el productor. Así, se pueden definir los siguientes rendimientos (Daza, 1997):

Rendimiento en rastro: $PCC / PVS \times 100$

Rendimiento comercial: $PCF / PVS \times 100$

Rendimiento verdadero: $PCC / PVV \times 100$

Rendimiento para el ganadero: $PCF / PVG \times 100$

Donde:

PCC: peso de la canal después del faenado de la misma (peso canal caliente)

PCF: peso de la canal faenada después del oreo (peso canal fría)

PVG: peso vivo del animal en granja

PVS: peso vivo del animal en el momento del sacrificio una vez transportado y ayunado

PVV: peso vivo vacío, que se determina por la diferencia entre el peso al sacrificio y el peso del contenido digestivo

Cuadro 4. Media y desviación estándar (DS) de los cambios en el peso y en la composición de la canal con relación a la edad en borregos en crecimiento

Parámetro	Edad (meses)				DS
	4	6	8	10	
Peso al nacimiento (kg)	4.9	4.7	4.8	4.4	0.2
Peso al sacrificio (kg)	32.0	55.9	63.3	73.9	8.9
% Grasa de la canal	17.7	30.0	29.5	33.4	2.0
MSC	30.9	298	28.5	27.5	0.6
GI	13.0	20.9	29.5	36.2	1.9
MSGI	24.5	24.5	22.3	21.5	0.4

MSC: materia seca de la grasa de la canal; GI: grasa intestinal; MSGI: materia seca de grasa intestinal (Ruiz de la Torre *et al.*, 2001).

La composición de la canal en las diferentes regiones anatómicas del animal hace referencia al despiece, y tiene más que ver con la aptitud culinaria del trozo que con su valor intrínseco (Santos *et al.*, 2008). Sin embargo, no existe un despiece universal y homogéneo, variando éste en denominaciones y especialmente en cortes según países, regiones o incluso barrios de una misma ciudad o épocas del año (Sañudo y Campo, 1996). El Cuadro 4 muestra las variaciones en el peso y composición de la canal de borrego con relación a su edad.

2.6.1 Conformación de la canal

Se refiere al espesor de la carne y grasa subcutánea con relación a las dimensiones del esqueleto (Butterfield, 1988 citado por Arbiza y De Luca, 1996), y es una característica importante ya que los valores de evaluación de la conformación de la canal son considerados como indicadores de la composición y de las medidas de productividad (Nsoso *et al.*, 2000). Los animales que presentan una buena conformación poseen canales con mayor cantidad de carne magra, pudiendo categorizarlos de acuerdo a sus características. El mayor rendimiento de la canal ovina corresponde a la pierna (6%) y al lomo (13%) (Nsoso *et al.*, 2000). Lawrie (1998) y Kannan *et al.* (2002) afirman que aquellas razas ovinas que posean una buena musculatura, presentarán mejores características de producción pudiendo ofrecer los cortes que el mercado exige. En el Anexo 3 se muestran las mediciones de la conformación de la canal sugeridas por Daza (1997).

La capacidad muscular, deposición de grasa y el peso de la canal están en relación a la raza y edad; y poseen un alto grado de heredabilidad (Lawrie, 1998, Nsoso *et al.*, 2000; y Kannan *et al.*, 2002). Cockram *et al.*, (2000) y Beriain *et al.* (2000), mencionan que la raza y el peso vivo no tienen efecto alguno sobre la fuerza

de deslizamiento del músculo *Bíceps femoris*, encargado de la flexión de las extremidades.

2.7 Factores que afectan el peso de la canal

2.7.1 Transporte

La pérdida de peso durante el transporte se asocia con el estrés causado por la velocidad del vehículo, duración del viaje, tipo de camino, condiciones meteorológicas, densidad alta de carga, periodo de ayuno, jerarquización del grupo de animales, hambre, sed, y agotamiento (Alfaro, 1990; Barranco, 1988; Nicol y Saville-Weeks, 1993 (citado por Ruiz de la Torre *et al.*, 2001); Mota-Rojas *et al.*, 2005a,b,c).

Dantzer (1982) observó que el esfuerzo por mantener el equilibrio durante el transporte incrementa la demanda de energía, ocasionando la congestión de las masas musculares y la depleción de las reservas de glucógeno. Por otro lado, Ruiz de la Torre *et al.* (2001), indican que los niveles de cortisol y la frecuencia cardíaca aumentan en respuesta al estrés causado por el viaje sobre un camino en mal estado (Carr *et al.*, 2008).

2.7.2 Ayuno

Ingram (1964) y Alfaro (1990) mencionan que el factor más importante en la disminución del peso de la canal es el periodo de ayuno. Durante las primeras horas de ayuno, el ovino utiliza la glucosa como fuente de energía; posteriormente agota el glucógeno del hígado aumentando las concentraciones de glucosa en sangre; después de 24 horas de ayuno, estos niveles disminuyen induciendo la gluconeogénesis (Gracey, 1989). Kankan *et al.* (2002) demostraron que los ovinos pierden hasta 7% de su peso vivo (PV) durante un periodo de ayuno de 24 h, y puede ser mayor si la privación es combinada con el transporte.

2.7.3 Manejo pre-sacrificio

El manejo que se realiza previo al sacrificio causa alteraciones de la homeostasis e influyen en el rendimiento de la canal (Alfaro, 1990). Romans *et al.* (1994) (citado por Kankan *et al.* 2002), indican que la pérdida de peso vivo durante este periodo es de particular importancia en los pequeños rumiantes ya que el tracto gastrointestinal comprende una mayor proporción del PV en comparación con los bovinos y cerdos. Estas pérdidas corresponden al 29% del total del PV (Cole, 1995). Cuando el

peso al sacrificio es constante, las diferencias de las razas en las características de la canal contribuyen a la variación de la calidad de los ovinos presentados a los consumidores (Daza, 1997).

2.8 Factores relacionados con la deposición de grasa

Este rubro se refiere a la cantidad y proporciones de hueso, músculo y grasa que presenta la canal. Los ovinos presentan una mayor proporción de grasas (viscerales y no-viscerales) sobre el peso corporal vacío (PCV); se observa una relación entre la grasa subcutánea e intermuscular (Mahgoub y Lodge, 1998; Santos *et al.*, 2008).

La grasa, el componente cuantitativamente más variable de la canal, tiene una influencia relativa sobre los otros tejidos, en los rendimientos al despiece y en el valor económico del producto (Lawrie, 1998). Sañudo y Campo (1996) señalan que el nivel de grasa en la canal varía sustancialmente de acuerdo al peso, edad cronológica y grado de madurez. Carr *et al.* (2008) observaron que el sexo tiene una gran influencia sobre el porcentaje de grasa; siendo los machos enteros bajos en el porcentaje total de ácidos grasos saturados ($45.3 \pm .45$), seguidos de los machos castrados ($47.1 \pm .54$) y las hembras ($47.4 \pm .60$). En cuanto a los ácidos grasos insaturados se obtuvieron resultados a la inversa,

siendo los más elevados los machos enteros ($54.7 \pm .69$), seguidos de los machos castrados ($52.9 \pm .83$) y las hembras ($52.5 \pm .91$). Según Lawrie (1998), a medida que la tasa de crecimiento muscular disminuye, aumenta la tasa de acumulación de las grasas. El peso corporal aumenta rápidamente entre los 4 y 6 meses de edad, aumentando el porcentaje de grasa en canal; debido a que la actividad lipogénica se incrementa durante este periodo. La disminución del diámetro de los adipocitos y de la capacidad lipogénica está relacionada con la edad, por lo tanto se reflejan en el aumento de la grasa en canal perteneciente a animales adultos. Beriain *et al.* (2000) señalan que el porcentaje de grasa del músculo *Longissimus* incrementa en relación con el PV, y que el contenido de ácidos grasos en el tejido subcutáneo e intramuscular, aumentan conforme disminuye el peso durante el sacrificio. El contenido de ácidos grasos poliinsaturados depositados en el tejido subcutáneo incrementa a medida que la grasa intramuscular disminuye conforme el animal llega a su peso final. Por esta razón indican que el peso al sacrificio debe ser bajo para evitar la deposición de grasa excesiva de la canal (Lawrie 1998 y Beriain *et al.* 2000).

2.9 Factores relacionados a la conversión de músculo a carne

Cuidar el proceso de producción del ganado para carne, desde el momento que es llevado a la unidad de producción, el transporte del mismo al rastro, el momento previo al sacrificio y el manejo *postmortem*, son claves para garantizar una carne de calidad óptima (Grandin, 1997).

2.9.1 pH

El flujo sanguíneo del animal sacrificado se detiene y el suministro de oxígeno así como la eliminación de subproductos en las células, causa anaerobiosis cuyo mecanismo de obtención de energía depende de la conversión de glucógeno en ácido láctico, provocando que el pH del músculo descienda de 7.3 a 5.5. En algunos casos, el pH no baja lo suficiente, dando origen a una carne oscura, firme y seca (DFD). Por otra parte, si la caída del pH es muy acelerada y está acompañada de un excesivo calor corporal, el resultado es una carne pálida, suave y exudativa (PSE) (Velasco, 2001; Ponce, 2006). El ovino, al contrario que el porcino o el bovino, no es especialmente susceptible a presentar alteraciones del pH; se tienen pocos

reportes de carne DFD o PSE en ovinos (Cañeque, 2000 y Rosmini y Signorini, 2006).

2.9.2 Ayuno

El ayuno tiene beneficios sobre el proceso de evisceración durante el sacrificio y reduce las oportunidades de la ruptura del intestino, previniendo la contaminación de las canales (Ingram, 1964; Gracey, 1989; Kankan *et al.* 2002). Estudios recientes han demostrado que aquellos animales que ayunaron presentaron una disminución del glucógeno en el músculo y, por lo tanto, generaron una carne con un pH final óptimo (5.5), mejorando la calidad de la canal (Leheska *et al.*, 2003). Según Sierra (1998), el rendimiento de la canal disminuye si la privación de alimentos excede las 24 horas.

2.9.3 Reposo

La NOM-009-ZOO-1994 (SARH, 1994) y NOM-024-ZOO-1995 (SAGDR, 1995a) establecen que los animales deberán permanecer en los corrales de descanso durante un periodo de 24 a 72 horas; este lapso se podrá reducirse a la mitad cuando los animales provengan de lugares cuya distancia sea menor de 50 km. De la misma manera, se podrá incrementar el tiempo de reposo cuando las condiciones de los animales lo requieran. La

norma también establece que deberán tener agua en abundancia y ser alimentados, cuando el período de descanso sea superior a 24 horas. En el cuadro 5 se muestran los diferentes tiempos de reposo para algunas especies domésticas.

Cuadro 5. Periodo de reposo (horas) antes del sacrificio para diferentes animales de abasto.

Especie	Mínimo	Máximo
Bovinos	24	72
Ovinos	12	24
Porcinos	12	24
Equinos	6	12

(SAGDR, 1995a)

Los animales no podrán ser sacrificados si no han descansado durante un periodo de tiempo adecuado (Gracey, 1989). Mota *et al.* (2000ac) mencionan que los periodos prolongados de transporte, sumados al ayuno, provocan fatiga en el animal, originando una respuesta de estrés.

Aunque existe la tendencia mundial a incrementar el mercado de la carne en cortes y a disminuir el comercio de animales en pie, el transporte de animales vivos sigue siendo uno de los factores que más preocupación causan en términos del Bienestar Animal,

además de su impacto en la calidad de la canal y subproductos. México cuenta con cinco Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y varias leyes estatales que de una u otra forma velan por el Bienestar Animal de los animales proveedores de alimentos.

2.10 Calidad de la carne

La calidad de la carne está dada por sus características fisicoquímicas, definidas por parámetros organolépticos e instrumentos. Los principales son: textura, ternera, jugosidad, color, olor, sabor entre otros (Guerrero *et al.*, 2002). Mota *et al.* (2005a) se refieren a la calidad de la carne como aquella que presenta un color brillante, una superficie libre de exudado y una consistencia firme, presentando un buen olor después del proceso de cocción, así como un sabor agradable y textura característica.

Para el consumidor tiene una especial importancia la calidad sensorial, que es la que le proporcionará o no satisfacción en el momento de consumo (Sañudo y Campo, 1996); sin embargo, su significado está determinado por las preferencias regionales y por el propio gusto del consumidor (Lawrie, 1998).

2.10.1 Color

El color de la carne es uno de los criterios esenciales que determinan la elección de un producto en el momento de la compra (Sañudo y Campo, 1996). Depende básicamente de tres factores: la cantidad de pigmentos, el estado químico de éstos (concentración y afinidad de la mioglobina por el O₂) (Mota *et al.*, 2005b,d; Sañudo y Campo 1996), y por la estructura macroscópica (abierta o cerrada) de las fibras musculares, que a la vez está íntimamente relacionada con el pH. Las carnes con pH elevado originan coloraciones más oscuras debido a que la alta cantidad de agua retenida separa las cadenas proteicas, formando una estructura abierta, y ocasionando mayor absorción de luz. Según Sañudo y Campo (1996), este factor es más importante que la cantidad de pigmentos.

Medición del color: Las mediciones del color de la carne se basan en métodos fundamentales: el primero subjetivo, mediante apreciación visual, el segundo es un método objetivo por un análisis instrumental (Pérez, 2006). En los métodos instrumentales de medición, el color es considerado como un fenómeno de superficie de un objeto opaco. Las superficies de la carne reflejan la luz en muchos ángulos creando una reflectancia

difusa de la longitudes de onda incidente, la cuales son una función directa del color del objeto. Debido a esta reflectancia difusa de la luz que incide, el color puede describirse por métodos colorimétricos (Cañequé, 2000; Pérez *et al.*, 2002). El método de Swatland (1994 citado por Pérez, 2006) se basa en la reflexión de la luz por parte del grupo hemo en sus diferentes estados, a partir del modelo matemático desarrollado por Kubelka y Munk, que establece las relación entre los coeficientes de dispersión (S) y absorción (K) de la luz con la reflexión (R: valor de la reflexión a una determinada longitud de onda) (Pérez, 2006).

$$K/S=(1-R)^2/2R$$

El color de la carne influye en la estructura de las proteínas musculares (matriz muscular); mediante esta relación se elimina su efecto sobre la dispersión de la luz. Debido a los distintos grados de traslucidez de la carne, las ecuaciones de Kubelka y Munk son un método sencillo y utilizado para la determinación del color.

Los espectros de reflexión de los distintos estados de la mioglobina coinciden en determinadas longitudes de onda (puntos isobésticos). A partir de cada uno de estos se puede

calcular la relación de los estados de oxidación de la mioglobina (Guerrero *et al.*, 2002 y Pérez, 2006). El sistema Hunter Lab es el más usado en la industria alimentaria para medir color. Se basa en la teoría del color de Hering, que señala la existencia de una escala circular en la cual se combinan los colores vecinos: el rojo con el amarillo, el rojo con el azul, el verde con el amarillo o el verde con el azul. Hay dos pares de colores opuestos que pueden coexistir: rojo y verde, amarillo y azul. Los receptores del color del colorímetro Hunter Lab perciben la presencia de color rojo o verde (coordenada a) y del color amarillo o azul (coordenada b). Una tercera dimensión es la luminosidad (L), la cual es perpendicular a las otras dos. Los colorímetros que miden la escala Hunter proporcionan tres coordenadas; L (luminosidad), a (rojo a verde) y b (azul amarillo). Estas coordenadas cartesianas se pueden transformar en polares, de manera que un punto en el espacio de color estará dado por (Cañequé, 2000):

L= luminosidad

Tonalidad = $\tan^{-1} b/a$

Cromaticidad = $(a^2+b^2)^{1/2}$

Por tanto se obtiene, un vector con magnitud $[(a^2+b^2)^{1/2}]$ y un ángulo ($\tan^{-1} b/a$). El ángulo indica que tan rojo, amarillo, verde o azul es el objeto, mientras que la magnitud indica que tan intensa

es la tonalidad o saturación. El valor L corresponde al componente blanco o negro ya que L = 0 (negro); L = 100 (blanco) (Cañeque, 2000; Guerrero *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2002).

2.10.2 Olor

El olor es uno de los aspectos de la calidad de la carne que más contribuye a su aceptación por parte del consumidor; está relacionado con compuestos hidrosolubles del músculo y volátiles de cada especie. Los compuestos volátiles y no volátiles están en una proporción precisa en cada tipo de carne, dependiendo de la especie, manejo *premortem* del animal, y manejo de la carne durante el almacenamiento. El olor también está asociado a la fracción lipídica. Los ácidos grasos insaturados son más propensos a sufrir procesos de oxidación y por lo tanto de crear compuestos volátiles de bajo peso molecular como aldehídos, cetonas, hidrocarburos y alcoholes que contribuyen al aroma de la carne (Beriaín, 1998). La alta susceptibilidad a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados determina la aparición de compuestos volátiles, que son responsables del aroma característico de la carne (Beriaín *et al.*, 2000, Guerrero *et al.*, 2002). Existen algunos precursores en la carne que actúan como precursores, tales como carbohidratos, aminoácidos, péptidos,

lípidos y tiamina. Estos compuestos interactúan entre sí y con otros compuestos presentes en la carne, generando olores característicos.

2.10.3 Sabor

El sabor es el resultado de una mezcla compleja de sensaciones percibidas por los sentidos del gusto y olfato, aunque en varias ocasiones se acompaña de estímulos visuales, táctiles y sonoros. En sentido estricto el sabor se refiere exclusivamente a la percepción que se lleva a cabo en la boca y específicamente por las papilas gustativas de la lengua (Ponce, 2006). Los principales factores que afectan al sabor y olor de la carne son (Arbiza y De Luca, 1996):

- Edad del animal. Al ser más viejo el ovino al sacrificio la intensidad de su sabor y olor ira incrementado.
- Alimentación. Se dice que el exceso de leguminosas en la dieta proporciona sabores desagradables, en cambio las gramíneas no producen ningún efecto en el sabor. El uso de subproductos animales como la harina de pescado le dará olor a pescado también afectan al sabor, así como el crecimiento de colonias de microorganismos, rancidez, oxidación de las grasas, entre otros.

- La cantidad moderada de grasa aumenta el sabor, ya que las grasas son excelentes solventes de compuestos responsables del sabor.

Medición del sabor y el olor. Su realiza en forma organoléptica mediante equipos de degustadores. Un análisis más profundo del sabor y olor de la carne se lleva a cabo a través de la separación y cuantificación por métodos cromatográficos, principalmente cromatografía de gases acoplada espectrometría de masas, de los principales componentes del aroma y sabor, tales como cantidad de aldehidos, pirazinas, cetonas, y compuestos resultantes de la interacción de los componentes químicos de la carne. El sabor y olor están relacionados con el método de preparación de la carne; la carne cruda normalmente tiene un olor ligero similar al olor del ácido láctico industrial (Manev, 1983).

2.10.4 Textura (terneza)

La textura engloba una serie de sensaciones de las cuales la terneza es la más importante, ésta se relaciona directamente con los tres elementos estructurales básicos de la carne (tejido conectivo, muscular y adiposo). Al aumentar la cantidad de tejido conectivo, en particular de colágeno, se incrementa la dureza. La dureza originada por la rigidez cadavérica no puede revertirse en

el músculo *postmortem*, debido a que el ATP se ha agotado para despolimerizar la actomiosina, por tanto, solamente los procesos enzimáticos a través de la acción de proteasas endógenas (catepsinas y calpainas) y exógenas (principalmente bacterianas) pueden ablandar la carne; este es el proceso de maduración *postmortem*. El tejido adiposo intra e intermuscular en cantidades moderadas contribuye a la ternura de la carne (Sañudo y Campo, 1996).

Al aumentar la edad del animal disminuye la ternura y hay un aumento del diámetro muscular y cantidad de glucógeno. La duración de la glucólisis *postmortem* también afecta a la suavidad de las carnes. A medida que el pH final aumenta desde 5.5 a 6, la suavidad decrece; sin embargo, si el pH final es >6, la suavidad aumenta nuevamente. Esto ha sido confirmado en el ganado vacuno, al igual que en la carne de cordero, donde la suavidad es mínima a valores pH últimos entre 5.8 y 6.2 (Lawrie, 1998). Nsoso *et al.* (2000) concluyeron que el efecto del pH último sobre la suavidad puede deberse a la acción del pH sobre las enzimas proteolíticas; a este intervalo de pH su actividad es mínima. García Barrientos *et al.* (2006) reportaron que la máxima actividad de proteasas endógenas en carne roja es a pH 4, 6 y 7 en cerdo. La relación entre ternura y pH varía dependiendo del músculo. Así, en la carne de cordero el pH de mínima blandura

es de 5.64, 5.90 y 6.05 para *Bíceps femoris semitendinosus* y *L. dorsi*, respectivamente (Bouton y Shorthose, 1969; citado por Lawrie 1998).

Medición de la textura: La textura de los alimentos puede ser evaluada por métodos objetivos (mecánicos: corte, compresión, penetración, etcétera; químicos: ultrasonido, fluorescencia, etcétera), y subjetivos (pruebas de consumidores) (Cañeque, 2000). En la carne y los productos cárnicos la textura se mide por los siguientes métodos:

Compresión y Extensión: Los compresímetros analizan la resistencia de un alimento a la compresión, pueden ser a fuerza constante o a deformación constante. El material no es penetrado y generalmente no se excede el punto de deformación permanente. El punzón puede ser plano o curvado, se debe cuidar que no se corte la muestra porque en ese caso se estaría midiendo el esfuerzo cortante (o de cizalla) y no la compresión, por lo que se usan punzones más grandes que la muestra. Las pruebas de extensión se pueden categorizar entre estas, aunque las mordazas generalmente dañan al material alimentario y por lo tanto afectan a los resultados. La acción de los dientes se puede simular por medio de compresiones repetidas; una prueba de dos

ciclos da como resultado un perfil de textura (Cañeque, 2000; Guerrero y Totosaus , 2006).

Corte: Muy usados para alimentos, pueden ser de una o varias navajas. El principio es proporcionar a la muestra un esfuerzo cortante, imitando el corte con navaja; este método es común usarlo en salchichas o muestra de tamaños homogéneos. El esfuerzo cortante se define como la fuerza F por unidad de área A que actúa tangencialmente en una superficie (esfuerzo cortante = F/A). La prensa de Warner-Bratzler es uno de los mas utilizados en carne y productos cárnicos (Cañeque, 2000; Guerrero *et al.*, 2002; Guerrero y Totosaus , 2006).

2.10.5 Jugosidad

Es la cantidad de líquido que se extrae de un trozo de carne al presionarlo; imita a la cantidad de fluido que se libera durante la masticación. Esta característica está relacionado con ternura: en general mientras más jugosa la carne, más tierna será. En la carne con marmoleo óptimo, el índice de jugosidad es más alto. El agua en la carne se encuentra en dos formas, libre y ligada a la proteína muscular; la carne que posee más agua ligada pierde menos líquido al ser cocida y por tanto es más jugosa (Manev, 1983).

2.11 Propiedades funcionales de la carne

Debido a sus características químicas (estructura y forma espacial) las proteínas son las principales responsables de las propiedades funcionales de la carne, si bien estas interactúan con otros componentes, como los lípidos, y en el caso de productos derivados, con carbohidratos y otros aditivos (Masana y Rodríguez, 2006).

El músculo estriado contiene tres tipos de proteínas, las del tejido conectivo o estromas, (colágena, elastina y reticulina), las de la miofibrilla (actina, miosina, tropomiosina, troponina, actinina, etcétera) y las del sarcoplasma (mioglobina, hemoglobina y enzimas hidrosolubles). Las proteínas miofibrilares constituyen del 55 al 60% del total de las proteínas del músculo y son las principales responsables de la funcionalidad de la carne (Rosmini, 2006; Ponce, 2006). Hay una marcada diferencia entre estos tipos de proteínas con respecto a su solubilidad: las estromas son insolubles en soluciones salinas concentradas; las proteínas miofibrilares son solubles en soluciones salinas de fuerza iónica media; y las proteínas sarcoplásmicas son solubles en soluciones salinas diluidas, y en agua. Con base en esto, las proteínas cármicas tienen propiedades funcionales de tres tipos (Guerrero *et al.*, 2002; Ponce, 2006).

- Propiedades de hidratación dependientes de las interacciones proteína-agua (retención de agua, humectabilidad, adhesión, viscosidad, etcétera).
- Propiedades relacionadas con las interacciones proteína-proteína (precipitación, formación de geles, etcétera).
- Propiedades de superficie (tensión superficial, emulsificación y formación de espumas).

Estas propiedades se relacionan con las propiedades sensoriales y estructurales de los alimentos. Las propiedades funcionales más importantes, debido a su aplicación en la industria alimenticia, son la capacidad de retención de agua (CRA), la emulsificación de grasa (CE) y la gelificación (CG), ya que son la base del desarrollo de una extensa gama de productos (Guerrero *et al.*, 2002) .

2.11.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

El 75% del peso de la carne está constituido por agua, y al venderse por peso (Varnam y Sutherland, 1995 citados por Guerrero y Totosaus, 2006) esta es una propiedad comercial y sensorialmente importante.. Se define como la capacidad que tiene la carne para retener agua, tanto propia como añadida, al someterse a una fuerza externa (Guerrero *et al.*, 2002). El agua

es retenida de dos maneras en una matriz de fibras musculares (Berlitz, 1997):

- Por la acción de cargas eléctricas de las proteínas, que permiten fijar firmemente un cierto número de moléculas de agua.
- Por la configuración espacial abierta de la matriz proteica, y consecuentemente por la posibilidad de contener y retener las moléculas de agua.

La CRA es igual al cociente de la cantidad de agua no extraída de la muestra por el método de pistón (contenido en agua después de presión), y de cantidad del agua total (contenido en agua inicial) (Larouche, 1981; citado por Genot, 2000). La CRA, terneza y jugosidad son propiedades ligados al contenido acuoso del músculo y a la textura (Sañudo y Campo, 1996; Genot, 2000). Además, la CRA es un factor importante de calidad ya que afecta a la carne antes y durante el cocinado (Lawrie, 1998); las pérdidas por goteo deben reducirse al mínimo por razones económicas. La CRA es un indicador de varias características de calidad, como la pérdida de peso durante el almacenamiento, transporte y exhibición en el mercado; envases poco atrayente, disminución del rendimiento y calidad de los productos procesados; disminución de la jugosidad, suavidad y pérdida de nutrientes (Mota *et al.*, 2005bc); se afecta por la especie, la edad y la función muscular (Lawrie, 1998).

El contenido de agua en la carne está inversamente relacionado con el contenido de grasa, y no está afectado por el contenido de proteína excepto en los animales jóvenes (Vamam y Sutherland, 1995 citados por Guerrero y Totosaus, 2006). La genética también juega un papel importante en la CRA. En un estudio realizado por Beriain *et al.* (2000), la carne de corderos de 12 kg de la raza Lacha tuvo menor CRA que los de la raza Aragonesa, que tienden a infiltrar más grasa, y por lo tanto su carne es más jugosa.

Los animales que llegan al sacrificio con reservas reducidas de glucógeno en músculo, presentan valores de pH final alejados al punto isoeléctrico de las proteínas (pH 5.5), por lo tanto, éstas contienen cargas disponibles para la captación de moléculas de agua y, en consecuencia, la carne presenta elevada capacidad de retención de agua (Beriain, 1998 y Ponce, 2006).

La pérdida de ATP y la consiguiente formación de actino-miosina cuando se inicia el *rigor mortis* determina la pérdida de capacidad de retención de agua a cualquier pH; el descenso de pH *postmortem* afecta la CRA; cuanto más elevado sea el pH último, menor será la disminución de la capacidad de retención de agua (Cook *et al.*, 1926; Empey, 1933; citados por Lawrie, 1998). Por

otro lado, la desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas es más grave cuanto más rápido descienda el pH; una rápida velocidad de descenso del pH incrementará la tendencia de la actinmiosina a contraerse, y se expulsará fluido tras la disociación de las proteínas (Bendall, 1960; citado por Lawrie, 1998). La carne *prerigor* posee alta CRA, lo que le confiere una importante aptitud para su transformación en embutidos (Genot, 2000).

La CRA y las subsecuentes pérdidas por exudación son atributos complejos de la carne, influenciados por factores de la cadena de producción. Para optimizar y controlar la capacidad de retención de agua es importante comprender los efectos del proceso y los mecanismos básicos involucrados (Den Hertog-Meischke *et al.*, 2007).

2.11.2 Capacidad de emulsificación

Una emulsión se define como un sistema de dos fases líquidas inmiscibles, dispersas una en otra (Guerrero *et al.*, 2002). Las proteínas actúan como agentes emulgentes, se adsorben en la interfase orientando los grupos neutros hacia las partículas grasas y los grupos iónicos hacia la matriz acuosa (Guerrero y Totosaus, 2006). Los productos de pasta fina se consideran

como emulsiones del tipo aceite en agua, no son emulsiones verdaderas, sino un sistema complejo en el que la fase dispersa en la grasa sólida en forma de finas partículas y la fase continua es una matriz acuosa que contiene sales, proteínas solubles e insolubles, fibras musculares y tejido conectivo. Existen varios factores que afectan la capacidad de emulsión (Guerrero *et al.*, 2002).

- Condiciones *pre* y *postrigor*, debido al aumento o disminución de la CRA y al pH.
- Tipo y concentración de proteínas, y relación proteína-grasa.

2.11.3 Oxidación de grasa

Se relacionan con la reactividad química de los componentes de la carne. La oxidación de grasas es causada por la reacción del oxígeno atmosférico con las dobles ligaduras de las grasas insaturadas, catalizada por metales que se encuentran como contaminantes en las sales, por la luz, la humedad y el calor. Las grasas animales, son un componente importante en el sabor de la carne, están formadas en mayor proporción por ácidos grasos de cadena larga y saturada; el procesamiento de alimentos cármicos libera hierro de la hemoglobina, el cual es un

prooxidante muy potente, causando rancidez (Guerrero *et al.*, 2002).

En la congelación se facilita la oxidación de los ácidos grasos en parte porque se evitan las reacciones competitivas de los microorganismos responsables de la alteración, y en parte por efectos de concentración; por esto es más importante la oxidación de los lípidos en el tejido muscular congelado que en el tejido fresco (Belitz, 1997). La oxidación de los lípidos también ocurre durante el almacenamiento *postmortem* del tejido muscular, la intensidad de esta reacción depende de la concentración de prooxidantes, como el hierro ferroso endógeno, y por la composición de los ácidos grasos de la carne; en general las carnes oscuras tienden a tener mas hierro reactivo. Otros constituyentes de la carne que pueden acelerar la oxidación son los sistemas reductores enzimáticos (microsómicos) y los no enzimáticos (ascorbato) que transforman el hierro de la forma inactiva férrica al estado activo ferroso y por lo tanto promueven la oxidación. Los sistemas enzimáticos, como las lipoxigenasas también acelera la oxidación (Pérez *et al.*, 2002). La oxidación de grasas produce aldehídos, responsables de los sabores desagradables de los productos cármicos rancios. Sin embargo, la carne también contiene antioxidantes naturales, como el tocofenol, los dipéptidos que contienen histidina (carnosina), y las

enzimas como glutatión peroxidasas; todos estos compuestos contribuyen a la actividad antioxidante endógena de las carnes. Por otra parte, puede inhibirse la oxidación por adición de antioxidantes exógenos (Dieter, 1988).

La determinación de la rancidez se basa en determinar la cantidad de productos intermediarios o finales de la reacción (Berlitz, 1997). Los dos métodos más comunes para determinar la rancidez en carnes son el de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico), utilizando a malonaldehído como un indicador de rancidez; este método se basa en la condensación de dos moléculas de TBA y una de malonaldehído, proceso que forma un compuesto cromógeno de color rosa cuya concentración se determina espectrofotométricamente a 530 nm (Guerrero et al., 2002). Otro método para determinar el grado de rancidez es a través del valor de peróxido el cual también sirve para evaluar la efectividad del uso de antioxidantes (Coulter, 1998 citado por Ponce, 2006). El valor peróxido indica el nivel de peróxidos que se han desarrollado como resultado de la oxidación de una grasa o aceite. Los peróxidos son considerados compuestos intermediarios en el esquema de reacción de la oxidación de los lípidos (NCPA, 2002, citado por Guerrero y Totosa, 2006). La determinación del valor peróxido se basa en la adición de yoduro de potasio a las dobles ligaduras (Guerrero et al., 2002):

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ovino presenta una gran sensibilidad al estrés, manifestando su capacidad para adaptarse a situaciones nuevas que impliquen esfuerzo extra, especialmente durante el transporte. Desde el siglo XIX se sabe que el transporte de animales a grandes distancias ocasiona mermas de peso de importancia comercial; el transporte de ovinos es un proceso inherentemente estresante; los animales son expuestos a varios factores que comprometen su bienestar, donde se generan respuestas fisiológicas de adaptación; entre las que más destacan la hiperglucemia, el aumento en la secreción de catecolaminas, lo que da lugar a un aumento del gasto cardiaco, del consumo de oxígeno, y de la temperatura corporal; disminución de pH, acumulación de ácido láctico y aumento de la gluconeogénesis.

Se ha demostrado que el transporte, el periodo de reposo, el estrés social, el método de aturdimiento, el estrés calórico, y la privación de agua y alimento, son factores que modifican los valores normales de gases, pH y glucosa sanguínea en los cerdos y bovinos. Una vez que se da el paro cardio-respiratorio, se inicia una variedad de procesos bioquímicos y enzimáticos en condiciones de anaerobiosis los cuales pueden verse alterados

por los factores *antemortem* y *postmortem*, lo que repercute directamente en las propiedades físico químicas de la carne.

4. HIPÓTESIS

“El periodo de descanso posterior al traslado y previo al sacrificio restablecerá el equilibrio ácido base sanguíneo, el metabolismo energético, el intercambio gaseoso y mejorará las características fisicoquímicas de la carne de los ovinos”.

5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

5.1 Objetivo General

Evaluar los efectos de la duración del periodo de descanso previo al sacrificio y los métodos de aturdimiento sobre parámetros afectados por el estrés.

5.2 Objetivos Particulares

- Evaluar el efecto de la duración del transporte sobre el equilibrio ácido base, gasometría sanguínea, nivel de glucosa y grado de deshidratación
- Evaluar el efecto de la duración del periodo de reposo sobre el equilibrio ácido base, gasometría sanguínea, nivel de glucosa y grado de deshidratación
- Comparar las variables sanguíneas basales con las de después del periodo de reposo.
- Evaluar equilibrio ácido base, gasometría sanguínea, glucosa, características de la canal, de los ovinos aturdidos eléctricamente con reposo y sin reposo.
- Evaluar equilibrio ácido base, gasometría sanguínea, glucosa, características de la canal, de los ovinos aturdidos por diferentes métodos con reposo y sin reposo.

- Evaluar el efecto del método de aturdimiento de los ovinos reposados en equilibrio ácido base, gasometría sanguínea, glucosa, características de la canal, de los ovinos aturdidos eléctricamente con reposo y sin reposo.
- Valorar el efecto del reposo y método de aturdimiento sobre las propiedades funcionales de la carne.

6. JUSTIFICACIÓN

El estudio se llevó a cabo para determinar la respuesta fisiológica y metabólica de los ovinos al finalizar el traslado pre-sacrificio; así también, si el periodo de reposo es necesario para restablecer las variables fisiológicas y metabólicas que permitan mejorar el bienestar animal e incrementar la calidad de la carne que consumimos y por otro lado resolver una petición constante de las plantas de sacrificio de alto desempeño respecto al periodo de reposo y método de aturdimiento y generar información sobre el intercambio gaseoso, desequilibrio ácido-base y sus efectos sobre la calidad de la carne, con el fin de tener más elementos que apoyen la ley sobre bienestar animal recientemente aprobada.

7 MATERIAL Y METODOS

7.1 Localización

La presente investigación se realizó en dos etapas, la primera de ella que correspondió a la evaluación del tiempo de transporte, reposo y método de aturdimiento sobre la valoración de gases en sangre, electrolitos y metabolismo energético. El estudio se realizó en un rastro particular localizado en San Martín Texmelucan, Puebla. Posteriormente la segunda etapa correspondiente a la cuantificación de los análisis fisicoquímicos y propiedades funcionales de la carne se efectuó en el laboratorio de Bioquímica de macromoléculas de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.

7.2 Animales

Para este estudio se seleccionaron 20 borregos machos, enteros, de la misma mezcla de razas, siendo predominante la raza Pelibuey, con pesos entre los 30.3 a 45.7 kg, 6 meses de edad y engordados en el mismo corral. Treinta y seis horas antes del inicio del experimento fueron transportados de su granja de origen a un corral del matadero donde se les suministró agua y paja de avena *ad libitum* y un número de identificación al azar.

Todos los borregos fueron transportados durante 6 horas. Una vez que arribaron al rastro, se dividieron en 4 grupos de 5 borregos cada uno. Los grupos G_1 y G_2 pasaron inmediatamente a la sala de sacrificio, y los grupos G_3 y G_4 , pasaron al corral de descanso pre-sacrificio y ahí permanecieron 8 horas. El método de sacrificio utilizado para los grupos G_1 y G_3 fue el de perno cautivo y para los grupos G_2 y G_4 el método de disección de médula (puntilla).

Los animales que reposaron se les proporcionó agua y paja de avena *ad libitum*.

7.3 Monitoreo sanguíneo

Al inicio del experimento se procedió a tomar la muestra basal a cada uno de los 20 borregos, asignando al azar el orden de muestreo. Los animales fueron monitoreados en 4 momentos diferentes. Un muestreo de referencia basal (pre-transporte), post-transporte, post-reposo (*pre-mortem*) y durante la exanguinación (*post-mortem*). Durante estas 4 etapas, a los borregos se les tomó la temperatura otal, frecuencia respiratoria y peso. La muestra sanguínea se tomó vía vena yugular, por inmovilización, incidiendo con una jeringa de 10 mL, aguja 22

mm. Todas las muestras sanguíneas se colectaron en menos de 30 s.

Las muestras sanguíneas fueron transferidas a tubos capilares de 150 μ L que contendrán heparina de litio para impedir la modificación de los valores de gases sanguíneos. El hematocrito (%), glucosa (mg/dL), electrolitos [Na^+ , k^+ y Ca^{++} (mmol/L)], niveles de lactato (mg/dL), presión parcial de dióxido de carbono [pCO_2 (mmHg)] y oxígeno [pO_2 (mmHg)] se obtuvieron por medio de un analizador parámetros críticos sanguíneos (GEM Premier 3000, Instrumentation Laboratory Diagnostics USA and Italy). El análisis se llevó a cabo inmediatamente después de obtenerse la muestra.

Para la determinación de cortisol, se obtuvo el suero de las muestras sanguíneas mediante la centrifugación, posteriormente fueron congelados y analizados mediante la técnica de Radio Inmuno Análisis (RIA) (Herrera *et al.*, 1993).

La toma de muestras está clasificada como Categoría B en Experimentos que causan molestia o estrés mínimo, de acuerdo con el Apéndice A Informativo (Clasificación de actividades experimentales de acuerdo al grado de invasión, molestia o daño producido sobre los animales de laboratorio) de la NOM-062-

ZOO-1999 (SAGDRPA, 1999), debido a que consiste en una restricción momentánea del animal con propósitos de observación clínica, evitando al máximo el sufrimiento de los animales.

Para el conteo de eritrocitos y leucocitos se colectaron 5 mL de sangre en tubos estériles con EDTA. Estos se mantuvieron en refrigeración hasta su llegada al laboratorio, donde se procesaron por la técnica de Schalm (1964), la cual se describe en el Anexo 4, y posterior conteo manual en una cámara de Neubauer, como se describe en el Anexo 5.

7.4 Pesaje y Variables fisiológicas

El pesaje en cada una de su diferentes etapas se llevó a cabo mediante una báscula digital Torrey® modelo: EQM400-800, Monterrey N. L., México.

La temperatura ótica se registró con un termómetro digital ThermoScan Braun. La frecuencia cardiaca y respiratoria, se tomaron mediante un estetoscopio comercial entre la décimo segunda y la décimo tercer costilla dorsal.

7.5 Transporte

Para el traslado de los animales se utilizó una camioneta Estaquitas Nissan de 4 cilindros con caja de madera, en donde se movilizaron simulando un periodo de transporte promedio de las principales granjas de crianza de ovinos en el país a los rastros documentados. El transporte tuvo una duración de 6 h, con una densidad de carga de 0.1 m^2 , a una velocidad promedio de 90 km/h en carretera asfaltada. El estudio se llevó a cabo en la primera semana de junio, en el Estado de Puebla, México.

7.6 Monitoreo climático durante el transporte

Se realizó un monitoreo climático en intervalos de una hora durante el proceso de transporte, dicho monitoreo incluyó:

- concentración de gases en la caja de la camioneta (O_2 , H_2S , CO_2 y NH_3) (Bomba de gases marca Tetra- Tak).
- velocidad del viento
- humedad relativa (Kestrel 3000 Pocket Wind Meter, Boothwyn, USA)
- intensidad de luz interna y externa (Luxómetro Amprobe LM-80, NY, USA)
- temperatura a un metro de altura de la caja
- temperatura del piso de la caja

- temperatura externa (Kestrel 3000 Pocket Wind Meter, Boothwyn, USA)

7.7 Método de aturdimiento

Al arribo al rastro, una vez tomada la muestra sanguínea y las variables fisiológicas, 10 borregos fueron seleccionados al azar, para que reposaran. El resto del grupo, fueron bajados para que sin previo reposo post-transporte se sacrificaran.

Inmediatamente de su descenso post-transporte, se procedió aleatoriamente a dividirlos en 2 grupos de 5 animales cada uno. Cinco de los borregos se sacrificaron mediante una pistola de perno cautivo de penetración, y los otros 5 animales se sacrificaron mediante el método de puntilla. Para ambos casos se procedió inmediatamente al desangrado con el corte de los principales vasos sanguíneos del cuello (Quiroga y García, 1994) y se procedió a tomar una muestra sanguínea para ser analizada por el GEM premier 3000 antes mencionado.

Los animales se regresaron al corral pre-sacrificio donde tuvieron un período de reposo post-transporte de 8 h, proporcionándoles agua y paja de avena *ad libitum*. Antes del sacrificio se tomaron las mismas muestras.

El faenado se llevó a cabo por el método descrito por Arbiza y De Luca (1996).

7.8 Mediciones en las canales calientes y frías

En las canales calientes (180 min después del sacrificio) y frías (refrigeradas por 24 h a 10°C) se analizaron las siguientes variables:

El peso a través de una báscula (Torrey® modelo: EQM400-800). El pH y la temperatura se registró a a 180 min, y a 24 h *postmortem* en el músculo *Longissimus dorsi* entre la 10ª y 11ª costillas, empleando un potenciómetro de penetración Hanna Instruments (modelo HI8314, membrana pH meter, 115V/60Hz. Cod. 1.1176, Sarmedola di Rubano PD Italy).

Las mediciones corporales se realizaron según reporta Daza (1997). Estas se indican en el Anexo 3.

Longitud externa de la canal

Longitud interna de la canal

Longitud de la pierna

Anchura de grupa

Anchura de torax

Profundidad del torax

Perímetro de la grupa

7.9 Calidad de la carne.

Después de 24 h del sacrificio donde las canales permanecieron refrigeradas a 10°C, se tomaron muestras de carne de del cuello (grupo extensor y grupo flexor muscular) *Longissimus capitis*, *Atlantis*, *Semispinalis capitis*, *Brachiocephalicus* y *Rectus capitis ventralis major*. Estas muestras se empacaron al vacío, etiquetaron y refrigeraron (4 a 6°C) hasta su análisis. Previo al mismo, se eliminó la grasa.

7.10 Análisis físicoquímicos

Se llevaron a cabo los siguientes análisis, cuyas técnicas se describen en detalle en el Anexo 6:

7.10.1 pH

Se analizó por potenciometría, empleando un potenciómetro Beckman (Palo Alto California, California, Estados Unidos), modelo pH Φ 50.

7.10.2 Color

Las muestras diseccionadas se les eliminaron toda la grasa, fascias y vasos sanguíneos existentes en el músculo con el fin de evitar alteraciones al momento de realizar las mediciones. Se colocaron 10 g de carne en un vaso de precipitado de 80 mL de manera que quedara bien adherida sobre la base del recipiente, después se identificaron las muestras de acuerdo al número de la canal y de la zona de la que provenía. Para la medición del color en la carne ovina se utilizó un colorímetro Hunter Lab modelo D25-PC2 (Reston, VA.), por el método descrito por Little (1975) citado por Pérez (2006). Este fue calibrado con una cerámica negra y una de color blanco con las coordenadas $L=97.38$, $a=0.17$, $b=1.94$. La muestra se giró en sentido de las manecillas del reloj 90° , realizando las lecturas por triplicado, obteniendo los valores de L, a y b de tal forma que se obtuvieron 4 lecturas de cada repetición (Guerrero *et al.*, 2002).

7.10.3 Textura

Se utilizó un equipo de medición de textura TAX.T2 (Texture Technologies, Nueva York, Estados Unidos) acoplado a un software Texture Expert v1.2 (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) con el cual se evaluó la fuerza de corte de secciones

de músculo de 1x1x4 cm, empleando una navaja de Warner-Bratzler. Se evaluó la fuerza de corte en carne cruda, así como en carne sometida a cocción durante 10 min a 70°C. Las condiciones de análisis fueron: velocidad pre-ensayo: 3.0 mm/s, velocidad ensayo: 5.0 mm/s, velocidad post ensayo: 5.0 mm/s, prueba de ruptura 1.0 a distancia 20.0 mm, tiempo 5.00 s, celda de carga de 5 Kg. Se reportó la fuerza máxima en gramos (g) necesaria para cortar la muestra (Guerrero *et. al.* 2002).

7.10.4 Oxidación de las grasas

Esta se llevó a cabo mediante la medición del índice de peróxidos (Guerrero *et al.*, 2002), el cual es la cantidad (expresada en mili equivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro de potasio; se reporta como:

$$IP = \text{ml tiosulfato} \times N \times 1000 / \text{g muestra}$$

7.11 Propiedades funcionales

7.11.1 Capacidad de retención de agua

Se llevó a cabo por el método reportado por Hamm (1975), modificado por Price y Schweigert (1981), el cual se basa en

realizar un homogenizado de carne con una solución salina y centrifugar para obtener el líquido no retenido (Guerrero *et al.*, 2002).

7.11.2 Capacidad de emulsificación

Consiste en elaborar una pasta cárnica a base de carne y solución salina, agitarla y adicionar aceite vegetal para obtener una emulsión (Guerrero *et al.*, 2002).

7.12 Evaluación sensorial

Las muestras se colocaron en parrillas para su cocción a 70°C durante 15 min. Posteriormente se presentaron a los panelistas en forma de cubos de aproximadamente 1.5 cm³, para ser evaluados en una escala semiestructurada de 1 a 15 cm. Se tuvo la colaboración de 30 panelistas, seleccionados al azar entre los estudiantes y personal de la Universidad Autónoma Metropolitana. Los atributos evaluados a la carne fueron 1) calidad general, 2) jugosidad, 3) olor, 4) sabor y 5) suavidad. Se solicitó a los panelista marcaran sobre una línea horizontal ya establecida que iba de cero (pésimo) hacia el extremo a 15 cm (excelente). Se midió la distancia en centímetros, en la que cada panelista consideró a cada uno de los atributos a evaluar. Los valores en cada variable se reportaron en centímetros a la

distancia desde el punto cero (Guerrero *et al.*, 2002). La hoja de evaluación se presentan en el anexo 7.

7.13 Análisis Estadísticos

Con la finalidad de evaluar el efecto del transporte y periodo de descanso de manera simultánea, los resultados obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2. El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \dots a$$

$$j = 1, 2 \dots b$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (medidas zoométricas, rendimiento en canal, etc.)

μ = Media general

A_i = Efecto del factor A al nivel i. (Tiempo de descanso)

B_j = Efecto del factor B al nivel j. (Método de aturdimiento)

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción AB al nivel i, j

E_{ijk} = Error aleatorio en la repetición k, nivel j de B y nivel i de A.

Para determinar la existencia de diferencia significativas entre medias de tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Los resultados fueron analizados según el modelo propuesto utilizando un paquete estadístico SAS, en versión de PC (SAS Institute, 1997).

8 RESULTADOS

8.1 Valoración climática

Los resultados del monitoreo climático se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Caracterización de las variables climáticas durante el transporte.

Variable	Promedio ± D.E	Valor máximo	Valor mínimo	Valor óptimo (ITOVIC, 1991)
Velocidad del viento interna (m/s)	0±0.70	0	2.1	-
Humedad interna (%)	60.4±11.3 9	42	71	70-80
Temperatura interna (°C)	19.9±3.17	16.1	24.3	10-18
Temperatura del piso (°C)	22.5±2.81	18	26	10-18
Intensidad luminosa interna (Luxes)	0.04±0.05	0	0.1	50 (día)
Velocidad del viento externa (m/s)	4.27±3.69	1.2	9.7	-
Humedad externa (%)	62.8±9.29	48	73	70-80
Temperatura externa (°C)	16.9±2.84	14.4	22.5	10-18
Intensidad luminosa externa (Luxes)	0.8±0.9	0	2.2	50 (día)

En el cuadro 7, se presenta el monitoreo de los gases ambientales antes y al término del traslado, como se puede apreciar los valores registrados para dichos gases se encuentran dentro de los valores de referencia de bienestar ambiental reportados por el Buxadé y Rivero (1998); y el Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, (2004, 2006); por lo que no se presentó un efecto adverso sobre el bienestar por efecto de los gases ambientales al momento de transportar a los animales.

Cuadro 7. Caracterización de O₂, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y amoniaco, monitoreado al inicio y al término del traslado.

Gas	Al inicio (0 h)	Al término (6 h)	Valor óptimo (ITOVIC, 1991)
O ₂ (%)	22	18	-
H ₂ S (ppm)	0	0	5
CO ₂ (%)	0	0	0.5
NH ₃ (ppm)	5	0	10

Los gases se monitorearon dentro de la caja a la altura del hombro de los animales.

8.2 El transporte y reposo presacrificio

En el cuadro 8 y 9 se muestra la media y error estándar de la media de las variables correspondientes a gases en sangre, equilibrio ácido – básico, niveles de glucosa, valores hemáticos y variables fisiológicas de ovinos antes del transporte, al arribo al centro de sacrificio y al término de la estancia en los corrales de descanso. Se aprecian diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las variables K^+ , glucosa, lactato, temperatura corporal, leucocitos, frecuencia respiratoria y frecuencia cardíaca. Es importante señalar que el efecto del transporte provoca hiperglucemia, pero no hiperlactatemia, ni hipercapnia.

Respecto a las variables fisiológicas en este cuadro resulta interesante resaltar, que al término del transporte, los borregos presentan taquicardia, pero no taquipnea; esto les permite, mantener estables sus niveles de pCO_2 y pO_2 y por consiguiente no inician la vía metabólica del lactato.

Otro elemento importante a resaltar es la hipopotasemia que es significativamente diferente ($P < 0.05$) en los grupos transportado y reposado, respecto del grupo de borregos con valores de referencia.

Respecto a los leucocitos, se aprecia un marcado incremento en el grupo transportado, respecto al grupo testigo y el grupo de borregos que reposaron previo al sacrificio.

Cuadro 8. Media y error estándar de la media de glucosa plasmática, equilibrio ácido-base, gases sanguíneos valores hemáticos y constantes fisiológicas de ovinos antes y después del transporte.

Variables	Basal n=20	Post- Transporte N=20	Post-Reposo n=10
	Media ± E E M	Media ± E E M	Media ± E E M
pH	7.415±0.04 ^a	7.427±0.03 ^a	7.427±0.04 ^a
pCO ₂ (mmHg)	39.7±3.33 ^a	37.95±3.94 ^a	38.6±4.97 ^a
pO ₂ (mmHg)	30.7±4.34 ^a	28.5±4.91 ^a	29.6±5.12 ^a
Na ⁺ (mmol/L)	147.65±1.92 ^a	148.95±2.45 ^a	147.2±2.15 ^a
K ⁺ (mmol/L)	5.015±0.62 ^a	4.375±0.59 ^b	4.360±0.45 ^b
Ca ²⁺ (mmol/L)	1.262±0.05 ^a	1.270±0.07 ^a	1.243±0.06 ^a
Glucosa (mg/dl)	66.75±10.0 ^{ab}	74.7±10.59 ^a	62.5±4.85 ^b
Lactato (mg/dl)	25.7±12.82 ^a	14.95±8.26 ^b	16.6±14.87 ^{ab}
Hematocrito %	39.55±2.93 ^a	37.95±3.13 ^a	38.8±3.29 ^a

^{a, b}: Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Cuadro 9. Media y error estándar de la media de glucosa plasmática, equilibrio ácido-base, gases sanguíneos valores hemáticos y constantes fisiológicas de ovinos antes y después del transporte.

Variables	Basal n=20	Post- Transporte N=20	Post-Reposo n=10
	Media ± E E M	Media ± E E M	Media ± E E M
HCO ₃ (mmol/L)	25.47±1.89 ^a	24.99±1.85 ^a	25.28±2.12 ^a
Peso kg	34.71±3.53 ^a	33.28±2.39 ^a	33.33±3.15 ^a
Temperatura °C	38.71±0.59 ^a	38.04±0.78 ^b	38.32±0.56 ^{ab}
Eritrocitos (X10 ¹² /L)	790.84±244.5 ^a	833.6±184.9 ^a	800.7±160.2 ^a
Leucocitos (X10 ⁹ /L)	745.0±1164.4 ^a	912.3±1479.7 ^a	523.2±617.3 ^b
Frecuencia cardiaca (lat/min)	55.1±8.29 ^b	63.8±5.76 ^a	56.33±9.94 ^b
Frecuencia respiratoria (lat/min)	41.36±4.90 ^b	42.80±7.90 ^{ab}	49.00±8.39 ^a
Cortisol (ng/ml)	234.13±121 ^a	236.96±146 ^a	233.40±138 ^a

^{a,b}. Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Los niveles de calcio plasmáticos se mantienen estables y sin cambios significativos. El desequilibrio ácido base, está influenciado directamente por los valores de pH y bicarbonato sanguíneos; según se aprecian en el cuadro 8, no muestran cambios estadísticamente significativos ($P>0.05$). Otro variable a destacar es el 4.12% de pérdida de peso que tuvieron los borregos al termino de 6 horas de transporte. Así mismo este peso perdido durante el transporte, no fue recuperado durante las 8 horas de reposo.

8.3 El reposo y los métodos de aturdimiento

En el cuadro 10 se observa que el tiempo de reposo y método de aturdimiento tienen una influencia directa sobre el intercambio gaseoso, adaptaciones metabólicas o desequilibrio ácido base. El tiempo de reposo afectó significativamente la variable Na^+ , ($p<0.05$), es decir en los animales que reposaron se observa un retorno hacia los niveles basales, lo cual se atribuye a la hidratación recibida en los corrales de espera. Por otro lado el efecto del método de aturdimiento en los borregos que no reposaron, indica que el grupo aturdido por disección de médula, presento una disminución significativa en los niveles plasmáticos de K^+ (hipopotasemia) ($p<0.05$). En los grupos de borregos que

reposaron, se aprecia una tendencia a incrementar los niveles de lactato y $p\text{CO}_2$. Respecto a los grupos de borregos que reposaron, se aprecia que en el grupo aturdido por disección de médula se incremento de manera significativa ($p<0.05$) la PO_2 . Desde el punto de vista bienestar animal, el tiempo de reposo y el método de aturdimiento con pistola de émbolo cautivo resultaron mejores en comparación a la ausencia de reposo y disección de médula ósea.

8.4 *Peso de la canal y zoometría*

En el cuadro 11 se muestra la media y error estándar de la media del rendimiento y zoometría de la canal caliente, se observa la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos, es decir el método de aturdimiento y ausencia del período de descanso no están afectando dichas variables.

Cuadro 10. Media y error estándar de la media de glucosa plasmática, equilibrio ácido-base y gases sanguíneos de ovinos sacrificados con dos métodos de aturdimiento y un período de reposo.

	Sin reposo		Con reposo	
	(G ₁) Perno Cautivo	(G ₂) Disección Médula	(G ₃) Perno Cautivo	(G ₄) Disección Médula
	Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM
pH	7.35±0.05 ^a	7.43±0.04 ^a	7.35±0.07 ^a	7.43±0.03 ^a
pCO ₂ (mmHg)	44.2±2.6 ^a	36.6±3.20 ^a	43.2±7.08 ^a	36.2±3.96 ^a
pO ₂ (mmHg)	23.8±5.35 ^b	38±11.26 ^{ab}	29.6±3.7 ^{ab}	44.6±11.19 ^a
Na ⁺ (mmol/L)	146.8±1.3 ^{ab}	149.8±3.11 ^a	146±1.22 ^b	146.2±0.83 ^b
K ⁺ (mmol/L)	6.14±0.93 ^a	4.96±0.40 ^b	5.36±0.1 ^{ab}	4.6±0.41 ^b
Ca ²⁺ (mmol/L)	1.24±0.05 ^a	1.27±0.03 ^a	1.20±0.06 ^a	1.21±0.02 ^a
Glucosa (mg/dl)	78.6±13.66 ^a	81.8±4.60 ^a	78.4±9.12 ^a	71±12.78 ^a
Lactato (mg/dl)	38.2±19.13 ^a	29.2±3.11 ^a	33.8±10.2 ^a	29±7.24 ^a
Hematocrit o %	39±2.54 ^a	43.2±1.30 ^a	40.4±1.94 ^a	40.6±4.33 ^a
HCO ₃ (mmol/L)	24.66±2.21 ^a	24.24±0.89 ^a	24.04±1.3 ^a	24.18±1.64 ^a
Temperatura (°C)	36.92±1.14 ^a	37.58±0.34 ^a	37.35±1.3 ^a	37.62±1.06 ^a

^{a,b}. Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas (p≤0.05).

Cuadro 11. Media y error estándar del rendimiento y zoometría de la canal caliente en ganado ovino sacrificado con 2 métodos de aturdimiento y un periodo de reposo

Variables	Sin reposo		Con reposo	
	Perno (G ₁) Cautivo Media ±	Diseción (G ₂) Médula Media ±	Perno (G ₁) Cautivo Media ±	Diseción (G ₂) Médula Media ±
Peso al sacrificio (kg)	33.11±2.1 ^a	33.21±1.2 ^a	32.52±2.8 ^a	34.14±3.5
Rendimiento al matadero (%)	51.28±1.1 ^a	50.93±1.4 ^a	50.29±1.0 ^a	50.14±0.8
Peso canal caliente (kg)	17±1.45 ^a	16.9±0.22 ^a	16.36±1.5 ^a	17.16±1.3
Largo canal caliente (cm)	59.5±1.65 ^a	60±1.17 ^a	59.2±1.15 ^a	58.8±2.65
Perimetro tórax (cm)	71.68±3.5 ^a	71.38±1.5 ^a	70.64±0.8 ^a	73.5±3.39
Largo brazo (cm)	42.28±2.1 ^a	42.4±1.51 ^a	40.74±2.4 ^a	41.2±1.30
Perimetro brazo (cm)	23.5±1.4 ^a	23.34±1.5 ^a	23±0.99 ^a	22.14±1.2 ^a
Largo pierna (cm)	36.5±2.0 ^a	37.9±1.63 ^a	35.7±1.44 ^a	37.1±1.19 ^a
Perimetro de pierna (cm)	30.1±1.4 ^a	29.5±2.80 ^a	31.22±1.5 ^a	32.4±1.67 ^a
Ancho grupa (cm)	22.04±2.7 ^a	20.96±0.7 ^a	20.04±0.7 ^a	20.6±1.55 ^a
Perimetro grupa (cm)	56.4±0.7 ^a	56.34±1.1 ^a	55.7±1.68 ^a	55.52±1.7 ^a

^a Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas (p≤0.05).

La media y error estándar de la media del peso y zoometría de la canal fría se muestra en el cuadro 12. No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, al igual que en el cuadro anterior (Cuadro 10), es decir no hay un efecto del método de aturdimiento y período de reposo sobre las variables evaluadas. Sin embargo al analizar de manera conjunta dichos cuadros se puede observar una mayor merma en las canales de animales con ausencia de reposo, siendo del más del doble en comparación con las canales de animales reposados.

8.5 Calidad de la carne y examen sensorial

En el cuadro 13 se observa la media y error estándar de la media de los indicadores de calidad de la carne de ovinos sacrificados con dos métodos de aturdimiento y un tiempo de reposo; se observan diferencias significativas entre tratamientos para la variable textura y CE, en donde la principal diferencia se atribuye al periodo de reposo. Considerando los indicadores de la calidad de la carne, se puede sugerir que algunas variables son beneficiadas por el método de aturdimiento y otras por el período de reposo siendo las más notorias la textura y la CE.

Cuadro 12. Media y error estándar del peso y zoometría de la canal fría en ganado ovino sacrificado con 2 métodos de aturdimiento y un periodo de reposo

Variables	Sin reposo		Con reposo	
	(G ₁)	(G ₂)	(G ₁)	(G ₂)
	Perno Cautivo	Disección n Médula	Perno Cautivo	Disección n Médula
	Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM
Peso Canal fría (kg)	16.5±1.3 ^a	16.3±0.5 ^a	16.1±1.4 ^a	16.9±1.3 ^a
Largo de canal fría (cm)	60.4±2.9 ^a	58.5±1.2 ^a	58.1±1.2 ^a	56.9±3.5 ^a
Perímetro tórax (cm)	70.6±3.8 ^a	70.2±1.9 ^a	70.3±1.0 ^a	72.4±2.7 ^a
Largo brazo (cm)	38.9±4.1 ^a	42.2±1.4 ^a	41.4±1.2 ^a	42.0±0.6 ^a
Perímetro brazo (cm)	22.6±1.0 ^a	21.4±0.4 ^a	22.6±0.9 ^a	22.8±1.0 ^a
Largo piema (cm)	35.3±0.3 ^a	35.6±1.3 ^a	35.7±2.1 ^a	36.5±1.7 ^a
Perímetro piema (cm)	29.5±0.8 ^a	29.4±0.3 ^a	29.6±3.2 ^a	8.96±1.4 ^a
Ancho grupa (cm)	20.2±0.3 ^a	20.3±0.2 ^a	19.9±1.3 ^a	20.2±0.6 ^a
Perímetro grupa (cm)	54.9±1.0 ^a	54.1±1.3 ^a	54.6±2.6 ^a	55.1±2.0 ^a

^a. Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

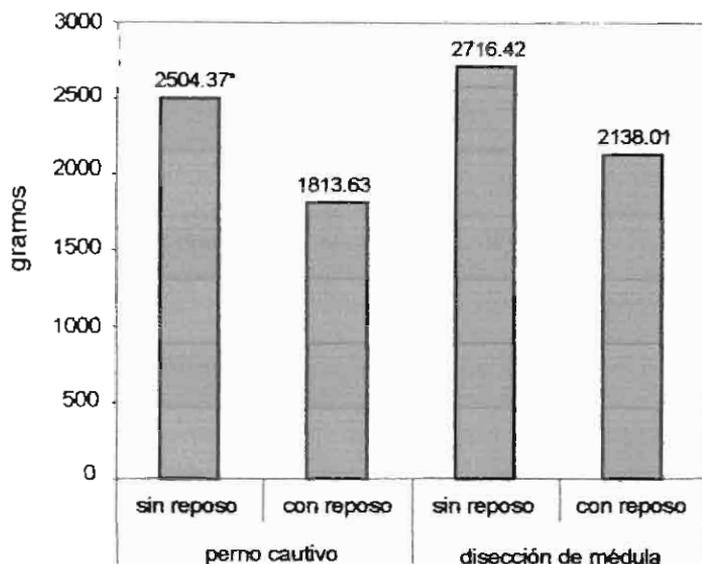
Cuadro 13. Media y error estándar de la media de los indicadores de la calidad de la carne de ovinos sacrificados con dos métodos de aturdimiento y un tiempo de reposo

Variables		Sin reposo		Con reposo	
		(G ₁) Perno Cautivo	(G ₂) Disección Médula	(G ₁) Perno Cautivo	(G ₂) Disección Médula
		Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM
pH		6.33±0.20 ^a	6.32±0.21 ^a	6.47±0.06 ^a	6.33±0.15 ^a
Color	L	37.47±2.3 ^a	36.17±4.5 ^a	36.81±4.0 ^a	38.36±1.4 ^a
	a	9.35±1.39 ^a	11.30±3.4 ^a	9.36±1.33 ^a	9.01±0.87 ^a
	b	9.81±0.88 ^a	10.65±1.1 ^a	9.50±1.12 ^a	9.71±1.09 ^a
CRA		11.27±1.5 ^a	11.67±1.4 ^a	11.53±0.8 ^a	12.48±1.3 ^a
Textura		2.50±0.2 ^{ab}	2.71±0.91 ^a	1.81±0.98 ^b	2.13±0.5 ^{ab}
CE		82.5±6.6 ^{ab}	78.4±7.43 ^b	85.73±4.7 ^a	83.0±7.6 ^{ab}
IP		2.72±0.5 ^a	2.42±0.8 ^b	2.62±0.4 ^{ab}	2.50±0.7 ^{ab}

^{a,b}. Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

CRA= capacidad de retención de agua; CE= capacidad de emulsificación; IP = Índice de peróxido.

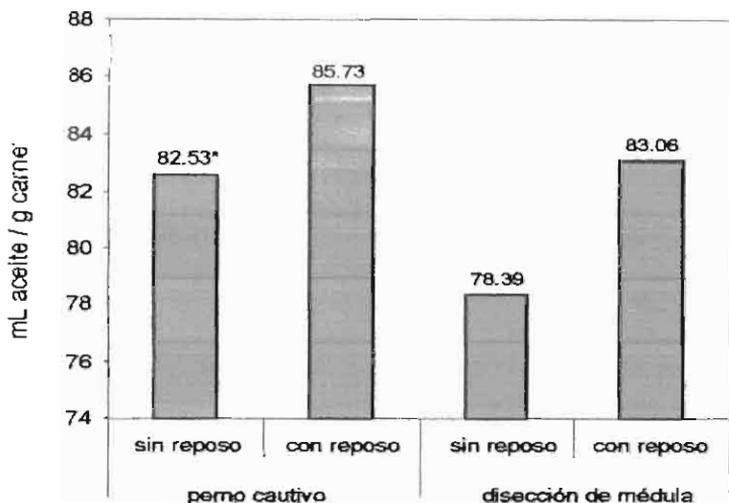
En la figura 3, se puede apreciar que la carne proveniente de los de animales que tuvieron reposo, mostró menor resistencia al corte, es decir fue estadísticamente ($p > 0.002$) más suave; sin embargo el método de aturdimiento no arrojó diferencias significativas ($p < 0.17$) para la misma variable.



* valores medios

Figura 3. Textura de la carne de los 4 tratamientos

En la figura 4, se aprecia que los valores mas altos en la capacidad de emulsificación fueron obtenidos por la carne de los animales con reposo ($p < 0.02$), asimismo el método de aturdimiento también influenció este indicador ($p < 0.05$). La carne con mejor capacidad de emulsificación fue las de ovinos con reposo y aturdidos mediante el perno cautivo, es decir en dichos animales no se vió comprometida la integridad de la unidad anátomo-funcional del músculo.



* valores medios

Figura 4. Capacidad de emulsificación de los 4 tratamientos

En el cuadro 14 se muestra la media y error estándar de la media del análisis sensorial de la carne de ovinos sacrificados con dos métodos de aturdimiento y un periodo de reposo. Se presentan diferencias significativas entre tratamientos para la variable suavidad, en donde la muestra procedente de animales sacrificados con perno cautivo y sin reposo, tuvo la mejor aceptación.

Cuadro 14. Media y error estándar de la media de los indicadores del análisis sensorial de ovinos sacrificados con dos métodos de aturdimiento y un tiempo de reposo

Variables	Sin reposo		Con reposo	
	(G ₁)	(G ₂)	(G ₁)	(G ₂)
	Perno Cautivo	Disección Médula	Perno Cautivo	Disección Médula
	Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM	Media ± EEM
Calidad general	7.94±2.48 ^a	8.07±3.37 ^a	8.17±3.40 ^a	8.97±2.75 ^a
Sabor	7.97±3.04 ^a	7.27±3.72 ^a	8.1±3.72 ^a	8.32±3.94 ^a
Olor	8.09±2.60 ^a	8.67±3.25 ^a	8.95±2.83 ^a	8.94±3.11 ^a
Color	8.08±3.10 ^a	7.07±2.90 ^a	7.79±2.79 ^a	8.49±2.78 ^a
Jugosidad	6.97±3.14 ^a	7.45±2.74 ^a	6.66±2.87 ^a	7.97±3.18 ^a
Suavidad	8.81±3.50 ^a	6.91±3.75 ^{ab}	7.26±3.1 ^{ab}	6.33±3.96 ^b

^{a,b}. Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

pH

En la figura 4, se presenta un seguimiento de el pH desde la medición basal, hasta el de la carne a las 36 h. Como se puede observar no hay diferencias entre los valores de pH de los animales post sacrificio con y sin reposo. Esto demuestra que el valor del pH sanguíneo de los ovinos no fue susceptible al reposo; se ven diferencias numéricas no significativas a las 2.5 h ($p < 0.136$), teniendo una caída de pH mas prolongada la carne procedente de ovinos sin reposo, lo que se sigue viendo a las 3.5 h, pero aquí si con diferencia significativa ($p < 0.003$). De igual

forma que a las 24 h ($p < 0.03$), lo que significaría que los animales con reposo, no obtuvieron una caída eficiente del pH. Sin embargo a las 36 h no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.34$) pero se observa un pH más bajo en los animales sin reposo.

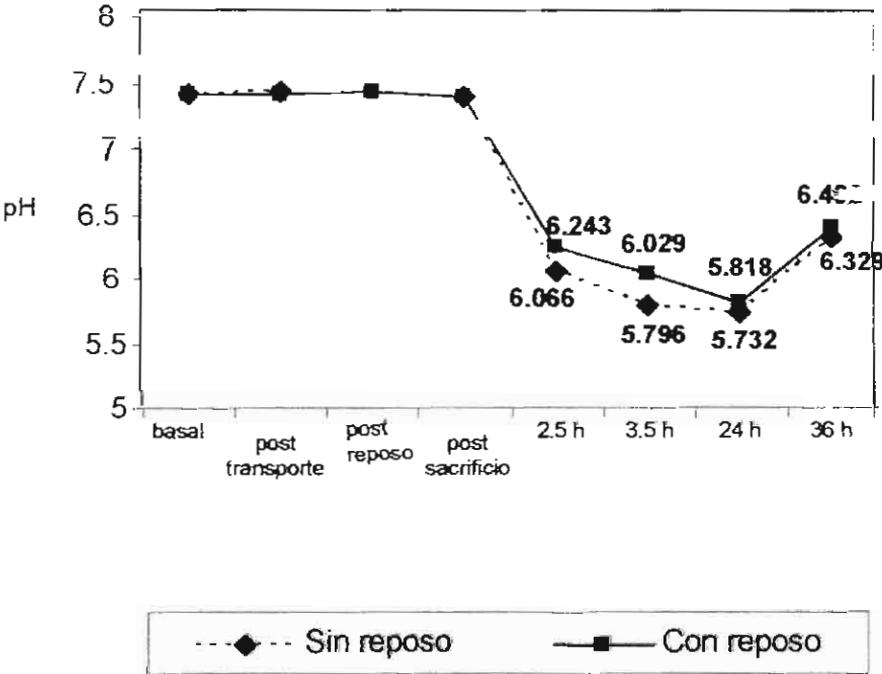


Figura 4. Seguimiento del pH durante el experimento (*In vivo* y 36 horas post mortem)

9 DISCUSIÓN

9.1 El transporte y reposo presacrificio

De acuerdo a los resultados del presente estudio es importante destacar que el transporte de ovinos por un periodo de 6 horas ocasiona hiperglucemia, pero no hiperlactatemia, ni hipercapnia. Se presentó una interacción entre las variables metabólicas y las fisiológicas, es decir se observó al concluir el traslado procesos de taquicardia, pero ausencia de taquipnea, lo cual permitió mantener los niveles de $p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$ estables y por consiguiente no iniciar la vía metabólica del lactato.

En la presente investigación el transporte representó para los ovinos un proceso poco estresante, el cual desencadenó taquicardia e hiperglucemia, sin afectar el equilibrio ácido base, ya que los niveles de pH, lactato, bicarbonato y sodio se mantuvieron estables.

Comparado con otras especies, las ovejas son particularmente tolerantes al transporte. Inclusive en tiempos y distancias de transporte largos, las ovejas tienden a tener un porcentaje de mortalidad bajo. Por ser una especie rumiante, se encuentra

protegida hasta cierto punto contra los efectos de la privación del alimento y del agua, considerando que el rumen almacena del 15 a 20 por ciento del agua corporal (Dahlborn y Holtenius, 1990) y que en un momento dado este puede actuar como almacenador intermediario contra la deshidratación. Sin embargo, el transporte resulta un proceso agotador, principalmente en los primeros tiempos de un viaje y cuando los animales son manejados erróneamente por la gente. Durante un viaje corto se observan efectos del transporte sobre el ritmo cardíaco e indicadores plasmáticos, sin embargo hay un proceso adaptativo después de nueve horas y solamente los efectos de la privación del alimento y del agua son evidentes hasta que los animales se manejen otra vez (Knowles, 1998).

Previo al embarque, los ovinos pueden mostrar indicadores de tensión a consecuencia del manejo previo. Fordham *et al.* (1989) encontraron niveles crecientes de cortisol del plasma y de endorfinas en corderos que habían sido reunidos por un perro. Hubo incrementos posteriores en los dos componentes de la sangre después de una hora de transporte. Knowles *et al.* (1993) encontraron que los corderos que acababan de ser recolectados de las colinas tenían niveles altos de creatinin cinasa, urea, glucosa, cortisol, y lactato antes de que fueran transportados.

Dantzer y Mormede (1983), reportan que la vibración y el movimiento del vehículo son procesos desconocidos por los animales, por lo que probablemente originan una respuesta estresante. Por otro lado Ruiz *et al.* (2001), evaluaron el efecto de dos tipos de transporte sobre indicadores plasmáticos y calidad de la canal. El tiempo de transporte fue de 15 hrs y los tipos de transporte se desarrollaron en carreteras asfaltadas y en caminos secundarios más ásperos. Las variables respuesta ritmo cardíaco, niveles plasmáticos de cortisol, creatinin cinasa y lactato deshidrogenasa, se cuantificaron antes del viaje, después de cuatro, ocho y 12 horas y en la matanza. El pH de la carne fue medido a los 45 minutos y 24 horas post mortem; por último el color se determinó a las 24 horas post mortem. Los corderos transportados en los caminos lisos tenían un ritmo cardíaco más bajo y concentraciones más bajas del cortisol del plasma después de ocho y 12 horas que los corderos transportados en caminos más ásperos. Veinticuatro horas después de la matanza, el pH de la carne de los corderos transportados en los caminos lisos era más bajo que la de los corderos transportados en caminos más ásperos. Knowles (1998) reporta de la misma forma un incremento en la frecuencia cardíaca, actividad muscular y concentración plasmática de hormonas; de la misma forma Hall *et al.*, (1998) reportan modificaciones similares en los manejos de rutina del ganado ovino.

Por otro lado, es importante mencionar que en la presente investigación se observó una hipopotasemia con diferencias significativas ($P < 0.05$) en los animales transportados y sometidos a un tiempo de reposo, y en comparación con los valores de referencia. Lo anterior se justifica considerando que en un proceso de hiperglucemia severa, se produce deshidratación intracelular que origina aumento de la concentración de K^+ y por ende su reducción en la concentración a nivel plasmático (Fenner *et al.*, 1999).

Estudios realizados en humanos, han puesto de manifiesto que contrario a la idea de que el estrés suprime la inmunidad, estresores de corta duración incrementan significativamente la reacción leucocitaria (Dhabhar y McEwen 1999, Buckham *et al.*, 2008 y Averos *et al.*, 2008), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Respecto a la pérdida de peso, que en el grupo de borregos transportados fue del 4.12%, la cual se atribuye principalmente a pérdidas en heces y orina, considerando que no se presentaron cambios en el hematocrito que pudieran indicar un proceso de deshidratación. Kannan *et al.*, (2002) demostraron que los ovinos pierden hasta el 7% en un ayuno de 24 h y si se combina con el

transporte esta pérdida puede ser mayor. Horton *et al.* (1996), encontraron que los corderos de 30 kilogramos perdieron el 20 % de peso vivo cuando fueron transportados por tres períodos de ocho horas durante 72 horas y el 15 % solo cuando se les privaba de alimento y agua por 72 horas y sin transporte. Morris (1994) señala que se presenta una relación lineal entre la duración del tiempo de transporte y el porcentaje de pérdidas de peso a consecuencia del mismo.

Como se ha mencionado previamente el ganado ovino presenta menos problemas que el ganado bovino o el porcino en lo que se refiere al manejo previo al sacrificio. De hecho el síndrome de estrés que se presenta en las otras especies no constituye un problema en el ganado ovino. Sin embargo hay que considerar la forma en que se manejan los animales durante el transporte, carga y descarga. El levantar a los animales agarrándolos de la lana produce hematomas en la superficie de la canal y el amontonarlos en exceso durante el transporte o en los corales puede llegar a provocar la muerte por asfixia (Quiroga y García, 1994).

Los resultados metabólicos, del equilibrio ácido-base y las variables fisiológicas, señalan que el periodo de reposo no es necesario en borregos que sean transportados por 6 horas o

menos. Sin embargo, el reposo favoreció las propiedades funcionales de la carne. Se recomienda que previo al sacrificio, los animales tengan acceso a agua *ad libitum* e inmediatamente pueden sacrificarse. La ingestión de agua facilita una sangría más completa y produce un color más brillante de la carne; aunado a que se evita la retracción tisular por deshidratación que puede afectar el proceso de desuello.

9.2 Métodos de aturdimiento.

El método de aturdimiento por perno cautivo es uno de los recomendados por la NOM-ZOO-033-1995 (SAGDR, 1995b) para la insensibilización de los ovinos. En la presente investigación se observa que dicho método originó menos alteraciones en las variables metabólicas en comparación con los valores basales y la disección de médula ósea, principalmente en los animal que se sometieron a un periodo de reposo; sin embargo se observó un incremento numérico en los niveles de lactato en los animales insensibilizados con la pistola de émbolo cautivo.

Rodríguez *et al.* (2006) evaluaron el efecto de la insensibilización por electronarcosis y la introducción en cámaras de CO₂ sobre el pH, conductividad eléctrica color, capacidad de retención de agua, presencia de hemorragias en la canal, corazón y vesícula

biliar. No se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en ninguno de los parámetros evaluados a las 24 horas *post mortem*. Estos resultados indican que el método de aturdimiento no afecta a la calidad de la carne en esta especie. En un estudio previo realizado por Velarde *et al.* (2003), en donde se evaluó la calidad de la carne entre corderos aturdidos eléctricamente y corderos sacrificados sin aturdimiento previo, tampoco se observaron diferencias en la calidad final del producto. Considerando lo anterior se puede decir que el método de aturdimiento no está afectando la calidad de la carne, pero sí se ve afectado el bienestar del animal.

9.3 Calidad de la carne

En el presente estudio se encontró un rendimiento al matadero promedio del 50.66%, lo cual está dentro del rango de lo reportado por Méndez *et al.* (1993), quienes mencionan rendimientos en canal para la raza Merina del 40 hasta el 54%. Por otro lado los mismos autores señalan que la composición tisular de una canal es del 57.1% de tejido muscular, el 19.2 de tejido óseo y el 23.7% de grasa total de la que el 12.7% es grasa intermuscular y el 11% grasa subcutánea.

Al realizar un seguimiento del pH desde la medición basal, hasta el valor final de la carne a las 36 h, se aprecia la ausencia de una caída eficiente del mismo, considerándose principalmente el manejo previo al sacrificio que originó un estrés crónico en los animales, es decir debido a la continua movilización de glucógeno presente en el estrés; las reservas de este no permitieron la eficiente producción de ácido láctico que es el responsable de la maduración de la carne (Ponce 2006). Aunado a lo anterior se puede decir que los valores promedio de pH encontrados a las 24 h *post mortem* (5.77) están por arriba de los reportados por Rodríguez *et al.* (2006), quienes reportan en el músculo *Longissimus dorsi* un valor de 5.68 y en el músculo *Semi membranous* valores de 5.61. Las diferencias observadas en los valores de pH también pueden ser atribuidas al grado de actividad fisiológica y metabolismo energético presentado en los diferentes tipos de músculo, es decir metabolismo energético y/o metabolismo oxidativo.

En general, la carne de animales reposados fueron más claras y con menor componente de color rojo. Para la presente investigación se reportan valores promedio de L a y b de 37.20, 9.75 y 9.91 respectivamente, los cuales resultan ser diferentes a los encontrados por Rodríguez *et al.* (2006), quienes obtuvieron los siguientes valores L = 41.55, a = 16.49 y b = 1.41. Cuando el

pH de la carne disminuye a valores cercanos al pH de las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares (pH 5.5) estas se encuentran en un estado donde la carga neta es cero; por lo tanto no puede haber interacción entre cargas de las proteínas, pues no existe o es muy baja, lo mismo en el dipolo producido por las moléculas del agua. En esta situación la hidratación es mínima, es por esto que se produce una carne con poca hidratación, lo que hace que las fibras musculares no reflejen la luz incidente y por tanto el aspecto sea mas claro (mayores valores L). Este es el caso de la carne PSE (Alarcón y Pérez, 2006). Por el contrario, si el pH se encuentra alejado del punto isoeléctrico ($\text{pH} > 5.5$, o $\text{pH} < 5.5$) las proteínas se encuentran con cargas netas dependientes del pH del medio, positivas si el pH es ácido, y negativas si es alcalino (Velasco, 2001). En este caso, las cargas en las proteínas interaccionan con el dipolo del agua, por lo tanto hay más hidratación. En este caso, las fibras musculares están turgentes, reflejando menos cantidad de luz incidente y dando la apariencia oscura. Sin embargo, al encontrarse fuera del punto isoeléctrico, la unión con el agua es muy fuerte y, aunque hay suficiente agua de hidratación, esta no se libera para producir la jugosidad deseable en la carne, debido a la existencia de interacciones químicas de tipo iónico. Es el caso de la carne de corte oscuro o DFD. La situación ideal es cuando la carne tiene suficiente agua de hidratación, pero se

libera en el momento de la masticación para producir la sensación de jugosidad (Guerrero y Totosaús, 2006).

Por otro lado, la cantidad de mioglobina, el principal pigmento en el músculo, depende fundamentalmente de su actividad metabólica; estos, junto con reacciones de oxidación que puedan ocurrir en la carne, como oxidación de grasas o presencia de factores prooxidantes (luz, metales, oxígeno), alteran el color de la carne. La presencia de metamioglobina (el pigmento café producido por la oxidación de oximioglobina, con el hierro central en estado oxidado) en cantidades mayores al 20% del total de pigmentos, hace que la carne permanezca de color café. En forma contraria, los tres pigmentos presentes en la carne (metamioglobina, oximioglobina y mioglobina) están en un proceso dinámico interconvirtiéndose continuamente. El color de la carne en un momento dado se debe a la mayor proporción de alguno de estos pigmentos; la oximioglobina y mioglobina, pigmentos rojos en oposición al pigmento café (metamioglobina), contienen al hierro en estado reducido. El pH ácido propicia las condiciones reductoras en el músculo y por tanto la mayor posibilidad de que el hierro este en estado reducido, asociado con los pigmentos rojos mioglobina y oximioglobina (Pérez, 2006).

Se puede observar la relación directa en la cantidad de calcio y la textura donde los animales que mostraron niveles menores de calcio post reposo además de ser sacrificados por el perno cautivo se mejoro visiblemente la suavidad de esta, en contradicción a Ponce (2006) que menciona que la alta liberación de calcio da origen al aumento de la suavidad de la carne después de la resolución cadavérica, debido a la degradación de proteínas como la titina, nebulina, actina y miosina que da como resultado la pérdida de tensión y cambios en la estructura de las miofibrillas. Por otro lado el pH de las carnes entre 6.6 a 6.8 permiten la actividad optima de las calpaínas que también actúan sobre la suavidad de la carne.

La capacidad de emulsificación que se mostró en las carnes con reposo coinciden con un pH superior al punto isoeléctrico de las proteínas y permiten que las regiones hidrofílicas e hidrofóbicas migran a las zonas de interfase de emulsión, donde las cadenas no polares de los aminoácidos se unen a la grasa y las polares hacia el agua (Guerrero y Totosaus, 2006) con mayor facilidad, beneficiando así este indicador.

10 CONCLUSIÓN

El efecto del transporte provoca hiperglucemia, pero no hiperlactatemia, ni hipercapnia. Al término del transporte, los borregos presentan taquicardia, pero no taquipnea, esto les permite, mantener estables sus niveles de $p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$ y por consiguiente no inician la vía metabólica del lactato.

Un periodo de transporte de 6 horas modifica el comportamiento de los leucocitos, se aprecia un marcado incremento en el grupo transportado, respecto al grupo testigo y el grupo de borregos que reposaron previo al sacrificio.

Otra variable a destacar es el 4.12% de pérdida de peso que tuvieron los borregos al término de 6 horas de transporte. Así mismo este peso perdido durante el transporte, no fue recuperado durante las 8 horas de reposo.

Respecto de la respuesta fisiológica al estrés, el tiempo de reposo y el método de aturdimiento con pistola de émbolo cautivo resultaron mejores en comparación a la ausencia de reposo y disección de médula ósea.

Respecto a la pérdida de peso, se aprecia una mayor merma en las canales con ausencia de reposo, siendo del más del doble en comparación con las canales de animales reposados.

Respecto a la calidad, se puede apreciar que la carne proveniente de los animales que tuvieron reposo, mostró menor resistencia al corte, es decir fue más suave; sin embargo, el método de aturdimiento no tuvo influencia sobre la firmeza de la carne. La carne con mejor capacidad de emulsificación fue las de ovinos con reposo y aturridos mediante el perno cautivo, es decir en dichos animales no se vio comprometida la integridad de la unidad anátomo-funcional del músculo.

En la evaluación sensorial, la muestra de carne procedente de animales sacrificados con perno cautivo y sin reposo, tuvo la mejor aceptación.

Respecto a la fisiología del estrés que evidenciaron los ovinos transportados por 6 horas, se concluye que si bien se alteran algunas variables sanguíneas, estos cambios no muestran hiperlactatemia, hipercapnia o hipercalcemia que son clara evidencia de agonía o estrés severo.

Respecto al periodo de reposo, este influyó en el incremento del rendimiento de la canal caliente, sin embargo, no mostró efecto sobre las variables morfométricas evaluadas.

Debido a la poca evidencia de desequilibrios fisiológicos y desde la óptica del bienestar animal, se concluye que un periodo de reposo previo al sacrificio en el caso de los ovinos no es necesario siempre y cuando el transporte sea menor a 6 horas; adicionalmente la valoración de los parámetros críticos sanguíneos evidencian que la estancia en ayuno de los borregos en los corrales presacrificio puede agudizar los desequilibrios propios del transporte afectando el bienestar animal.

Respecto al método de aturdimiento, ninguno de los 2, ocasionó alteraciones que indiquen estrés agudo o sufrimiento durante la matanza. Esto indica que independientemente de los métodos que se utilicen, si se aplican bien no comprometen el bienestar animal durante el sacrificio.

Finalmente, las diferencias de pH y coordenadas de color (L, a y b) no fueron significativamente diferentes, sin embargo, se obtuvo carne más clara (menos L y a) del grupo de ovinos que tuvieron un reposo de 8 horas, aunque el pH final en ambos casos fue el mismo, el color más claro favorece la aceptación de la carne de

ovino. Cabe hacer notar que la carne oscura en ovino es un factor de rechazo por el consumidor, por lo tanto este trabajo podría sugerir un periodo de reposo mayor a 8 horas para los ovinos post-transporte, que pudiera favorecer el color, debido al alto costo económico y poca evidencia objetiva.

11 BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, R., A., D. y Pérez, C., M., L. 2006. Enzimología de la Maduración. Ciencia y Tecnología de Carnes, Limusa. México, pp. 139-152.
- Alfaro, M., M., P. 1990. Efecto del implante de zeranol pre-embarque sobre la disminución de la merma de peso durante el transporte de borregos Pelibuey. Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México, CU. México D.F. pp 4-5.
- Arbiza y De Luca, A., S. y De Luca, T., J. 1996. Producción de carne ovina. Editores Mexicanos Unidos, México, pp. 18-34, 76-89, 110-159.
- Averos, X.; Dagle, T. G. y Knowles, B. S. C.; 2008. Factors affecting the mortality of pigs being transported to slaughter. *Vet. Rec.* 163:386-390.
- Barranco, G., M. 1988. Valoración anual de las pérdidas económicas debidas a traumatismos ocasionados durante el transporte y manejo en el rastro, de bovinos, sacrificados en Ferrería. Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México, CU. México D.F. pp 4-13
- Becerril-Herrera, M., Mota-Rojas, D., Guerrero Legarreta, I., González-Lozano, M., Sánchez-Aparicio, P., Lemus-Flores, C., Flores-Peinado, S.C., Ramírez-Necoechea, R. y Alonso-Spilsbury, M. (2007). Effect of additional space during transport on pre-slaughter traits of pigs. *Journal of Biological Sciences* 7(7), 1112-1120.
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, Lemus-Flores, C., Guerrero Legarreta, I., Olmos, H.A., M., Ramírez-Necoechea,

- R. y Mota-Rojas, D.. 2009. CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Science* 81: 233–237.
- Belitz, D., S. 1997, Química de los alimentos, Acribia, México, pp. 162-188.
- Beriain, M., J. 1998. Calidad y Consumo. En: Buxadé CC. 1998. Ovino de carne: aspectos claves. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 412.
- Beriain, M., J.; Horcada, A.; Purroy, A.; Lizaso, G.; Chasco, J. y Mendizába, J., A. 2000. Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *J. Anim. Sci.* 78:3070-3077
- Buckham, S., K., R.; Weber, P., S., D.; Burton, J., L.; Earley, B. y Crowe, M., A. 2008. Transportation of young beef bulls alters circulating physiological parameters that may be effective biomarkers of stress. *American Society of Animal Science* 86:1325-1334.
- Buxadé, C. y Rivero, J. 1998. "Alojamientos e instalaciones" en: "Ovino de Carne: Aspectos Clave", coordinador Buxadé, C., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 187-191.
- Cañeque, V. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. pp. 9-11.
- Carr, C., C.; Newman, D., J.; Rentfrow, G., K.; Keisler, D., H. y Berg, E., P. 2008. Effects of slaughter date on farm handling transport stocking density and time in lairage on digestive tract, temperature, serum cortisol concentrations and pork lean quality of market hogs. *Animal scientist* 24:208-218.

- Church, D., C. 1998. The ruminant animal, Digestive physiology and nutrition, McGraw – Hill. Waveland, USA, pp 12-32.
- Cockram, M., S.; Kent, J., E.; Goddard, P., J.; Waran, N., K.; Jackson, R., E.; Mcgilp, I., M.; Suthall, E., L.; Amory, J., R. y Mcconnell, T., I. 2000. Behavioural and physiological responses of sheep to 16 h transport and a novel environment post-transport. *Vet J. Mar*; 159(2):139-46.
- Cole, N., A. 1995. Influence of a three-day feed and water deprivation period on gut fill, tissue weights, and tissue composition in mature wethers. *Journal of Animal Science* 73:2548-2557.
- Cunningham, J. G. 1999. *Fisiología Veterinaria*, segunda edición, McGraw – Hill Interamericana, pp. 376-388.
- Dahlborn, K. y Holtenius, K. 1990. Stress in the production farm. *Experimental physiology*. 7:54-57.
- Dantzer, R. 1982. Research on farm animal transport in France: a survey. En: Moss, R. (ed.). *Transport of animals Intended for breeding, production and slaughter*. The Netherlands: Martinus Nihoff. The Hague. pp. 218-230.
- Dantzer, R. y Mormede, P. 1983. Stress in farm animals: a need for reevaluation. *Journal of Animal Science* 57,6-18
- Daza, A., A. 1997. *Reproducción y Sistemas de Explotación del Ganado Ovino*. Ediciones Mundi Prensa. México. pp. 311-370.
- Den Hertog-Meischke, M., J.; Van Laack, R., J. y Smulders, S., J. 2007. The water-holding capacity of fresh meat. *Vet Q*. 19(4):175-81.

- Dhabhar, F., S. y McEwen, B., S. 1999 Enhancing versus suppressive effects of stress hormones on skin immune function. *Proc Natl Acad Sci.* 96:1059-66
- Dieter, B., H. 1988. *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia. España. pp. 1039-1110.
- Fenner, A.; Müller R., Busse H. G., Junge M., y Wolfsdorf J. 1999. The effects of cardioplegic arrest and reperfusion on the microvasculature of the heart. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, 11: 350-54.
- Fordham, D., P.; Lincoln, G., A.; Ssewanyana, E. y Rodway, R. G. 1989. Transport in animal farm. *Animal Production.* 49, 103.
- García Barrientos, R., Pérez Chabela M.L., Montejano J.G. y Guerrero Legarreta I. 2006. Changes in pork and shark (*Rhizopriondon terraenovae*) protein emulsions due to exogenous and endogenous proteolytic activity. *Food Research International* 39(9):1012-1022.
- Genot, C. 2000. Pérdidas de agua en la carne durante la congelación. En: Genot C. (Ed). *Congelación y calidad de la carne*. Zaragoza: Ed. Acribia. 30 p.
- Gracey, J., E. 1989. *Higiene de la carne*. Mc Graw-Hill. España. pp. 37-45.
- Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *J Anim Sci*, 75: 249-257.
- Guerrero, I.; Ponce, E. y Pérez, M. I. 2002, *Curso Práctico de Tecnología de Carnes y Pescado*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. pp 11-21.

- Guerreo, L., I. y Totosaus, 2006. Propiedades funcionales de la carne. Ciencia y Tecnología de Carnes, Limusa. México, pp. 235-242.
- Hall, S., J., G.; Forsling, M., L. y Broom, D., M. 1998. Stress responses of sheep to routine procedures: changes in plasma concentration of vasopressin, oxytocin and cortisol. Vet. Rec. 142:91-93.
- Halperin, M., L. y Jungas, R., L. 1983. Metabolic production and renal disposal of hydrogen ions: An examination of the biochemical processes. Kidney Int, 24: 709-713
- Hambrecht, E., Eissen, J.J. y Verstegen, M.W.A. 2003. Effect of processing plant on pork quality. Meat Sci, 64: 125-131.
- Hambrecht, E.; Eissen, J., J.; Nooijen, R., I., J.; Ducro, B., J.; Smits, C., H., M.; den Hartog, L., A. y Verstegen, M., W., A. 2004. Pre-slaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. J Anim Sci, 82: 1401-1409.
- Hanna, J., D.; Scheinman, J., I. y Chan, J., C., M. 1995. The kidney in acid-base balance. Pediatr Clin North Am 42: 1365-1395.
- Hernández, M. 2007. Suplementación de Magnesio y Selenio en Dietas de Corderos. Tesis Doctoral. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Herrera, D., M., R.; Luna, M., M. y Romero, R., C., M. 1993. Obtención de anticuerpos contra progesterona y estradiol, estandarización del radioinmunoanálisis y validación en suero de rumiantes. Veterinaria México. 24 (3) 223-230.

Horton, G., M., J.; Baldwin, J., A.; Emanuele, S., M.; Wohlt, J., E. y McDowell, I., R. 1996. Welfare animal in farm. Journal Animal Science. 62,49

Ingram, M. 1964. Feeding Meat Animals before Slaughter. The Veterinary Record. Vol. 76 No. 64 pp. 1305-1309.

INEGI, 2006. www.inegi.gob.mx.

Institut Technique de l'Elevage Ovin et Caprin (ITOVIC): 1991. "La Ventilation Thermique des bergeries et chevreries", Technipel. Paris. Francia.

Instituto Técnico y de Gestión Ganadero: 2004. "Control Ambiental en Alojamientos Ganaderos de Navarra I. España 45-49.

Instituto Técnico y de Gestión Ganadero: 2006. "Control Ambiental en Alojamientos Ganaderos de Navarra II". España 13-19.

Kannan, G.; Terill, T., H.; Kouakou, B.; Gelaye, S. y Amoah, E., A. 2002. Simulated preslaughter holding and isolation effects and stress responses and live weight shrinkage in meat goats. Journal of Animal Science 80:1771-1780.

Knowles, T., G.; Warriss, P., D.; Brown, S., N.; Kestin, S., C.; Rhind, S., M.; Edwards, J., E.; Anil, M., H. y Dolan, S., K. 1993. Stress in the transport. Veterinary Record. 133, 287-91.

Knowles, T., G. 1998. A review of the road transport of slaughter sheep. Veterinary Record 143, 212-219

- Lawrie, R., A. 1998. Calidad comestible de la carne. En: RA Lawrie. (Ed) Ciencia de la Carne. Tercera Edición. Zaragoza: Editorial Acribia. pp. 245.
- Leheska, J., M.; Wulf, D., M. y Maddock, R., J. 2003. Effects of fasting and transportation on pork quality development and extent of postmortem metabolism. *Journal of Animal Science* 81:3194-3202.
- Madrid, M.; Nuñez, A.; Soto, T.; Soler, J., V. y Gacto, M. 2007. Stress-activated protein kinase-mediated down regulation of the cell integrity pathway motogen-activated protein kinase pmkip by protein phosphatas. *Mol. Biol. Cell.* 18:4405-4419.
- Mahgoub, O. y Lodge, G., A. 1998. a comparative study on growth, body composition and carcass tissue distribution in Omani sheep and goats. *Journal of Agricultural Science.* 131:329-339.
- Manev, G. 1983. La carne y su elaboración. Editorial Científico Técnica. Cuba. pp 3-72.
- Masana, M., O. y Rodríguez, R. 2006. Ecología Microbiana. Ciencia y Tecnología de Carnes, Limusa. México, pp. 293-322.
- Medrano, 2000. Agricultura del nuevo México, Universidad Autónoma de México, CU. México D.F. pp 25-29.
- Méndez, D.; Aparicio, E.; Martínez, J.; Garzón, A. y Vera, A. 1993. Producción de carne de ovino mayor en ovejas de raza Merina. Composición Tisular de la canal y del as piezas. *Tec. Pec.* 33,2: 51-55.
- Morris, D., G. (1994) Literature review of welfare aspects and carcass quality effects in the transport of cattle, sheep and

goats (LMAQ.011). Report prepared by the Queensland Livestock and Meat Authority for the Meat Research Corporation

- Mota, R., D.; Becerril, H., M.; Ramírez, N., R. y Alonso, S., M. 2000a. Relación entre el síndrome del estrés porcino y la calidad de la carne. *Agronegocios en México*, 40: 12-18.
- Mota, R., D.; Becerril, H., M.; Alonso, S., M. y Ramírez-Necoechea, R. 2000b. Efecto de la ausencia del método de insensibilización sobre la canal porcina. *Memorias del XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*, Atlapa, Panamá. p. 303.
- Mota, R., D.; Becerril, H., M.; Alonso, S., M. y Ramírez-Necoechea, R. 2000c. Evaluación del proceso de recepción y sacrificio de ovinos en un rastro municipal del Estado de México. *Memorias del XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*, Atlapa, Panamá. p. 297.
- Mota, R., D.; Becerril, H., M.; Alonso, S., M. y Ramírez-Necoechea, R. 2000d. Importancia del proceso de sacrificio. *Porcicultores y su Entorno*, 3 (16): 34-39.
- Mota-Rojas, D.; Becerril, M.; Lemus, C.; Gay, J., F.; González, M.; Escobar, I., I.; Ramírez, N., R. y Alonso-Spilsbury, M. 2005a. Factores que afectan la calidad de la carne. En: *Calidad de la carne de cerdo, salud pública e inocuidad alimentaria*. Ed. Cuadernos de CBS. No. 52. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México. 353 p.
- Mota-Rojas, D.; Becerril, M.; Lemus, C.; Sánchez, P.; González, M.; Olmos, S., A.; Ramírez, R., N. y Alonso-Spilsbury M. 2005b. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science* (2005): In press.

- Mota-Rojas, D.; Becerril-Herrera, M.; Gay, J. F. R.; Lemus, F., C.; Alonso, S., M., L.; Ramírez-Necoechea, R. y Escobar, I., I. 2005c. Efecto del transporte en la calidad de la carne de cerdo. En: *Calidad de la Carne, Salud Pública e Inocuidad Alimentaria*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Serie Académicos CBS No. 52. 353 p.
- Mota-Rojas, D.; Becerril, M.; Lemus, C.; Sánchez, P.; González, M., S., A.; Olmos, S. A.; Ramírez, R. y Alonso-Spilsbury, M. 2005d. Effect of different periods of transport on pre- and post slaughter performance and pork quality. *Meat Sci*, 72: (In press).
- Mota-Rojas, D.; Becerril-Herrera, M.; Lemus-Flores, C.; Trujillo-Ortega, M., E.; Ramírez, N., R. y Alonso-Spilsbury, M. 2005e. Efecto del periodo de descanso previo al sacrificio sobre el perfil químico serológico y calidad de la canal en cerdos. *Memorias XL Congreso Nacional AMVEC*. León, Gto. 13 al 17 de Julio. C. Pijoán A. et al. (eds.). 186 p.
- Mota-Rojas, D.; Ramírez, N., R.; Becerril, H., M.; Álvarez, B., E.; Herrera, L., E., A.; Sánchez, A., P.; Rodríguez, R.; González, M. y Alonso S., M. 2005f. "Fisiopatología del transporte en cerdos". *Acontecer Porcino* 15 (73): 26-38.
- Nsoso, S., J.; Young, M., J. and Beatson, P., R. 2000. A review on carcass conformation in sheep: assessment, genetic control and development. *Small Ruminant Research*. 35:89-96.
- Pérez, A., J., A. 2006. *Color. Ciencia y Tecnología de Carnes*, Limusa. México, pp. 161-177.
- Pérez, M., P.; Palacio, J.; Santolària, M., P.; Aceña, M., C.; Chacón, G.; Verde, M., T.; Calvo, J., H.; Zaragoza, M., P.;

- Gascón, M. and García-Belenguer, S. 2002. Influence of lairage time on some welfare and meat quality parameters in pigs. *Vet Res*, 33: 239-250.
- Ponce, A., E. 2006. Cambios bioquímicos pre y postmortem. *Ciencia y Tecnología de Carnes*, Limusa. México, pp. 111-128.
- Programa Nacional Pecuario. 2005. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA. 17 Agosto de 2005. pp 10, 16-17.
- Quiroga, T., G y García, de S., J., L. 1994. Manual para la instalación de un pequeño matadero modular de la FAO. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 120. Ed. FAO, Roma pp 99-115.
- Riverón, C., L. y Mena, M., V. 2000. Desequilibrio hidroelectrolítico y ácido-base en la diarrea. *Rev. Cubana Pediatr.* 72(3):170-82.
- Rodríguez, P.; Oliver M., A.; Manteca, X.; Dalmaua, A. y Velarde A. 2006. Efecto del aturdimiento sobre la calidad de la canal y de la carne en corderos. *Eurocarne* 148: 1-6.
- Rose, B., D. 1989a. Acid - base physiology. En: Rose BD, eds. *Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders*. New York: McGraw-Hill, 261-285.
- Rose, B., D. 1989b. Regulation of acid-base balance. En: Rose BD, eds. *Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders*. New York: McGraw-Hill,; 286-322.
- Rosmini, M., R. 2006. Métodos de insensibilización y matanza. *Ciencia y Tecnología de Carnes*, Limusa. México, pp. 43-64.

- Rosmini, M., R. y Signorini, M. L., 2006. Manejo antemortem. Ciencia y Tecnología de Carnes, Limusa. México, pp. 17-34.
- Ruiz-de-la-Torre, J., L.; Velarde, A.; Diestre, A.; Gispert, M.; Hall, S., J.; Broom, D., M. y Manteca, X. 2001. Effects of vehicle movements during transport on the stress responses and meat quality of sheep. The Veterinary Record, Vol 148 Issue 8, 227-229.
- SAGDR, 1995a. NORMA Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995, Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. Diario oficial de la federación. 10-16-95.
- SAGDR, 1995b. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial de la Federación. 07-07-1995.
- SAGDR, Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) 2003. Claridades Agropecuarias. 7(83)13-14
- SAGDRPA, 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario oficial de la federación.
- SARH, 1994. NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne. Diario oficial de la federación. 11-16-94.
- SCFI, 2006. Norma Oficial Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006. Productos Pecuarios- Carne de Ovino en Canal- Clasificación.

SAGARPA, 2004

<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/Pecuario/Produccion/2004/resmen2004.pdf>

SAGARPA, 2005. <http://www.sagarpa.gob.mx/DesktopServlet>

SAGARPA, 2006a.

<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/Pecuario/Avance/resumen1.pdf>

SAGARPA, Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera Subdirección de Certificación. 2006b. Directorio de Establecimientos TIF.

http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/inocuidad_agroalimentaria/sistema_tipo_inspeccion_federal/directorio_TIF_070706.pdf 22-11-08.

Santos, V., A., C.; Silva, S., R. y Azevedo, J., M., T. 2008. Carcass composition and meta quality of equality mature kids and lambs. *J. Animal Sci.* 86:1943-1950.

Sañudo, A., C. y Campo, A., M., M. 1996. Calidad de la canal, de la carne y de la grasa. En: C. Buxadé (Ed) *Zootecnia Bases de Producción. Producción Ovina Tomo VIII.* Zaragoza: Mundi Prensa. pp. 129-143.

SAS Institute, Inc. 1997 Versión 6.12. Cary, North Carolina, U.S.A.

Schalm, O., W. 1964, *Hematología Veterinaria.* Union Tipografica editorial Hispano Americana. México. 59-68.

Schoolwerth, A., C. 1991. Regulation of renal ammoniagenesis in metabolic aciosis. *Kidney Int* 40: 961-973.

- Shapiro et al., M., D., B.; Peruzzi, M., D., W. y Kozlowski-Templin, C-C., P., T. 1996. Manejo clínico de los gases sanguíneos. Panamericana. México. 123-156.
- Seifter y Aronson , J. y Aronson, P. 1986. Properties and physiologic roles of the plasma membrane sodium-hydrogen exchanger. *J Clin Invest* 78: 859-864
- Sierra, I. 1998. Razas ovinas de carne en España y sus cruces. Ovino de carne: aspectos claves. Mundi Prensa México, pp. 99-109.
- Stone, D., K. y Xie, X., S. 1988. Proton translocating ATPases: Issues in structure and function. *Kidney Int* 33: 767-774
- Velarde, A.; Gispert, M.; Diestre, A. y Manteca, X. 2003. Effect of electrical stunning on meat and carcass quality in lambs. *Meat Sciences*, 63, 35-38.
- Velasco, J. 2001. Aspectos importantes en la medición del pH. *Carne Tec.* 8(5):50-51.
- Vinay, P.; Lemieux, G.; Gougoux, A. y Halperin, M. 1986. Regulation of glutamine metabolism in dog kidney in vivo. *Kidney Int* 29: 68-79

ANEXO 1

Apéndice E (normativo). Insensibilización con pistola de perno cautivo en ovinos, caprinos y venados para abasto. Puntos de aplicación del disparo



Ovino de pelo



Caprino



Ovino de lana



Venado

ANEXO 2

Apéndice F (normativo). Electroinsensibilización para ovinos y caprinos. Aplicación de las pinzas que corresponden a los electrodos



Debajo de las orejas y entre los ojos



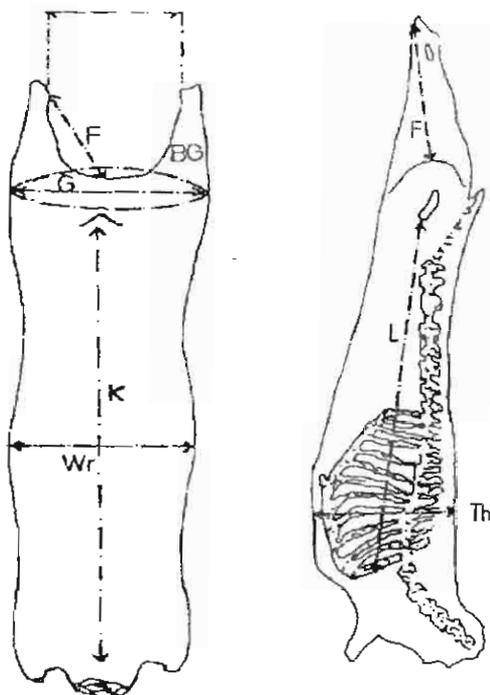
Debajo de ambas orejas



Igual en caprinos

ANEXO 3

Medidas de la conformación de la canal (Daza, 1997)



K - Longitud externa de la canal

L - Longitud interna de la canal

F - Longitud de la pierna

G - Anchura de grupa

Wr - Anchura de tórax

Th - Profundidad del tórax

Bc - Perímetro de la grupa

ANEXO 4

Técnica de Schalm (1964) para conteo de eritrocitos y leucocitos en el hemocitómetro

El hemocitómetro consiste en una pipeta para diluir glóbulos rojos, una pipeta para diluir glóbulos blancos y una cámara de recuento.

Llenado de la pipeta. La pipeta de dilución consta de una parte tubular calibrada y de un bulbo o cámara de mezcla con una perlita de vidrio para facilitar la dispersión uniforme de las células en el diluyente. La parte calibrada se divide en diez partes iguales, cuyo total es una unidad. En el lado opuesto del bulbo aparece el número 11 en la pipeta para glóbulos blancos y el número 101 en la de glóbulos rojos. Al extremo superior de la pipeta se une un tubo de goma que tiene una boquilla de vidrio o de plástico. Por suave succión se aspira la sangre en la pipeta hasta la marca deseada. En los exámenes sanguíneos corrientes esto se hace hasta la marca 0.5 para los recuentos de leucocitos y eritrocitos. Cuando la columna de sangre llega hasta la división 0.5, se separan ligeramente los labios para que la presión atmosférica disminuya el vacío de la cavidad bucal y detenga el flujo de sangre en la pipeta. Se limpia la punta y se introduce entonces en el diluyente adecuado en la pipeta hasta la marca 11 o 101 de los instrumentos respectivos. A medida que entra el diluyente en la pipeta, la sangre se mueve hacia la cámara mezcladora.

La pipeta para glóbulos blancos proporciona una dilución de 1 en 20, y la de los glóbulos rojos una dilución de 1 en 200 cuando la sangre se ha llevado a la marca de 0.5 y se ha verificado la dilución.

El diluyente para el recuento de leucocitos contiene un ácido que produce la lisis de los glóbulos rojos. Como es el caso del HCl al 1% o el ácido acético al 2%. Se agrega 1 ml de una solución

acuosa de violeta de genciana al 1% a cada 100 ml de diluyente para los leucocitos a fin de distinguirla de otras soluciones.

El líquido para la dilución de los glóbulos rojos debe ser isotónico. Se emplea comúnmente la solución de Hayem, la cual contiene 0.5 g de cloruro mercuríco, 5.0 g de sulfato sódico cristalizado, 1.0 g de cloruro sódico y 200 ml de agua destilada.

La cámara de recuento es una pieza rectangular de cristal grueso con dos barras transversales realizadas en que se apoya el cubreobjeto. En la zona central entre las dos barras, hay dos plataformas, ambas rodeadas por completo de una depresión. La superficie pulida de cada plataforma está a 0.1 mm del cubreobjeto, de manera que al llenarse la cámara la profundidad del líquido es de 0.1 mm. Cada plataforma tiene una zona cuadrículada, con nueve cuadrados principales, cada uno de 1 mm cuadrado. Cada uno de los cuadrados que forman esquina se subdivide en 16 cuadrados secundarios para mayor facilidad en el recuento de los leucocitos. El cuadro principal del centro se usa para el recuento de glóbulos rojos y tiene 25 cuadrados secundarios, cada uno se subdivide cada uno en 16 cuadrados terciarios. Se acostumbra numerar todos los eritrocitos en circo de los cuadrados secundarios, empleando los de las cuatro esquinas y el del centro. Antes de llenar la cámara debe agitarse la pipeta durante dos minutos para hacer una dispersión uniforme de los glóbulos sanguíneos en el líquido de dilución. Soplese la pipeta para descartar hasta la mitad de su contenido, arrastrando el líquido sin células de la parte tubular; tóquese el borde de la plataforma de la cámara de recuento con la punta de la pipeta y déjese que el líquido fluya por debajo del cubreobjeto por capilaridad.

Para el recuento de glóbulos blancos se emplea el objetivo de poco aumento. Con lente de 16 mm y ocular de 10X, el campo microscópico será ocupado por la zona de un cuadrado primario. Se acostumbra contar los leucocitos de los cuatro cuadrados primarios de las esquinas y multiplicar por factor de 50 para obtener el número de células en 1 mm^3 de sangre.

El objetivo a gran aumento se emplea para el recuento de glóbulos rojos. Se cuentan las células en cinco cuadrados secundarios (80 cuadrados terciarios) y se multiplica por 10000, lo cual representa el número de eritrocitos milímetro cúbico de sangre.

RIA.

Radioinmunoanálisis (RIA)

Es una técnica inmunológica en la que se utilizan radioisótopos para detectar antígenos o anticuerpos en líquidos biológicos.

En este ensayo se incorpora una reacción de enlace competitivo, en la que una cantidad fija de antígeno marcado radiactivamente y antígeno de la muestra compiten por un número limitado de sitios de enlaces específicos con

el anticuerpo. La unión de los dos antígenos con el anticuerpo forma un complejo precipitable. El porcentaje de antígeno marcado que se precipita disminuye a medida que la concentración de antígeno no marcado en la muestra aumenta. Por tanto, la concentración de antígeno en la muestra problema es inversamente proporcional a la cantidad de radioactividad de la fracción enlazada.

Sea antígeno (Ag) la sustancia que quiere medirse, Ag* la misma sustancia que contiene en su molécula un isótopo radioactivo y el anticuerpo (Ac) que reacciona específicamente con los anteriores y que se encuentra en una cantidad insuficiente para unir todas las moléculas de antígeno presente. Si se incubaba una muestra que contenga Ag, Ag* y Ac, los dos Ag y Ag* compiten por su unión con Ac.

Tras producirse la reacción, se separan los antígenos unidos (Ag-Ac, Ag*-Ac) de los libres (Ag*, Ac). Una vez separados se mide la radioactividad de las fracciones unida y libre. Utilizando curvas de calibración obtenidas con patrones de los que se conoce la concentración de Ag, es posible mediante la relación entre el Ag libre y unido calcular la concentración de Ag en la muestra problema.

Los métodos de separación del Ag libre y unido pueden agruparse en tres tipos:

1. Método de adsorción

El Ag libre se retiene superficialmente en un material insoluble adecuado (carbón activo, silicato magnésico, resinas de intercambio iónico). La centrifugación deja en el sobrenadante la fracción unida y lleva al sedimento la fracción libre.

2. Método de precipitación

El Ag unido se separa del libre precipitando el Ag unido con compuestos precipitante de proteínas como el sulfato amónico, etanol, ácido perclórico. Tras centrifugar, el Ag unido queda en el sedimento y el libre en el sobrenadante.

3. Método de doble anticuerpo

El Ag unido puede precipitarse con un segundo Ac para él. Después de centrifugar, el Ag unido queda en el sedimento y el libre en el sobrenadante.

Preparación de estándares.

Separación de la proteína de transporte, montaje de la curva.

.5 ml suero

5 ml de diclorometano (separación de proteína transportadoras)

agitar 1 minuto

reposar 20 minutos para separar fases

separar fase superior (proteínas)

evaporar el diclorometano a baño maría

resuspender con 1.5 ml de buffer

tomar 500 μ l para cada muestra

Desarrollo del ensayo

En tubos de vidrio de 100 x 75 mm se adiciona por duplicado:

100 μ l de una solución del anticuerpo

100 μ l de hormona marcada a determinar equivalente a 10,000 cpm

500 μ l de solución problema o estándar

Se agitan los tubos y se incuban por 24 hrs a 4 °C

Se agrega el sistema de separación (carbón : dextran 5 : 0.5%)

Se incuba 20 minutos a 4 °C
Se centrifuga a 100 g por 25 minutos
Decantar el sobrenadante (fracción unida)
Adicionar 5.0 ml de líquido de centelleo
Valorar en un contador de centelleo

ANEXO 6

Técnicas analíticas de parámetros fisicoquímicos y funcionales de la carne

a) pH

Pesar 10 g de muestra

Añadir 100 mL de agua destilada y moler en una licuadora por 1 minuto.

Estandarizar un potenciómetro con solución buffer de fosfato a pH 6.0.

Filtrar la suspensión.

Leer el pH en el potenciómetro.

g) Color

- Picar finamente la carne lo mas homogéneamente posible
- Calibrar el colorímetro con el estándar proporcionado para los valores L, a y b de la cerámica de referencia
- Colocar la muestra en el porta muestras (2.5 cm de llenado).
- Leer los valores
- Se reporta como números adimensionales

e) Dureza

- Cortar las muestras a 1 cm³
- Se estandariza el equipo con las pesas (2 y 5 kg) y a altura de la sonda
- Se establece el tipo de medición a realizar
- Se coloca la muestra a una distancia estándar de la navaja Warner Bratzler (1 cm aproximadamente). A una velocidad de prueba de 1 mm/s y velocidad de retroceso 2 mm/s
- Se reporta en Newtons (N) o gramos (g)

Para el análisis de textura en muestras cocidas, se llevó a cabo la siguiente metodología:

- Se cortan las muestras de carne magra con medidas de 2 cm^3
- Se cosen a temperatura interna de $70\text{ }^\circ\text{C}$ por 10 minutos
- Las muestras cocidas en 1 cm^3
- Las mediciones se llevan a cabo de forma similar a las muestras crudas
- Se reporta en Newton (N) o gramos (g)

f) Oxidación de grasas: Índice de peróxido

- Poner 5 g de carne (grasa) en 30 mililitros de una mezcla ácido acético- cloroformo (3:2)
- Agitar por media hora.
- Añadir 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio.
- Reposar 1 min
- Añadir 30 mL de agua destilada hervida y fría
- Agregar 2 mL de almidón al 1%
- Titular con tiosulfato de sodio 0.01 N agitando hasta obtener un color blanco
- Calcular mediante la siguiente ecuación:
Índice de Peróxido (IP) = mL tiosulfato X N X 1000/g muestra.
- Se reporta como mL tiosulfato/g carne

c) Capacidad de retención de agua. (CRA)

- Picar finamente 10 g de carne
- Colocar 5 g de carne en un tubo de centrifuga por duplicado
- A cada tubo añadir 16 mL de solución de NaCl 0.6 M y agitar por un min

- Colocar los tubos en baño de hielo por 30 min
- Agitar por 1 min
- Centrifugar los tubos por 15 min a 10000 rpm
- Decantar el sobrenadante en una probeta y medir este volumen
- Se reporta como mL de solución retenida por 10 g de carne

d) Capacidad de emulsificación (CE)

- Moler 12.5 g de carne con 50 mL de solución de NaCl 1M, en una licuadora por 1 min a una temperatura de 5 °C
- Tomar 5 g de la pasta y añadir 15 mL de NaCl 1 M a 5 °C; mezclar
- Con una bureta añadir aceite vegetal a la pasta que se agita por un homogenizador, hasta que el aceite deje de incorporarse a la pasta de carne (ruptura de la emulsión)
- Se reporta como mL de aceite retenido por g de carne

e) Actividad de agua (a_w)

- Atemperar la muestra a aproximadamente 18°C.
- Llenar los porta muestras del medidor de actividad de agua, hasta un máximo de 1/3 de la profundidad
- Calibrar el medidor de actividad de agua con un blanco de agua
- Colocar las muestras en el espacio de medición, y medir cuando se indique por señal sonora
- Se reporta en unidades dimensionales

ANEXO 7

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL EN ESCALA SEMIESTRUCTURADA

EVALUACION SENSORIAL DE CARNE DE BORREGO ASADA

FECHA:

INSTRUCCIONES: Señale con una línea vertical la distancia que mejor describa la intensidad del atributo que está evaluando, indicando el número de la muestra.

CALIDAD GENERAL

pésima

excelente

SABOR

desagradable

Muy agradable

OLOR

desagradable

Muy agradable

COLOR

Muy pálida

Muy oscura

JUGOSIDAD

reseca

jugosa

SUAVIDAD

Muy suave

Muy dura

Comentarios:
