



# **Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa**

## **Especialización en Biotecnología**

### **INFORME DEL INVESTIGACIÓN**

#### **CALIDAD DE CARNE DE CORDERO CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON SELENIO Y MAGNESIO**

Por:

**M.V.Z. Jarumi Aguilar Guggembuhl**

Tutora: Dra. Isabel Guerrero Legarreta

Lector: Dr. Marcelo Signorini Porchieto

**OCTUBRE de 2006**

## **Dedicatoria:**

Es difícil plasmar con palabras sentimientos llenos de gratitud pero lo intentare:

En primer lugar quiero dedicar este logro a mi madre, pilar inmutable en mi formación, tanto personal como académica, sin su presencia yo no seria lo que soy, gracias Alicia por tus desvelos y cuidados y esfuerzos.

Después a un gran hombre, trabajador y responsable, que alegra mis días y tubo todo que ver para la toma de ésta decisión, Braulio Cusi.

A cada persona del laboratorio de Macromoléculas, única y maravillosa que siempre ha estado incondicionalmente para brindarme una mano y una sonrisa.

Al Dr. Jorge Soriano por soportar mi bulla y la ausencia de matraces después de mis visitas.

Sobre todo a mi querida asesora, que siempre ha escuchado mis dudas e inquietudes con infinita paciencia. Gracias Dra. Isabel Guerrero.

A Marina, Laura, Efrén y colaboradores, por su gran ayuda y orientación.

A la Universidad por permitirme ser parte de sus filas.

Y a Dios, por permitirme vivir esta experiencia, ponerme en este camino y dejar que concluya esta meta.

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Producción y manejo de ovinos	1
1.1.1. Origen de los ovinos en México	1
1.1.2. Importancia de magnesio y selenio en la alimentación animal	2
1.1.2.1. Magnesio	2
1.1.2.2. Selenio	6
1.1.3. Toxicidad	9
1.2. La canal de ovino	10
1.2.1. Características de la canal	10
1.2.2. Componentes de la canal. Grasa, músculo y hueso	12
1.2.3. Factores determinantes del crecimiento de la canal	16
1.2.4. Criterios de clasificación de la canal	20
1.2.5. Medidas objetivas de la canal	20
1.2.6. Despiece de la canal	22
1.2.7. Evaluación de los componentes de la canal y animales vivos	23
1.2.8. Normas de calidad para canales de ovino	25
1.3. Parámetros de calidad de la carne	25
1.3.1. Textura	25
1.3.2. Sabor y olor	27
1.3.3. Jugosidad	28
1.3.4. Color	30
1.4. Factores que intervine en la calidad de la carne	31
1.4.1. Tratamiento pre mortem	31
1.4.2. Tratamiento post mortem	33
1.5. Propiedades funcionales de la carne	33
1.5.1. Capacidad de retención de agua	34
1.5.2. Capacidad de emulsificación	36
1.5.3. Capacidad de gelificación	36
1.6. Propiedades químicas de la carne	37
1.6.1. Oxidación de grasas	37
1.6.2. Degradación de proteínas (producción de aminas biogénicas)	49
1.6.3. Reacciones enzimáticas	40
1.6.4. Reacciones de oscurecimiento no enzimático (reacciones de Maillard)	41

1.6.5. Reacciones originadas por microorganismos	42
2. JUSTIFICACIÓN	44
3. OBJETIVOS	45
4. MATERIALES Y MÉTODOS	46
4.1. Materia prima	46
4.2. Matanza y despiece de los animales	48
4.3. Análisis de calidad de carne	49
4.3.1. Propiedades físico químicas	49
4.3.1.1. pH	49
4.3.1.2. Color	49
4.3.1.3. Textura	49
4.3.1.4. Actividad de agua	49
4.3.1.5. Oxidación de las grasas	50
4.3.2. Propiedades funcionales	50
4.3.2.1. Capacidad de retención de agua	50
4.3.2.2. Capacidad de emulsificación	50
4.3.3. Evaluación sensorial	50
4.4. Diseño experimental y Análisis estadístico de resultados	51
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1. Mediciones de la canal	53
5.2. Parámetros fisicoquímicos	55
5.2.1. pH	55
5.2.2. Actividad de agua ( $a_a$ )	56
5.2.3. Capacidad de retención de agua (CRA)	57
5.2.4. Capacidad de emulsificación	58
5.2.5. Índice de peróxido	59
5.2.6. Color	60
5.2.7. Textura	63
5.3. Parámetros sensoriales	66
6. Conclusión	72
Bibliografía	73
Anexos	80

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Producción y manejo de ovinos

### 1.1.1. Origen de los ovinos en México

La oveja ha sido fuente de carne, piel y lana para los humanos desde la edad primitiva al ser domesticada unos 10,000 años antes de Cristo (Medrano, 2000). Se ha concluido que los tres tipos de ovejas salvajes del viejo mundo, el argalí (*Ovis aeminon*), el urial (*O. vignei*) y el muflón (*O. musimom*) han contribuido en la formación de las razas domésticas actuales (Chamula, 1976; Medrano, 2000). En México fueron introducidas por Cristóbal Colon en su segundo viaje al igual que otros animales y semillas del viejo mundo (Chamula, 1976), debido a que las especies nativas, destinadas al consumo humano diferían de las usadas por los españoles, tales especies eran: los guajolotes, el perro pelón (Xoloitzcuintle), además de los que proporcionaba la cacería: jabalíes, conejos, liebres, iguanas, ranas, perdices, codornices, faisanes y venados entre otros (Medrano, 2000). Los ovinos traídos a México se multiplicaron gracias a la abundancia de comida, factores climáticos apropiados (temperatura -2 y 25°C, precipitación pluvial entre 8 y 115 mm mensuales, y humedad relativa entre 55-91%), además de la ausencia de enfermedades que pudieran diezmarlos (Daza, 1997; Medrano, 2000). Las primeras razas de ovinos que llegaron a México eran de tipo merino, churras y lachas (Chamula 1976; Medrano 2000). Poco a poco el país se fue poblando de esta especie, y a principios del siglo XX gran parte de la República contaba con ganado criollo, descendiente de las razas españolas traídas originalmente; a finales del siglo XIX el gobierno mexicano decidió apoyar el desarrollo del campo; se organizó un congreso agrícola, se fundaron sociedades especializadas, y se importó ganado ovino de origen americano y europeo; durante el siglo XX ingresaron al país un gran número de razas de animales que contribuyeron a formar la reserva genética del ganado local, estas fueron Rambouillet, Lincoln y Corriedale, entre otras (Medrano, 2000; Hernández, 2000).

El inventario nacional en 1999 reportó 5,948,764 cabezas de ganado ovino (SAGARPA, 2004), la mayoría de este es de tipo *criollo* y solamente un porcentaje pequeño, es 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). A la fecha existen aproximadamente 17 razas de importancia comercial en México; el fenotipo predominante es el criollo *cara negra* proveniente de la cruce Suffolk y Hampshire (Hernández, 2000). El sistema de producción predominante es el pastoreo diurno en pastos nativos y en terrenos de cultivo después de la cosecha, después encierro nocturno (Medrano, 2000; Hernández, 2000). La alimentación esta basada principalmente en rastrojo de maíz y la suplementación es escasa o nula. El empadre es libre, los machos permanecen todo el año con las hembras. Una de las prácticas sanitarias más comunes es la desparasitación externa e interna. La intervención del estado así como de las organizaciones de los productores es mínima en lo que se refiere a créditos, asistencia técnica, fomento y extensión. Sin embargo, la Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinos (AMTEO) ha promovido por varios años la cría y difusión de los borregos y han generado la mayor parte de la investigación nacional sobre estas especies (Medrano, 2000). Dentro de las investigaciones realizadas en la nutrición de ovinos, se le ha reconocido a los elementos minerales funciones esenciales en el organismo (Maynard, 1981), en especial se describen las del magnesio y el selenio a continuación.

## **1.1.2. Importancia de magnesio y selenio en la alimentación animal**

### **1.1.2.1. Magnesio**

Desde hace 70 años este mineral ha sido reconocido como un elemento esencial en la dieta de animales superiores (Maynard, 1981; Underwood, 2003). La mayor parte del magnesio, 60 a 70%, se encuentra en el esqueleto, fundamentalmente en la capa de hidratación de los cristales de hidroxiapatita, formando reservas que

pueden mobilizarse cuando los aportes alimenticios no son adecuados ( $1.2 \text{ g kg}^{-1}$ ); estas reservas decrecen con la edad. En menor proporción se encuentra como magnesio sérico, el cual está presente en dos formas, unido a proteínas (32%) o de forma ionizada libre (68%) (Dua, 1995). El magnesio se considera el segundo elemento en cantidad, después del potasio, en los líquidos intracelulares y organelos (Maynard, 1981). El 80% del magnesio total está unido a proteínas y asociado fundamentalmente a microsomas (Underwood, 2003). En líquidos extracelulares se encuentra en concentraciones bajas, pero imprescindibles, incluyendo al líquido cefalorraquídeo (LCR) y la sangre donde se encuentra tanto en el plasma como en forma del núcleo hemo de la hemoglobina (De Luca, 1998).

El magnesio resulta de vital importancia en el metabolismo de carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas, sobre todo como catalizador de una amplia gama de enzimas que necesitan a este elemento para facilitar la unión enzima-sustrato (Grace, 1991). En particular, es activador de todas las enzimas que transfieren un fosfato del ATP al ADP, y por lo tanto actúa en todos los procesos vitales (Maynard, 1981). Por ello, es necesario para la fosforilación oxidativa que conduce a la formación de ATP; para los procesos involucrados en la bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ; en la oxidación del piruvato; en la conversión de  $\alpha$ -oxoglutarato a succinilcoenzima A; en la catálisis de la mayoría de transportadores de fosfato, incluyendo la fosfatasa alcalina, hexoquinasa y desoxirribonucleasa; y en la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos (Underwood, 2003). La reacción de la transcetolasa de la derivación de pentosa monofosfato también es dependiente del magnesio (Freer, 2002).

Este elemento se encuentra en funciones no relacionadas con la actividad enzimática como la unión de magnesio a los grupos fosfatos de las cadenas de ribonucleótidos, influyendo en su plegamiento; los iones de magnesio modulan la actividad neuromuscular y afectan el control autónoma del corazón (Maynard, 1981). En concentraciones iónicas bajas, aceleran la transmisión de impulsos nerviosos; la contracción muscular depende parcialmente de los intercambios de

magnesio con calcio; afecta la integridad de la membrana celular uniéndose a los fosfolípidos; finalmente, los microorganismos del rumen necesitan magnesio como cofactor de la mayoría de las enzimas que intervienen en la función celular de los mamíferos (Grace, 1991; Underwood, 2003).

El magnesio se absorbe principalmente en el rumen mediante dos procesos de transporte activos cuando existe un gradiente electroquímico (Freer, 2002); la velocidad de transporte está inversamente relacionado con las concentraciones de potasio en la ración, ya que este inhibe la absorción al incrementar la diferencia de potencial a través del epitelio del rumen, mientras que el sodio disminuye la diferencia de potencial y estimula la absorción del magnesio (Fontenot, 1989; Freer, 2002). La concentración del magnesio en el ultrafiltrado del rumen decrece a medida que el pH ruminal incrementa, al igual que la solubilidad de este (De Luca, 1998). Otro factor que disminuye la absorción del magnesio es la presencia de amonio, el cual no afecta la diferencia de potencial; la presencia de este en el rumen es causado por la sustitución de raciones de heno y concentrados por pastos de gramíneas o productos de éstas (Fontenot, 1989; Underwood, 2003). Secundariamente, la absorción del magnesio se produce en el intestino delgado y grueso.

El metabolismo del magnesio no depende de ninguna hormona, pero puede ser indirectamente influenciado por la presencia de hormonas reguladores del calcio (calcitonina y hormona paratiroidea, HPT) y por otras hormonas incluyendo la aldosterona, la tiroxina y la insulina (De Luca, 1998). En animales recién nacidos el magnesio de la leche ( $0.3 \text{ mmol L}^{-1}$  en leche entera, y  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  en calostro) se absorbe muy eficientemente en el intestino grueso (Freer, 2002; Underwood, 2003). Los niveles de magnesio circulante, dependen del magnesio absorbido en el tracto digestivo, al perdido (secreción en leche, fecal y renal), y al equilibrio con las concentraciones intracelulares de los tejidos blandos y el esqueleto; además de las concentraciones de calcio y fósforo al que está íntimamente ligado (Underwood, 2003). Las rutas de excreción del magnesio son dos: vía renal al ser



filtrado principalmente por el glomérulo, y en el contenido fecal donde se eliminan aproximadamente  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso vivo (PV) (Fontenot, 1989; Underwood, 2003). La tabla 1 enlista las necesidades medias de magnesio para ovejas en pastoreo y en estabulación (Underwood, 2003).

Tabla 1. Estimación factorial de las necesidades medias de magnesio para ovejas en pastoreo y en estabulación,  $\text{g kg}^{-1} \text{ MS}^*$ .

	Peso vivo (kg)	Crecimiento/ producción ( $\text{kg día}^{-1}$ )	Necesidades ( $\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$ )		$\text{MS}^b$ ( $\text{kg día}^{-1}$ )
			En pastoreo <sup>a</sup>	En estabulación <sup>a</sup>	
Crecimiento	20	0.1	1.0	0.50	0.50
		0.2	0.9	0.45	0.76
	30	0.1	1.0	0.50	0.67
		0.2	0.9	0.45	1.00
		0.3	0.8	0.40	U
	40	0.1	1.0	0.50	0.83
		0.2	0.9	0.45	1.23
		0.3	0.7	0.35	1.80
Gestación	40	Fetos (de 12 semanas a término)			
		1	0.9	0.45	0.64-0.96
		2	0.9	0.45	0.74-1.25
	75	1	1.1	0.55	1.03-1.51
		2	0.9	0.45	1.17-1.93
Lactación	40	Leche ( $\text{kg día}^{-1}$ )			
		1	1.2	0.60	1.18
		2	1.2	0.60	1.90
	75	1	1.4	0.70	1.48
		2	1.3	0.65	2.18
		3	1.3	0.65	2.90

\* Materia Seca.

<sup>a</sup> los valores de absorción para ovejas en pastoreo con pastos ricos en potasio ( $>30 \text{ g K kg}^{-1} \text{ MS}$ ) se suponen de 0.20 y para ovejas en estabulación de 0.40.

<sup>b</sup> ingestión de materia seca para raciones con un valor nutritivo intermedio,  $q= 0.6$ .

### **1.1.2.2. Selenio**

Por mucho tiempo, el interés biológico de este mineral se limitó a sus efectos tóxicos sobre animales; fue hasta 1957 en que se descubrió que el selenio juega un papel fisiológico esencial al mismo tiempo que puede ser tóxico en los animales (Maynard, 1981; Schrauzer, 1999). Los rumiantes absorben de modo menos eficiente y más variable el selenio marcado que los no rumiantes, ya que la mayor parte del selenio ingerido abandona el rumen de la oveja junto con el material insoluble, especialmente la fracción bacteriana, habiendo una mayor absorción anterior al intestino delgado (Freer, 2002; Ellison, 1992). El selenato comparte mecanismos de absorción con el metabolismo del molibdeno y el sulfato por ello puede, en rumiantes, presentar antagonismo con estos aniones (Grace, 1991). Existen grandes diferencias en el metabolismo postabsortivo de las fuentes orgánicas e inorgánicas del selenio; el selenio administrado por vía parenteral en forma de selenito se incorpora rápidamente a proteínas plasmáticas ricas en selenocisteína y puede utilizarse para la síntesis de otras selenoproteínas gracias a la actividad de enzimas (Gerloff, 1992; Underwood, 2003).

El selenio se elimina del cuerpo por exhalación, excreción urinaria y excreción endógena fecal (Mayard, 1981). La secreción biliar puede corresponder a un 28% de la ingestión total, a pesar de que la mayor parte se reabsorbe, el resto se contribuye significativamente a las pérdidas endógenas fecales que son las principales responsables de balances negativos en situación de baja ingestión de selenio en ovejas (Underwood, 2003). El selenio es necesario para la viabilidad del recién nacido (Freer, 2002). El crecimiento, la fertilidad de los animales y para la prevención de diversas enfermedades que responden de forma variable a la vitamina E (Greene, 1983). Actualmente, la importancia del selenio se considera dentro de una perspectiva más compleja, gracias a la identificación de más de 30 selenocisteínas diferentes, que contienen todas ellas selenio y que cada una de ellas tiene su propia distribución, función local y necesidad de selenio (Underwood, 2003). En la tabla 2, se enlistan las más conocidas.

**Tabla 2. Selenoproteínas que han sido purificadas y/o clonadas, localización y sus posibles funciones.**

<b>Nomenclatura</b>	<b>Selenoproteína</b>	<b>Localización principal</b>	<b>Función</b>
GPX1	Peroxidasas GSH citosódica (GPX)	Citosol tisular, hemoproteínas	Reserva antioxidante
GPX2	GPX plasmática	Plasma, riñón, pulmón	Antioxidante extracelular
GPX3	Fosfolípido hidroperóxido GPX	Membranas intracelulares, particularmente testículos	Antioxidante intracelular
GPX4	GPX gastrointestinal	Mucosa intestinal	Antioxidante mucoso
ID1	Yodotironina 5'-deyododinasas tipo I	Hígado, riñón y músculo	
ID2	Yodotironina 5'-desyododinasas tipo II	Placenta	Conversión T <sub>4</sub> a T <sub>3</sub>
ID3	Yodotironina 5'-desyododinasas tipo III		
TRR	Tioredoxina reductasa	Citosol tisular	Redox/antioxidante
Sel P	Selenoproteína P	Plasma	Transporte, reserva, antioxidante, destoxicante de metales pesados
Sel W	Selenoproteína W Selenoproteína testicular	Músculo Testículos	Antioxidante (?) Estructural (?)

Los cuatro tipos de peroxidasas conocidas utilizan glutatión como sustrato reductor cuya variedad y localización refleja la importancia de controlar la peroxidación, una reacción bioquímica esencial que cuando se altera conduce a reacciones en cadena que generan radicales libres y dañan los tejidos (Grace, 1991). La función de finalizar dichas reacciones y proteger contra la peroxidación se comparte con otros enzimas tisulares y otros protectores no enzimáticos como la vitamina E, esta y el selenio actúan sinérgicamente, el selenio es necesario especialmente para la fertilidad masculina (Gerloff, 1992; Freer, 2002). La primera peroxidasa identificada y estudiada en detalle se conoce actualmente como peroxidasa citosódica o GPX1 para distinguirla de las demás. La GPX es la fuente más importante de selenio en eritrocitos e hígado (Underwood, 2003). El selenio

esta presente en la GPX1 en cantidades estequiométricas, con 4 átomos g de Se mol<sup>-1</sup>. La peroxidasa extracelular o plasmática, GPX3, es también tetramérica y se sintetiza principalmente en el hígado y riñón, donde sus principales funciones residen en proteger el túbulo renal proximal del daño peroxidativo (Freer, 2002; Underwood, 2003). La peroxidasa intestinal gastrointestinal GPX2 actúa localmente protegiendo la mucosa intestinal de los hidroperóxidos de la ración; GPX4 tiene una forma fosfolipídica de la hidroperoxidasa es un monómero asociado con membranas intracelulares y completa las funciones de las anteriores GPX (Underwood, 2003). La deficiencia de selenio influye sobre el metabolismo del yodo (Gerloff, 1992) existe un tipo de selenoproteína unida a la membrana capaz de convertir el t<sub>4</sub> (tetrayodotironina) a la forma fisiológicamente activa T<sub>3</sub> (triyodotironina) llamada yodotironina de yodinasas tipo 1 (ID1) (Freer, 2002). Existen otras dos: la tioredoxina reductasa (TRR) contribuye a las concentraciones celulares de selenio además de controlar el estado redox de la célula. El sistema de la TRR permite que el selenio influya sobre la actividad de la glutatión transferasa (GST), aunque GST no contenga selenio (Underwood, 2003). El principal componente del selenio plasmático es la selenoproteína P, una molécula con más de diez residuos selenio-cisteína (Se-Cys) que se incorpora a la cadena peptídica. La selenoproteína P muestra una fuerte tendencia a unirse con metales pesados y ejercer un efecto protector contra la intoxicación de cesio, plomo y mercurio, contra quien presenta antagonismo (Grace, 1991; Gerloff, 1992; Freer, 2002). La selenoproteína W fue aislada en el corazón y músculo contiene un gramo de selenio por cada mol de Se-Cys, no se sabe aún su función aunque si ocurre deficiencia de esta en la dieta las concentraciones de selenoproteína W en el músculo disminuyen pero se mantiene en el cerebro, mientras que en un exceso en la ingestión de selenio aumentan las concentraciones de selenoproteína W de todos los tejidos del cordero, exceptuando del cerebro (Greene, 1983). Parece que el selenio participa en el metabolismo de los compuestos sulfhidrilo, la deficiencia en selenio afecta adversamente la respuesta inmune (Maynard, 1981; Freer, 2002; Underwood, 2003). En la tabla 3 se muestran las necesidades de selenio para las ovejas dependiendo su edad.

**Tabla 3. Necesidades de selenio derivadas factorialmente en ovejas (Underwood, 2003)**

	Peso vivo kg	Producción lechera o PVG (kg día <sup>-1</sup> )	IMS (kg día <sup>-1</sup> )		Necesidades		
			q* 0.5	0.7	Netas (µg día <sup>-1</sup> )	Brutas (mg kg <sup>-1</sup> MS)	
Cordero	20	0.1-0.2	0.7	0.4-0.6	11-16	0.031	0.055
Oveja	75	1-3	1.9-3.7	1.2-2.4	26-38	0.028	0.043
						0.020	0.032

q\* Medida de la calidad de la ración o digestibilidad: 0.5 y 0.7, poco y altamente digestibles, respectivamente.

Los componentes del modelo factorial fueron: M=0.25 µg kg<sup>-1</sup> PV, G=50µg kg<sup>-1</sup> PVG L=6 y A =0.50.

La vitamina E y el selenio contenido en la glutatión peroxidasa opera en la membrana lipídica y en el citosol de la célula, respectivamente, previenen el daño oxidativo en la disfunción celular. El selenio cruza la placenta en el feto y también la barrera mamaria, particularmente durante la producción de calostro (Freer, 2002).

### 1.1.3. Toxicidad

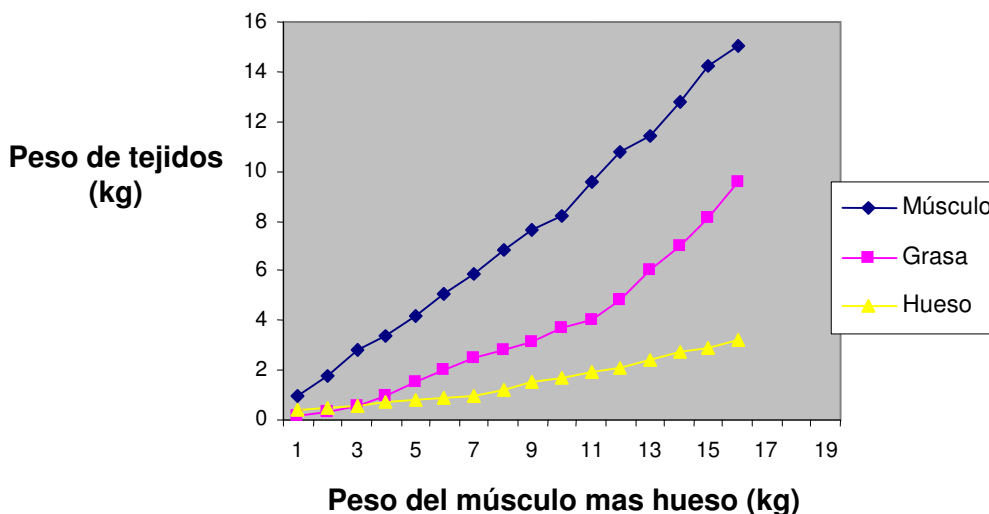
La falta de mecanismos hemostáticos para controlar a un mineral determinado suele asociarse con tolerancia a ingestiones extremas (Freer, 2002). El Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos (NRC, 1980) situó un límite tolerable para rumiantes en 5 mg kg<sup>-1</sup> MS; algunos estudios posteriores mostraron que una cantidad de 14 mg kg<sup>-1</sup> MS era medianamente tóxico para ovejas; las primeras anomalías aparecen en la superficie (estrato córneo) de las papilas ruminales (Underwood, 2003).

## 1.2. La canal de ovino

### 1.2.1. Características de la canal.

Los modelos de crecimiento de los tejidos que constituyen la canal determinarán las proporciones futuras relativas del músculo, hueso y grasa (Daza, 1997). A medida que el animal crece, el cuerpo se incrementa en tamaño y en proporciones semejantes, aumentando la cantidad de grasa en casi todas las regiones del organismo como se observa en la figura 1. La grasa es tejido más errático y variable y su cantidad va a depender del genotipo del animal y su nutrición (Arbiza, 1996).

Los animales mas comúnmente sacrificados para el consumo humano son bovinos, porcinos, aves y ovinos (SAGARPA,2005), la matanza de estos últimos se realiza cuando alcanzan el peso de 40 a 50 kg en el caso de adultos y en el caso de corderos al llegar a los 10 a 30 kg (Madrid, 1989).



**Figura 1. Crecimiento de los tejidos de canales de ovinos relativo al peso del músculo más hueso**

Una vez sacrificado el animal, el cuerpo es dividido en varias porciones: piel, vísceras, partes grasas, sangre, etcétera, siendo la canal la parte más importante que será despiezada posteriormente (Madrid, 1989). 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, 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 matadero:  $PCC / PVS \times 100$

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

En la tabla 4 se muestra la variación del contenido de los tejidos en las canales de ganado bovino, cerdos y ganado ovino.

**Tabla 4. Variación del contenido de los tejidos en la canal de ganado bovino, cerdos y ganado ovino (Manev, 1983).**

Especie	Músculos		Grasa		Hueso	
	Mínimo (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Bovino	42	82	2	40	11	35
Cerdos	30	72	10	55	11	15
Ovino	45	80	2	40	12	30

En el rendimiento de la canal están involucrados factores inherentes al animal (tipo genético, sexo y edad-peso al sacrificio) y externos al mismo (alimentación, transporte, duración del ayuno, condiciones y tiempo de oreo de la canal, etc.) (Daza, 1997), el rendimiento de la canal es sumamente variable y puede ir desde 35 a 60% (Arbiza, 1996; Ponce, 2006). En la tabla 5, se muestra los porcentajes de aprovechamiento básico de ovejas y corderos, estas cifras son de carácter general, varían con la raza, alimentación, etc.

**Tabla 5. Aprovechamiento básico de ovejas y corderos (%) (Madrid, 1989)**

	Ovejas	Corderos
Canal y otros productos comestibles	61-63	62-64
Grasa comestible	4-5	5-6
Sangre	4-4.5	3.5-4
Productos no comestibles	7-8	6-7
Mermas	1-1.5	0.5-1
Estómago e intestinos	9.5	5.5
Piel y lana	11	15

### 1.2.2. Componentes de la canal. Grasa, Músculo y Hueso.

El desarrollo del tejido adiposo es variable, depende del tipo de la raza y del individuo, se ha observado que la grasa aparece en los ovinos antes del nacimiento, pero siempre en poca proporción y a medida que crece el cordero se van distinguiendo algunos tejidos grasos profundos o internos (depósitos perirrenales, periestomacales, omentales, etc.); también con el crecimiento se van



observando otros tejidos adiposos superficiales (grasa subcutánea, grasa entre y dentro los músculos) (Arbiza, 1996).

De acuerdo con este crecimiento adiposo en el animal, el tejido graso se encuentra distribuido en las siguientes regiones: grasa subcutánea en el lado externo de la canal; grasa intermuscular entre los músculos; grasa intramuscular dentro del músculo; grasa pélvica y renal dentro de la cavidad peritoneal y grasa marrón dentro de los huesos. La grasa está formada por células adiposas de dos tipos (Manev, 1983).

- Común o amarillo: células que contiene una gota de grasa en el citoplasma, se distribuye abundantemente en todo el cuerpo
- Multilocular o grasa marrón: células que contienen varias gotas de grasa en el citoplasma, se localiza en partes muy limitadas.

La formación de la grasa en varios lugares del cuerpo sigue un modelo definido, el lugar de mayor depósito es la grasa subcutánea (flancos, lomo) seguida de la intermuscular y cavitaria, y el remanente es grasa renal. Una estimación ideal en porcentajes de grasa en la canal se acerca a 3-5% de grasa intramuscular, y espesor de 3 mm en la grasa subcutánea, muy poca grasa intermuscular y muy poca o nada de renal (Arbiza, 1996).

El crecimiento del tejido adiposo es causado principalmente por procesos hipertróficos; el aumento más frecuente es en la concentración de ácidos grasos saturados (ácidos esteárico y palmítico) y en menor proporción de ácidos grasos insaturados, (principalmente oléico) (Daza, 1997). En la tabla 6 se muestra el contenido de lípidos en la carne; la tabla 7 enlista el grado de saturación de los ácidos grasos que componen los lípidos del tejido muscular de cordero.

**Tabla 6. Contenido de lípidos en la cordero (%) (Dieter, 1988).**

Músculo	Lípidos	Contenido	
		Lípidos neutros	Fosfolípidos (%)
Lattissimus dorsi	5.7	83	10
Semitendinosus	3.8	79	17

**Tabla 7. Grado de saturación de los ácidos grasos componentes de los lípidos del tejido muscular de cordero (Dieter, 1988).**

Saturados	Monoenoicos	Polenoicos
46-64	36-47	3-5

El crecimiento y desarrollo del tejido muscular está determinado por su función; consiste en un tejido coloidal, formado aproximadamente de 70% de agua, 20% de proteínas y 10% de lípidos, carbohidratos y minerales (Arbiza, 1996). El tejido muscular representa de 45 a 50% del peso de la canal, los distintos músculos varían en sus propiedades y en su composición. Su estructura consiste en fibras largas y delgadas unidas por tejido conectivo, que a su vez forman las fibrillas (Manev, 1983).

Estas están unidas en tiras que forman manojos, agrupadas para formar el músculo. El tejido conectivo que rodea los grupos de fibras se va uniendo en manojos para formar los tendones que rodean y unen fuertemente al músculo con el hueso (Dieter, 1988). En términos estructurales los músculos tienen dos componentes principales: las proteínas contráctiles (actina, miosina y proteínas intermediarias) que permiten al músculo realizar su trabajo, y el tejido conectivo o estructural que forma un marco flexible que fijan los músculos a las estructuras esqueléticas (Arbiza, 1996). Los músculos se dividen en tres tipos, lisos o viscerales, estriado cardíaco y estriado esquelético (Dieter, 1988). Cada músculo posee millares de fibras con distinto número de largo y diámetro que condicionan

el volumen final de cada músculo; este número está determinado genéticamente, y se forman en el último tercio de la gestación (Sayas y Fernández, 2006).

Los músculos crecen por hipertrofia e hiperplasia; desde el nacimiento hasta llegar a un peso de 50 kg, crecen en forma lineal en función del peso vivo (Daza, 1997). En la etapa final del crecimiento se distinguen tres tipos de fibras musculares que se encuentran en forma variable dentro de los músculos. Las fibras alfa W o fibras blancas, de contracción rápida para esfuerzos violentos breves, utilizan los azúcares como fuente de energía; las fibras alfa R, o fibras rojas de contracción rápida y esfuerzos sostenidos utilizan lípidos en su metabolismo oxidativo; y las fibras beta R, fibras rojas de contracción lenta que son las que se desarrollan primero y están menos sujetas a la restricción alimentaria de la madre (los músculos estacionados aparecen en el feto a los 70 días de gestación). Las fibras alfa R y beta R son las mas abundantes en el ovino, siendo las responsables del acortamiento por el frío después de la matanza (Arbiza, 1996; Sayas y Fernández, 2006). En la tabla 8, se muestra la composición química promedio de los músculos de ovinos (Arbiza, 1996).

**Tabla 8. Composición química promedio de los músculos de ovinos (%)**

Agua		75.5
Proteínas	Miofibrilares	10
	Sarcoplásmicas	6
	Membranas y tejido conjuntivo	2
Lípidos		3.0
Nitrógeno no proteico		1.6
Carbohidratos		1.2
Sales inorgánicas		0.7

El crecimiento y desarrollo del tejido óseo es estable, ya que al nacer está prácticamente terminado en su estructura (Cunningham, 1999). Constituye una forma altamente especializada del tejido conectivo formando el esqueleto rígido de los mamíferos, juego una papel importante en el mantenimiento de la homeostasis mineral; está formado por material intercelular calcificado, la matriz ósea, se

presenta en tres tipos: los osteocitos dentro de la matriz ósea; los osteoblastos, células que sintetizan la parte orgánica del hueso; y los osteoclastos formados de células globulosas, que segregan las enzimas colagenolíticas (Arbiza, 1996).

### **1.2.3. Factores determinantes del crecimiento de la canal**

La cantidad de músculo está relacionada con la de grasa y hueso y en la composición tisular de la canal influyen factores como (Daza, 1997):

*Edad.* No tiene influencia intrínseca en la composición de la canal, pero a medida que el animal envejece, aumenta el peso y la carne se hace mas dura (Maney, 1983; Arbiza, 1996).

*Sexo.* Influencia cuando comienza la etapa de engrasamiento de la canal. En general las hembras tienen más grasa en su canal, diferencia a medida que el peso aumenta; tienen más grasa, menos músculo y hueso que los machos. Los corderos enteros producen carne de una manera más eficiente que los capones (intermedio) y las hembras; los machos crecen más rápido (hasta 15% más), tienen menor eficiencia alimenticia y más altos porcentajes de músculo en la canal (Arbiza, 1996).

*Nutrición y crecimiento de los componentes de la canal.* Es el factor más importante en la determinación de las características de la canal ya que al estar asociado el peso con la calidad, la alimentación afecta principalmente a los porcentajes de grasa. Cuanto más alimento reciba el animal, mayor será la deposición de grasa subcutánea. Los efectos de la nutrición sobre la composición de la canal dependen del nivel de consumo y la composición de la dieta (Arbiza, 1996; Daza, 1997; Maney, 1983).

*Clima.* Al bajar la temperatura ambiente a menos de 10°C se incrementa el consumo voluntario en 5.3% por unidad de peso, bajando la digestibilidad por mayor rapidez en el paso digestivo. El calor deprime el apetito e incrementan los

requerimientos de energía por el jadeo y la mayor actividad de las glándulas sudoríparas (Arbiza, 1996).

*Hormonas exógenas.* La acción de los anabólicos es potenciar el desarrollo del macho, la hembra o el capón; como resultado aumenta la retención de nitrógeno y el crecimiento del músculo (Arbiza, 1996; Daza, 1997).

*Genéticos.* Las razas difieren mucho en el crecimiento de los componentes de sus canales (Ponce, 2006). En general los animales más grandes crecen más rápido para llegar a un peso determinado; con el mismo peso que las razas pequeñas, poseen menos grasa, por lo que requieren menos energía de mantenimiento para producir cada unidad de ganancia (Maney, 1983). Cada raza presenta una conformación distinta de su canal; en la tabla 9 se enlistan algunas características de conformación de cuatro razas de ovinos (Arbiza, 1996).

**Tabla 9. Características de conformación de cuatro razas de ovinos**

	<b>Genotipos</b>			
	<b>Soay</b>	<b>Finesa</b>	<b>Southdown</b>	<b>Oxford</b>
Peso vivo maduro (kg)	25	63	60	110
Peso al nacimiento	1.3	2.5	2.7	4.2
Edad matanza (días)	162	169	186	198
Peso matanza (kg)	14.2	35.9	34.0	60.3
Pesos componentes al 56% de la madurez del peso vivo				
Músculo	3.3	7.9	7.7	13.0
Grasa	1.2	4.7	4.6	9.2
Hueso	1.3	2.4	2.0	4.2
Componentes en porcentaje libres de vellon				
Canal	47.7	53.3	53.3	56.8
Músculo	28.3	28.5	29.0	28.3
Grasa	8.3	16.5	15.9	18.9
Hueso	10.3	8.8	7.8	9.3
Componentes como porcentaje del peso de la canal				
Músculo	59.7	53.8	54.7	50.1
Grasa	16.5	30.8	29.5	33.1
Hueso	21.9	16.6	14.8	16.4
Relación músculo / Hueso	2.54:1	3.29:1	3.85:1	3.10:1

#### **1.2.4. Criterios de clasificación de la canal.**

La importancia de clasificar una canal radica en su relevancia comercial, ya que la mayor parte de las transacciones comerciales de la carne tienden a realizarse sobre la canal (Cañeque, 2000). La clasificación de las canales están basadas en las definiciones de los requerimientos de cada corte y su contenido en músculo, además varían según la demanda de cada mercado (Arbiza, 1996 y Daza 1997). La calidad de la canal esta definida por un conjunto de características que la confieren a una máxima aceptación en el mercado y que se traduce en un mayor precio frente a los consumidores o frente a la demanda del mercado (Cañeque, 2000). Los criterios más importantes usados en todos los sistemas de clasificación, se basan en la búsqueda de estimadores de la composición de la canal y los factores que definen la calidad (Arbiza 1996). Existen dos tipos de criterios. Objetivos (peso y edad cronológica o biológica de la canal) y subjetivos (conformación, grado de engrasamiento, color de la carne y de la grasa, consistencia de la carne y de la grasa, infiltración grasa del músculo, grado de humedad de la carne) pero los mas utilizados son Edad- peso, la conformación y el grado de engrasamiento (Arbiza, 1996 y Cañeque, 2000).

*Peso.* Se determina en el matadero, las canales pesadas tienen mas grasa y menos porcentaje de músculo y hueso que las ligeras como se observa en la tabla 10. El peso esta correlacionado positivamente con la cantidad de grasa músculo y hueso (Daza 1997 y Arbiza, 1996). El peso de la canal condiciona el tamaño de las piezas comerciales (Cañeque, 2000).

**Tabla 10. Porcentaje de grasa, músculo y hueso en corderos cruzados Romanov x Rasa**

%	Peso de la canal fría	
	9.7 Kg	19.1 Kg
Grasa	13.2	19.5
Músculo	65.1	60.5
Hueso	20.4	18.0

*Grado de madurez o edad biológica.* Se define como el grado del desarrollo del hueso, músculo y grasa en el momento del sacrificio en relación al desarrollo de los mismos en la canal del animal adulto y estimada por la comprobación de la osificación de las vértebras, por el grado de fusión de las epífisis y metaepífisis de los huesos largos, por el grado de infiltración grasa, por el color de la carne (al ser el animal más viejo el músculo contiene más mioglobina y la carne tiene un color más oscuro) y por la fórmula dentaria (Daza, 1997). La carne de ovino más aceptada es la que procede de animales sacrificados entre los 10 a 20 meses de edad (Arbiza, 1996). La edad del animal está muy ligada al peso de la canal e influye en la composición de esta la consecuencia más directa es el aumento de la deposición de grasa y el progresivo amarillamiento de esta (Cañeque, 2000).

*Dimensiones de la canal o conformación.* La importancia de la conformación de la canal radica en la relación con el rendimiento (Cañeque, 2000). Esta depende de la raza y, dentro de esta, del sexo, del peso al sacrificio y del grado de engrazamiento del ovino, aunque son más aprovechables las canales compactas. El área del ojo del músculo del lomo se calcula por la superficie de la sección del músculo largo dorsal, dando una indicación aproximada de la cantidad de músculos de toda la canal. Lo ideal es un músculo con alto contenido de tejido magro y con grasa fina que cubra toda la pieza (Daza 1997; Arbiza, 1996).

*Estado de engrasamiento y distribución de la grasa.* Es el espesor de la grasa dorsal, varía de 2.4 mm a 4 mm, con un máximo tolerable es 6 mm (Arbiza, 1996).

El engrasamiento de una canal viene determinado por el grado de engrasamiento y el reparto y distribución de la grasa de la canal. La cantidad de grasa de la canal aumenta con el peso vivo y el peso de la misma; es mayor en las hembras y machos castrados que en los machos enteros y es variable según el tipo racial. Las razas con menor peso adulto, producen canales mas grasas que las de peso elevado (Daza, 1997). El estado de engrasamiento es un indicador de la composición de la misma y de algunos parámetro organolépticos de la carne y el estado óptimo es el que mantiene un equilibrio entre la cantidad mínima de grasa para satisfacer los gustos de los consumidores con la cantidad suficiente para asegurar la presentación y conservación de la canal junto al sabor y aroma de la carne (Cañeque, 2000).

#### **1.2.5. Medidas objetivas de la canal.**

Para la medición de las canales estas se deben suspender por los corvejones con ganchos sin que se crucen las extremidades posteriores. Las espaldas quedan libres no atándose las extremidades anteriores al cuello. La separación de los corvejones se ajustan a la separación normal que tienen cuando los corderos está en posición de pie.

Las medidas que deben de considerarse son:

- Longitud externa de la canal (K): Distancia mas corta entre el nacimiento de la cola y la base del cuello.
- Longitud interna de la canal (L): Distancia máxima entre el borde anterior de la sínfisis isquio-pubiana y el borde anterior de la primera costilla en su punto medio.
- Longitud de la pierna (F). Distancia mas corta entre el periné y el borde anterior de la superficie articular tarso – metatarsiana.
- Anchura de grupa (G). : Anchura máxima entre trocánteres de ambos fémures.
- Anchura de torax (Wr): Anchura máxima a nivel de las costillas.



- Profundidad del torax (Th): Distancia máxima entre el esternón y el dorso de la canal a nivel de la sexta vértebra torácica,.
- Perímetro de la grupa (Bc): perímetro de esta región anatómica tomando como referencia los trocantes de ambos fémures.

Las canales muy conformadas tienen valores bajos de las medidas longitudinales K, L, y F y elevados de la transversales G, Wr, Th y Bc. Lo compacto de la canal se determina por el cociente entre el peso de la canal fría (PCF) y la longitud externa de la canal K y por la relación grupa pierna (G/F) como se ve en la figura 2 (Daza, 1997; Cañeque, 2000).

Algunas medidas empleados en la evaluación de canales de ovino son los siguientes:

*a) Engrasamiento.*

- Espesor de la grasa subcutánea tomado con calibre en la prolongación de la profundidad del músculo *longissimus dorsi* en la cara craneal de la decimotercera costilla.
- Espesor de la grasa sobre la costilla (J): mayor espesor de la grasa subcutánea, tomado sobre el borde ventral del músculo *serratus ventralis* de la decimosegunda costilla (Arbiza, 1996; Daza, 1997; Cañeque, 2000).

*b) Medidas en el lomo.*

- Anchura del músculo *longissimus dorsi* (A): anchura de la máxima sección del músculo *longissimus dorsi*, en la cara craneal de la decimotercera costilla, formando ángulo recto con la con la medida B tomada con calibre.
- Profundidad del músculo *longissimus dorsi* (B): mayor espesor de la sección *longissimus dorsi* en la cara craneal de la decimotercera costilla, formando ángulo recto con la medida A tomada con calibre.

- Profundidad del músculo *longissimus dorsi* con ultrasonidos (B. U.) tomando la medida en el animal vivo en la zona indicada para la medida de engrasamiento (Arbiza, 1996; Daza, 1997).

*c) Otras medidas*

- Finura del esqueleto a nivel de la amputación de las extremidades (OS1) y de la articulación tarso – metatarsiana (OS2). A mayor finura del esqueleto mejor calidad de la canal.
- Peso de la canal después de permanecer durante 24 horas en cámara frigorífica a 6º C (peso de la canal fría) (Daza, 1997).

### **1.2.6. Despiece de la canal**

Los despieces de tipo comercial varían según regiones y localidades y están generalmente determinados por tradiciones culinarias. Los normalizados son propuestos por los diferentes países con fines de investigación o de formación de escandallos (Arbiza, 1996). Separada la cola la canal se divide en dos medias canales simétricas mediante corte sagital de la columna vertebral. Cada media canal incluye un riñón y la mitad de la grasa pélvica renal. Se pesan las dos medias canales. De la media canal derecha se separa la grasa pélvica renal. Quien sumada a la de la mitad izquierda da como resultado el peso total de la grasa pélvico renal. La media canal se despieza en siete regiones anatómicas (Daza, 1997; Cañeque, 2000):

- I. Espalda o paletilla cuya separación esta definida por cuatro líneas de corte
- II. Bajos, falda o pecho.
- III. Pierna.
- IV. Cuello
- V. Costillar
- VI. Badal o costillas descubiertas o de aguja.
- VII. Cola.

Los trozos de canal se agrupan en tres categorías comerciales:

Categoría I: Pierna, Costillar y Badal.

Categoría II: Espalda.

Categoría III: Bajos, Cuello y Cola.

En el anexo 5 se enlistan cuantitativamente los despieces de la media canal de los tipos comerciales de ovinos españoles (Arbiza, 1996). Como se puede observar la pierna y la espalda son dos trozos de desarrollo temprano y a medida que aumenta el peso de la canal su proporción disminuye. Por lo contrario, el costillar y el badal se desarrollan mas tarde y su proporción aumenta con su peso. El cuello y bajos tienen una tasa de crecimiento relativamente similar al conjunto de la canal. En el anexo 6 se pueden observar las proporciones de despiece de la media canal de corderos merinos (Daza, 1997).

El conjunto de viseras y subproductos obtenidos tras el sacrificio de los animales de abasto se les denomina el quinto cuarto, están constituidos por despojos rojos: pulmón, traquea, corazón, hígado, timo, riñones, testículos, bazo, diafragma, páncreas, vejiga, vesícula biliar, pene en el caso del macho y el aparato reproductor en el caso de la hembra y la sangre; despojos blancos: sistema digestivo y caídos: piel, cabeza, patas y depósitos adiposos a la grasa de la osamenta y mesentérica ( Arbiza, 1996; Daza, 1997).

### **1.2.7. Evaluación de los componentes de la canal y animales vivos.**

La evaluación de los componentes de la canal se puede estimar haciendo las siguientes mediciones (Arbiza, 1996):

- Composición química (porcentaje de humedad, proteína y cenizas)
- Diseccionando la totalidad de la canal y separando los distintos tejidos, músculo, grasa y hueso.

- Estimando la gravedad específica que se asocia a la cantidad de grasa e inversamente con músculo y hueso
- Estudio de un corte primario de alto valor comercial.
- Estimación del animal vivo:

Peso vivo: es un método impreciso, ya que la cantidad de la grasa depende del tipo genético, del individuo y de la calidad de alimentación (Daza, 1997).

Apreciación visual. Se basa en la conformación o forma de los animales (Arbiza, 1996). Es un método poco objetivo ya que el aspecto externo del animal y la cantidad de grasa que contiene están poco relacionados (Daza, 1997).

Medidas corporales y asignación de una graduación de la condición animal o condición corporal (CC) (Daza, 1997; Arbiza 1996). Esta basada en la profundidad del depósito de grasa en el ojo del músculo sobre la costilla 10/11, se emplean 5 niveles de clasificación los cuales se muestran en la tabla 13.

**Tabla 15. Niveles de clasificación para ovinos**

<b>Nivel de clasificación de grasa</b>	<b>Espesor aproximado de la grasa</b>
1. Muy magro	Menos de 1 mm
2. Magro	1 a 2 mm
3. Medio	3- 5 mm
4. Grasoso	6 a 8 mm
5 Muy grasoso	Arriba de 9 mm

Aparatos de ultrasonido y tomografía axial. Es posible determinar objetivamente el espesor de la grasa subcutánea y las dimensiones y área del músculo (Daza, 1997).

Estudios de laboratorio. Gravedad específica excreción de creatinina, tomografía computarizada, métodos directos, rayos X, medidas hormonales, resonancia núcleo-magnética, potasio-40 y análisis de activación neutrónica (Arbiza 1996).

### **1.2.8. Normas de calidad para canales de ovino**

En México la norma de clasificación de ovinos es la **NMX-FF-106-SCFI-2006, PRODUCTOS PECUARIOS - CARNE DE OVINO EN CANAL – CLASIFICACIÓN**. En otros países como España y Estados Unidos, estas normas han sido muy desarrolladas. Las normas se basan en la conformación, cobertura grasa, medidas y pesos de los ovinos. En el Anexo 7 se presentan las normas de clasificación mexicanas y españolas.

### **1.3. Parámetros de calidad de la carne.**

La calidad de la carne está dada por características fisicoquímicas de la carne que se definen por sus propiedades organolépticas e instrumentos: textura, terneza, jugosidad, color, sabor entre otros (Guerrero, 2002). A continuación se describen las principales características de calidad de la carne.

#### **1.3.1. Textura**

Hay muchas definiciones de textura, un es la manifestación sensorial de la estructura del alimento y la forma de reaccionar de la estructura del alimento frente a la aplicación de fuerzas (Cañeque, 2000). También se define por la forma en que los componentes estructurales de un material se arreglan en forma micro y microscópica, y la manifestación externa de este arreglo (Totosaus y Guerrero, 2006). La textura en un alimento se relaciona con las propiedades físicas percibidas por la vista (excepto el color), el tacto y los receptores de la boca (Guerrero, 2002). Estas propiedades se interrelacionan para crear la calidad de textura. Dado que la textura de un alimento se compara con muchas variables no

es posible obtener un índice general en una medición simple, solo se consideran las propiedades con mayor influencia (Cañeque, 2000). Se considera que las carnes tienen dos tipos de textura, una textura primaria debida a su ultra estructura (fibras musculares) y una estructura secundaria debida a la cantidad de colágena incluida en un músculo determinado. Varía según los músculos del cuerpo en general los posteriores y con menor tejido conectivo son más suaves que los anteriores (Cañeque, 2000; Guerrero, 2002; Totosaus y Guerrero, 2006).

Los principales factores que afectan la textura de la carne son:

- Factores ante mortem: propiedades genéticas y fisiológicas, alimentación, tratamiento de los animales antes del sacrificio etc.
- Edad al sacrificio. Entre más viejo sea el animal su terneza se disminuirá.
- Factores postmortem: tiempo y temperatura de almacenamiento de la carne después del sacrificio, maduración, congelación, etc. (Manev, 1983).

*Medición de la textura:* La textura de la carne puede ser evaluada por métodos objetivos (mecánicos como corte, compresión, penetración, etc. Químicos y otros como ultrasonidos, fluorescencia etc.), y subjetivos (test de consumidores) (Cañeque, 2000). En la carne y productos cárnicos la textura se mide por los siguientes métodos

- Compresión y Extensión: Los compresímetros prueban 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 por que se transforma a esfuerzo cortante, 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; Totosaus y Guerrero, 2006).

- Corte: Muy usados para alimentos, pueden ser de una o varias navajas. El principio es el de corte con navaja, 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 más utilizados somete a la muestra a una deformación compleja debida a los esfuerzos mencionados (Cañeque, 2000; Guerrero, 2002; Totosaus y Guerrero, 2006).

### **1.3.2. Sabor y olor**

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, 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 proporcionan 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 pecado. Crecimiento de colonias de microorganismos, rancidez, oxidación de las grasas, entre otros.

*Medición del sabor y el olor:* Su evaluación se realiza mediante equipos de degustadores. Un análisis más profundo del sabor y olor de la carne se lleva a cabo a través de los principales componentes del aroma y sabor, tales como cantidad de aldehídos, 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).

### **1.3.3. Jugosidad**

Es la cantidad de líquido que se extrae de un trozo de carne al presionarlo es decir los fluidos que se liberan durante el masticado. Este término está muy relacionado con ternura, mientras más tierna sea la carne más jugosa será esta. Se cree que en la carne con más marmoleo 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 así parece más jugosa (Manev, 1983).

### **1.3.4. Color**

La CIE (Comisión Internacional de l'Éclairage) define el color percibido como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos (Cañeque, 2000). El color es una característica de gran importancia en la estimación de la apariencia de la carne, y es muy variable (Pérez, 2006). Cada músculo difiere en su contenido de mioglobina de acuerdo con la edad del animal, el tipo de músculo, la cantidad de circulación sanguínea, la actividad muscular y la disponibilidad del oxígeno (Arbiza, 1996). Con la edad del animal el color se acentúa y varía según los distintos músculos (Manev, 1983). En la tabla 17, se muestran las cantidades de mioglobina en mg por g de materia seca, en diferentes músculos de ovinos (Arbiza, 1996).



**Tabla 17. Cantidad de mioglobina en diferentes músculos de ovinos (raza Merina)**

Músculos	Mioglobina en mg / g de materia seca		
	Edad en meses		
	3	6	9
<i>Semi membranoso</i>	0.87	1.51	1.83
<i>Aductor</i>	0.86	1.50	1.73
<i>Rectus femoris</i>	0.59	1.08	1.41
<i>Longissimus dorsi</i>	0.79	1.14	1.41
<i>Pectorales profundus</i>	0.67	0.94	1.12
<i>Rectus abdominales</i>	0.56	0.60	0.77
<i>Semi tendinosus</i>	0.43	0.77	0.90

El color rojizo de la carne es el resultado de la presencia del pigmento mioglobina (Manev, 1983), una proteína conjugada con un grupo prostético llamado hemo, el cual contiene hierro que juega un papel primordial en las distintas coloraciones (Guerrero, 2002; Badui, 2005; Pérez, 2006). Este pigmento se presenta en varias formas: la oximioglobina, de color rojo brillante, la metamioglobina de color café y la mioglobina reducida de color rojo púrpura; las altas concentraciones de oximioglobina son muy deseables ya que imparten el color rojo brillante asociado a la carne de óptima calidad (Pérez, 2006). Los cambios de color dependerán de la cantidad de la presencia de este pigmento y de los cambios químicos del pigmento. Cuanto más presencia de mioglobina, más oscura será la carne, por otra parte, el cambio de color de la carne está vinculado a la presencia o ausencia de aire, debido a la sensibilidad de los pigmentos a la oxigenación y oxidación; la superficie de los cortes frescos van cambiando de tonalidad debido al estado oxigenado de este pigmento (Cañeque, 2000; Guerrero, 2002; Pérez, 2006). El hierro puede cambiar de su forma ferrosa a férrica y los microorganismos compiten por el oxígeno y oxidan los pigmentos de la carne fresca (Arbiza, 1996). La habilidad de la mioglobina para combinarse con el oxígeno se pierde cuando la carne se desnaturaliza por el calor y esta es la razón por la cual cambia de color en la cocción. Otra causa de cambios en los colores normales en la presencia de microorganismo en la superficie de la carne que ocasionan una oxidación de la misma (Guerrero, 2002). El color no está asociado a la ternura y en general

cuanto más oscura sea una carne más intenso será su sabor. Se ha estimado que los ovinos contienen aproximadamente alrededor de 0.25% de mioglobina en sus músculos (Arbiza, 1996).

*Mediciones de color:* Las mediciones del color de la carne involucran dos métodos básicos: el primero subjetivo, mediante apreciación visual y 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 objeto opaco. Las superficies de la carne reflejan la luz en muchos ángulos creando una reflectancia difusa de longitudes de onda, las 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 (Cañeque, 2000; Pérez, 2006). El método de Swatland 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 Punk, 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 Punk 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 isobécticos). A partir de cada uno de estos se puede calcular la relación de cada uno de los estados de la mioglobina en la muestra (Guerrero, 2002; Pérez, 2006). El sistema Hunter Lab es el mas usado en la industria alimentaria. 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 (Cañeque, 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 indicara que tan rojo, amarillo, verde o azul será. Mientras que la magnitud indicara que tan intensa será esa tonalidad o saturación. El valor L muestra que tanto hay de un componente blanco o negro ya que L = 0 (negro); L = 100 (blanco) (Cañeque, 2000; Guerrero, 2002; Pérez, 2006).

#### **1.4. Factores que intervine en la calidad de la carne**

La calidad de la carne es el resultado de factores extrínsecos e intrínsecos de esta, los cuales se interrelacionan, afectando a la vez a las características químicas y fisicoquímicas. Principalmente, el manejo antes y después de la matanza son los responsables de la calidad:

##### **1.4.1. Manejo premortem**

Incide directamente sobre los valores de reserva en la energía del cuerpo. Todo estrés debido a excitación, hambre o ejercicios severos causa elevación del pH,

aumentando la capacidad de retención de agua y comunicando sabores y olores desagradables. Todo estrés conduce a importantes cambios fisiológicos; uno de los más importantes es la disminución de glucógeno muscular. Cuando la concentración de este carbohidrato en el músculo es la adecuada antes de la matanza, el pH baja de 7.2 a 5.5 durante el rigor mortis, dando como resultado músculos tiernos y de color rojo brillante (Manev, 1983). Si el pH desciende muy rápidamente mientras que la temperatura es aún alta, las proteínas son desnaturalizadas y como resultado se libera agua y la carne se torna pálida, suave y de apariencia exudativa (PSE); si el pH no baja lo suficiente se produce el músculo de corte oscuro o DFD. Es importante, por lo tal, seguir algunas reglas para el manejo de los ovinos previo a su sacrificio, que disminuyan el estrés y evite la carne PSE o de corte oscuro. En la tabla 18, se muestra un sistema de diferenciación entre músculos normales y PSE (Laby, 1981; Manev, 1983; Cañeque, 2000; Guerrero, 2002; Alarcón y Duarte, 2006 ).

**Tabla 18. Sistemática de las diferencias entre los músculos normales y los músculos PSE (Manev, 1983)**

Condición del músculo	Músculo normal	Músculo PSE
Después de sacrificio color del músculo	Oscuro (aeróbico)	Claro (anaeróbico)
Descenso de pH, el tipo de glucólisis y obtención de ácido láctico.	Lento	Rápido
Temperatura del tejido	Normal	Elevada
Desarrollo del rigor mortis y desdoblamiento de ATP	Lento	Rápido
Las proteínas de los músculos después de aparecer el rigor mortis	No son desnaturalizadas	Desnaturalizadas
Actividad de las enzimas glucolíticas	Normal	Anormal
Cantidad del creatinfosfato antes de rigor mortis	abundante	Poca

### **1.4.2. Manejo postmortem**

Después de obtener la canal, esta se trasfiere a una sala de enfriado donde se reduce la temperatura de  $-10$  a  $-20^{\circ}\text{C}$ ; la canal ya enfriada se mueve hacia otras salas especializadas en cortes, donde se troza en los cortes comerciales, con o sin hueso, se empaquetan y se enfrían o congelan. Luego de la matanza, cesa la circulación sanguínea y se producen importantes reacciones bioquímicas, la principal reacción es que la glucólisis aerobia en el músculo vivo se transforma en glucólisis anaerobia, por la cual el glucógeno muscular se convierte en ácido láctico, haciendo bajar el pH hasta un nivel aproximado de 5.5. Debido a la ausencia de circulación sanguínea el ácido láctico permanece en el músculo, ocasionando la liberación de catepsinas y otras enzimas, que atacan las proteínas musculares. Al ser el oxígeno escaso, se disminuye el potencial de oxidación reducción y el ATP ya no puede ser regenerado, a medida que avanza la glucólisis anaeróbica se va reduciendo el ATP y el músculo va perdiendo extensibilidad, hasta llegar a un punto máximo que se conoce como rigor mortis (Manev, 1983). Este punto es ocasionado por la formación del complejo actomiosina, que causa un acortamiento del sarcómero y por consiguiente rigidez muscular. Paralelamente va descendiendo la temperatura corporal que ocasiona la solidificación de las grasas y la detención de la actividad enzimática (Laby, 1981; Manev, 1983; Cañeque, 2000; Guerrero, 2002; Ponce, 2006 ).

### **1.5. Propiedades funcionales de la carne**

El músculo estriado contiene tres tipos de proteínas, las del tejido conectivo, (colágena, elastina y reticulina), las de la miofibrilla (actina, miosina, tropomiosina, troponina, actinina, etc.) 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, 2000; Ponce, 2006). Las propiedades funcionales son todas las propiedades fisicoquímicas que se relacionan con el

desarrollo de las propiedades sensoriales y estructurales de los alimentos. Se pueden clasificar en tres (Guerrero, 2002; Ponce, 2006).

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

Siendo las más importantes debido a su aplicación en la industria alimenticia 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 (Hernández, 2000) .

#### **1.5.1. Capacidad de retención de agua**

La CRA se define como la capacidad que tiene la carne para retener agua, tanto propia como añadida, al someterse a una fuerza externa (Guerrero, 2002). El agua es retenida en el seno de una red de fibras musculares de dos maneras (Belitz, 1997):

- La acción de cargas eléctricas de las proteínas que permiten fijar firmemente un cierto número de moléculas de agua
- La acción ligada a la configuración espacial más o menos abierta de esta red y consecuentemente la posibilidad más o menos importante de contener y retener las moléculas de agua.

Su importancia radica en estar directamente relacionada con propiedades como suavidad, jugosidad y color además de que su industrialización depende del manejo de la misma (Manev, 1983), es decir en el aumento o disminución del agua. El 70% del contenido de agua en la carne se encuentra en los espacios entre los filamentos gruesos y delgados de las miofibrillas; del resto, el 20% está

en el sarcoplasma y el 10% en los espacios extracelulares. El agua tiene diferentes grados de unión: 5% está fuertemente ligada a proteínas (agua de hidratación) y 95% se encuentra ocluida (agua retenida) y libre (Rosmini, 2000). Existen varios factores que afectan la CRA (Guerrero, 2002; Ponce, 2006):

- pH. Al aumentar por arriba de 5.0 (punto isoeléctrico de las proteínas musculares,  $pI$ ) se aumenta el número de cargas negativas de las proteínas y se adquiere una carga neta negativa, por lo que se repelen entre sí provocando un ensanchamiento de la matriz proteica, al mismo tiempo que se intensifica la fuerza de atracción entre el agua y las proteínas, incrementándose la CRA; el mismo efecto ocurre cuando el pH disminuye a valores menores de 5.0, en este caso el número de cargas positivas aumenta. Cuando el pH es cercano a 5.0 la carga neta de las proteínas es cero y existe un máximo de enlaces iónicos entre ellas, lo que provoca la disminución de las interacciones entre el agua y las proteínas. Además la matriz proteica está contraída y existe un espacio mínimo para albergar el agua (Rosmini, 2000; Cañeque, 2000).
- Cambios postmortem. Después del sacrificio, el músculo posee una elevada CRA debido a que los filamentos de actina y miosina se deslizan libremente entre sí y la matriz proteica se encuentra extendida, además que el músculo posee un pH cercano a 7.0. A medida que ocurren los cambios post mortem se origina un descenso de pH hasta valores cercanos al  $PI$  de las proteínas miofibrilares, al mismo tiempo se establece el rigor mortis provocando la reducción del tamaño del sarcómero. Todos estos cambios inducen el descenso de la CRA. Posteriormente, durante la etapa de resolución del rigor mortis y la maduración de la carne, aumenta el pH por la degradación enzimática de la estructura miofibrilar y liberación de compuestos aminados, provocando un moderado aumento en la CRA (Arbiza, 1996; Rosmini, 2000).
- Sales. En la industria cárnica se utiliza  $NaCl$  y fosfatos. El efecto de la adición de cloruro de sodio en la CRA depende del pH. A valores de pH por arriba del  $PI$  el  $NaCl$  incrementa la CRA, mientras que a valores inferiores sucede lo contrario. Por encima del  $PI$  los iones de  $Cl^-$  se unen con los grupos de las

proteínas cargados positivamente, aumentando la carga neta negativa de las proteínas por lo que se repelen entre si, relajando la estructura proteica y aumentando CRA. A valores por debajo del PI los iones  $\text{Cl}^-$  neutralizan las cargas positivas de las proteínas, por lo que disminuye la repulsión entre ellas y la estructura proteica se contrae, originando la CRA. Los fosfatos modifican el pH y la fuerza iónica, tienen capacidad secuestrante e interaccionan con las proteínas. La adición de fosfatos a la carne con bajos valores de pH produce un cambio en el PI de las proteínas miofibrilares, reduciendo la CRA. El incremento de CRA causado por los fosfatos en presencia de NaOH es mas fuerte (Rosmini, 2000; Totosaus y Guerrero, 2006).

### **1.5.2. Capacidad de emulsificación**

Una emulsión se define como un sistema de dos fases líquidas inmiscibles, dispersas una en otra (Guerrero, 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 (Totosaus y Guerrero, 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, 2002).

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

### **1.5.3. Capacidad de gelificación**

La gelificación es el resultado de la desnaturalización y agregación de proteínas para formar una red ordenada, dando como resultado estructuras de geles sólidos



y mejorando la retención del agua, los efectos espesantes, la fijación de partículas y la estabilización de emulsiones y espumas. La actina y la miosina son las proteínas responsables de la formación de geles; la miosina tiene un papel fundamental en la textura y formación de geles inducidos por calor debido a la agregación irreversible de las cabezas de miosina formando una red tridimensional (Totosaus y Guerrero, 2006). La temperatura, el pH y las sales, ya que afectan el grado de unión de las proteínas, al modificar la estructura cuaternaria o la distribución de la carga neta alterando la naturaleza y la estructura de un gel. El pH óptimo para la gelificación de la miosina es 6; la gelificación se inicia a partir de los 30°C y alcanza un máximo entre 60-70°C. Cuando las concentraciones de NaCl son elevada (alrededor de 0.6M, 3%) la fracción de la cola de la miosina se encuentra libre en la solución formando una red tridimensional; cuando la concentración es baja la fracción de la cola de miosina permanece sujeta en el filamento y no puede contribuir eficazmente al proceso de gelificación (Rosmini, 2000; Guerrero, 2002).

## **1.6. Propiedades químicas de la carne**

Estas se relacionan con la reactividad química de los componentes de la carne. Las principales propiedades químicas de la carne son:

### **1.6.1. 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 cárnicos libera hierro de la hemoglobina, el cual es un prooxidante muy potente, causando rancidez (Guerrero, 2002).

En la congelación se facilita la oxidación de los ácidos grasos en parte por que 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 post mortem 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 los tanto promueven la oxidación. Los sistemas enzimáticos, como las lipoxigenasas también acelera la oxidación (Alarcón y Pérez, 2006). La oxidación de grasas produce aldehídos, responsables de los sabores desagradables de los productos cárnicos 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 (Belitz, 1997). Los dos métodos más comunes para determinar la rancidez en carnes son el de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico), utilizando a el maldonaldehido como un indicador de rancidez; este método se basa en la condensación de dos moléculas de TBA y una de malonaldehido, proceso que forma un compuesto cromógeno de color rosa cuya concentración se determina espectrofotométricamente a 530 nm (Guerrero, 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

(Coultrate, 1998). El valor peróxido es un número que 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). La determinación del valor peróxido consiste en poner tejido graso en ácido acético-cloroformo añadir yoduro de potasio, después agua destilada (debe tener un color anaranjado) después se titula con tiosulfato de sodio 0.01 N hasta obtener un color amarillo suave, se añade unas gotas de almidón como indicador (color azul) y se titula hasta que desaparezca el color azul. Los miliequivalentes de peróxido por 1000g de muestra se obtienen de la siguiente ecuación (Guerrero, 2002):

$$\text{Miliequivalentes de peróxido/1000g de muestra} = \frac{(\text{ml de tiosulfato de sodio}) (N)}{(1000)/\text{peso en g}}$$

### **1.6.2. Degradación de proteínas (producción de aminas biogénicas)**

El proceso de formación de aminas biogénicas es consecuencia de la degradación de los aminoácidos (reacción de descarboxilación) (Tapia, 2002). Todos los alimentos de origen muscular contienen aminoácidos libres que son descompuestos por enzimas de origen bacteriano para formar productos indeseables, por un proceso llamado genéricamente putrefacción. Este proceso se inicia con enzimas específicas, dependiendo del tipo de músculo, las más importantes son las descarboxilasas y las desaminasas que producen aminas biogénicas y ácidos volátiles de cadena corta, respectivamente. Algunos compuestos que contribuyen al desarrollo del olor pútrido son: piperidina, cadaverina, putrescina, amoniaco, ácido  $\gamma$ -amino valérico, histamina y tiramina (Guerrero, 2002).

La Tabla 19, muestra las aminas biogénicas con propiedades fármaco dinámicas, y los aminoácidos precursores.

**Tabla 19. Aminas biogénicas y aminoácidos precursores (Bakker, 1994, tomado de Wills, 1995)**

Aminoácidos	Aminas biogénicas
Arginina	Agmatina
Histidina	Histamina (Midazolilakil amina)
Metionina	Spermidina
Lisina	Cadaverina
Ornitina	Putrecina (Polietilena diaminas)
Fenilalanina	Feniletilamina
Triptófano	Triptamina (Fenilalkil aminas) Serotonina
Tirosina	Tiramina

### 1.6.3. Reacciones enzimáticas

Por efecto de los cambios postmortem las propiedades de membrana se ven alteradas y el tejido es susceptible a reacciones de degradación autolítica por acción de enzimas endógenas y exógenas (Belitz, 1997; Ponce, 2006). Las proteasas endógenas que debilitan la estructura miofibrilar pertenecen a dos grupos de sistemas enzimáticos, las catepsinas y las calpainas, que actúan en forma cooperativa; también se sugieren la presencia de otras serinproteasas como las miosinasas (Ponce, 2006). Las catepsinas o proteasas lisosomales ácidas degradan a proteínas como la miosina y la actina (Alarcón y Perez, 2006), además de carbohidratos y lípidos. Estas enzimas se liberan de los lisosomas en la etapa postmortem cuando decae el pH durante la maduración (Ponce, 2006; Alarcón y Pérez, 2006). Las calpainas se conocen como el factor activados por calcio, o proteasas neutras activadas por el calcio, constan de dos tipos: las m-calpainas que requieren altas concentraciones de calcio (300µM), y las µ-calpainas que requieren para su actividad una concentración menos a 5 µM (Belitz, 1997; Ponce,

2006). Se encuentran en el sarcoplasma y tienen una actividad optima a pH entre 6.6 a 6.8 (Ponce, 2006).

#### 1.6.4. Reacciones de oscurecimiento no enzimático (reacciones de Maillard).

El oscurecimiento no enzimático es el resultado de reacciones originadas por las condensaciones entre compuestos carbonilos y aminados (Torres y cols., 2001) o por la degradación de compuestos con dobles enlaces conjugados a grupos carbonilo. Estas reacciones conducen a la formación de polímeros oscuros que en algunos casos pueden ser deseables (aromas cárnicos sintéticos), pero que en la mayoría de casos conllevan alteraciones organolépticas y pérdidas del valor nutritivo de los alimentos afectados (Badui, 1993). La velocidad de oscurecimiento no enzimático tiene un máximo a valores de:  $a_a = 0,60 - 0,70$ .

Existen cuatro rutas principales para el oscurecimiento no enzimático como se muestran la tabla 19.

**Tabla 19. Aspectos generales de las reacciones de oscurecimiento (Badui, 2001)**

Mecanismo	O <sub>2</sub>	Grupos aminos	Temperatura elevada	pH optimo	Azucares reductores
Caramelización	No	No	Si	Alcalino/acido	Si
Maillard	No	Si	No	Alcalino	Si
Oxidación acido ascórbico	Si	No	No	Ligeramente ácido	No
Polifenol oxidasa	Si	No	No	Ligeramente ácido	No

La reacción de Maillard es el resultado de productos reductores, principalmente azúcares, que reaccionan con proteínas o con grupos amino libres. Esta reacción cambia tanto las propiedades químicas como fisiológicas de las proteínas. En general la acumulación de pigmentos de color marrón indica que la reacción se ha producido en alimentos que contienen hidratos de carbono y proteínas. La reacción de Maillard avanzada puede seguir cinco rutas, dependiendo de las condiciones ambientales, del pH y la temperatura (Torres y cols., 2001).

#### **1.6.5. Reacciones originadas por microorganismos**

La contaminación de los músculos que son usados para la alimentación es una consecuencia de la matanza y el manejo de la canal. Una amplia gama de microorganismos de diversas fuentes llegan a la superficie del músculo en busca de nutrientes que les permitan general energía para su metabolismo (Douglas, 2001; Zamudio, 2006; Masana y Rodríguez, 2006). Los microorganismos generan energía a través de los alimentos mediante los procesos de oxidación y reducción de compuestos químicos, las vías metabólicas mas usadas por éstos son: las vías glucolíticas con flujo de carbono y fosforilación a nivel del sustrato la mas común es la vía denominada Embden-Meyerhof-Parnas. En muchos microorganismos esta vía es bidireccional y puede funcionar en la dirección de síntesis de la glucosa, glucógeno y almidón. La otra vía es la Entner-Doudoroff, utilizada por aerobios, es una vía glucolítica alternativa que produce un ATP por molécula de glucosa y envía parte del carbono a vías biosintéticas (Masana y Rodríguez, 2006). La carne es una excelente sustrato para la proliferación y crecimiento microbiano, tiene un contenido de proteína entre 16% y 22%, del cual alrededor de 1.5% es nitrógeno no proteínico. El contenido de carbohidratos es aproximadamente 1% (Alarcón y Pérez, 2006). En la carne se distinguen cuatro grupos de microorganismos, que se clasifican de acuerdo a las funciones que realizan como se observan en la tabla 20.

**Tabla 20. Clasificación de microorganismos presentes en la carne y sus funciones.**

Tipo de Microorganismos	Función
Benéficos	Debido a su metabolismo influyen ventajosamente sobre las materias primas o productos terminados, contribuyen a mejorar o asegurar su calidad.
Tolerables	No participan en la alteración a la salud ni a la descomposición de los productos, solo desarrollan actividad metabólica baja o no pueden multiplicarse en las condiciones en que se encuentran.
Descomposición	Son microorganismos indeseables que no tienen propiedades patógenas, pero su metabolismo causa alteraciones a los productos.
Patógenos	Amenazan la salud del hombre, de los animales o de ambos.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

En México, la engorda de corderos en corral es un sistema que esta predominando en todo el país. Los especialistas en nutrición animal y en la ciencia de la carne deben de integrar proyectos en conjunto para conocer inicialmente los factores que intervienen en los sistemas de engorda y su repercusión en la calidad de la carne destinada al consumidor.

Existen pocas evidencias de la importancia de los minerales sobre este aspecto. Específicamente la suplementación de magnesio y selenio a dosis mayores que las que se recomienda el NRC (1985) puede ser una alternativa para mejorar aspectos productivos en el animal y en la calidad de la carne.



### **3. OBJETIVOS**

- Evaluar las características de calidad de la carne de ovinos alimentados con dos niveles de magnesio y de selenio, tomando como parámetros:
- Propiedades físicas: color, textura, funcionalidad proteica
- Propiedades químicas: oxidación de grasas
- Propiedades sensoriales: color, olor, sabor, textura, calidad general

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Materia prima

La carne de ovino procedió de animales sujetos a un estudio nutricional, llevado a cabo en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, por el Dr. Efrén Ramírez Bribiesca. Se emplearon 24 borregos raza Pelibuey procedentes de la zona sureste de la República Mexicana, con un promedio de 22 kg de peso; se colocaron tres animales en cada corral dando un total de 8 corrales con tres borregos. Se sometieron a la dieta de adaptación con la finalidad de acostumbrar a los borregos a una dieta alta en granos. Durante el período de adaptación (15 días), los borregos fueron vacunados contra *Clostridium perfringens* y desparasitados con Closantel<sup>MR</sup>; posteriormente se les asignó un número de identificación. Después del periodo de adaptación los animales fueron pesados y reacomodados en grupos de 3 en cada corral, dependiendo su peso de menor a mayor; Se formaron 8 grupos para administrarles 4 tratamientos con dos repeticiones como se muestra en la tabla 19. La engorda de los borregos se realizó del 20 de octubre al 13 de enero.

**Tabla 19. Distribución de borregos en corrales y distribución de tratamientos.**

No. de corral (NC) y No. de tratamiento (NT)	Numero de identificación del borrego	Peso en Kg.		Numero de identificación del borrego	Peso en kg
NC 1	4	22.5	NC5	6	26.9
NT 1	16	23	NT1	17	27
	8	25		11	27.5
NC 2	23	25	NC6	13	28.2
NT2	14	25.5	NT2	24	28.2
	3	25.9		9	28.7
NC3	7	26	NC7	18	29.3
NT3	26	26.1	NT3	10	29.6
	2	26.3		25	29.7
NC4	20	26.3	NC8	19	29.9
NT4	22	26.5	NT4	15	30
	1	26.6		21	30.9

Las dietas de los tratamientos fueron evaluadas mediante el programa de balanceo de raciones de NRC (1992), calculando los requerimientos para la alimentación en la dieta base como lo muestra la tabla 20. En la tabla 21 se muestran los ingredientes e inclusiones que forman la dieta experimental base.

**Tabla 20. Requerimientos para ovinos NRC 1992**

	Dieta base	NT1	NT2	NT3
Materia seca (MS)	88.41	88.41	88.41	88.41
Energía Neta Metabolizable (ENM)	1.62 Mcal/kg	1.62 Mcal/kg	1.62 Mcal/kg	1.62 Mcal/kg
Energía Neta de Ganancia (ENG)	1.11 Mcal/kg	1.11 Mcal/kg	1.11 Mcal/kg	1.11 Mcal/kg
Proteína Cruda (PC)	19%	19%	19%	19%
Calcio	.87 mg	.87 mg	.87 mg	.87 mg
Fósforo	.4 mg	.4 mg	.4 mg	.4 mg
Magnesio	.16 mg	.32 mg	.16 mg	.32 mg
Selenio	.09 mg	.09 mg	.59 mg	.59 mg

La dieta de adaptación incluyó:

- Pasta de soya
- Urea
- Maíz
- Sales minerales
- Trigo
- Salvado.
- Melaza

De esta forma, los tratamientos fueron:

Tratamiento 1: dieta basal

Tratamiento 2: dieta basal + MgO

Tratamiento 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>.

Tratamiento 4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

**Tabla 21. Composición de dietas experimentales**

Ingrediente	Inclusión 1	inclusión 2	inclusión 3	inclusión 4
Cebada	28.13 kg	28.13 kg	28.13 kg	28.13 kg
Maíz	10.05 kg	10.05 kg	10.05 kg	10.05 kg
Piedra caliza	1.15 kg	1.15 kg	1.15 kg	1.15 kg
Minerales	0.45 kg	0.45 kg	0.45 kg	0.45 kg
Melaza	8.57 kg	8.57 kg	8.57 kg	8.57 kg
Pasta de soja	5.96 kg	5.96 kg	5.96 kg	5.96 kg
Aceite	2.68 kg	2.68 kg	2.68 kg	2.68 kg
Urea	0.89 kg	0.89 kg	0.89 kg	0.89 kg
Trigo	24.84 kg	24.84 kg	24.84 kg	24.84 kg
Salvado	13.75 kg	13.75 kg	13.75 kg	13.75 kg
Harina de pollo	3.54 kg	3.54 kg	3.54 kg	3.54 kg
Magnesio	-	0.3 mg	-	0.3 mg
Selenio	-	-	.59 mg	0.59 mg

#### **4.2. Matanza y despiece de los animales**

Los animales procedentes del experimento nutricional se aturdieron mediante una pistola de perno cautivo y se procedió al corte de la vena yugular; en tres lotes de matanza con un periodo intermedio de una semana. Después del sacrificio y faenado a las 24 horas se tomaron dos muestras de cada animal, cuello y lomo (grupo extensor y grupo flexor en el cuello y Recto Torácico, Escaleno, Serrato Ventral, intercostal externo, Intercostal interno, Costal largo, Elevador de las costillas, Dorsal largo, Pectoral superficial, Pectoral profundo para el lomo) ambas muestras se empacaron al vacío, se identificaron mediante etiquetas y se mantuvieron en refrigeración (4 a 6°C) hasta su transporte al laboratorio en una hielera portátil donde se procedió a la limpieza de estas para obtener carne magra, y realizar los análisis de calidad de carne.

### **4.3. Análisis de calidad de carne**

En cada corte (lomo y cuello) se llevaron a cabo los siguientes análisis; las técnicas analíticas se detallan en el anexo :

#### **4.3.1. Propiedades físico químicas**

4.3.1.1. pH: Se analizó por potenciometría, empleando un potenciometro Beckman (Palo Alto California, E. U.), modelo pH  $\Phi$  50.

4.3.1.2. Color. Se utilizó un colorímetro Hunter Lab modelo D25-PC-2, (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón). Se utilizaron como estándar negro y blanco. Se evaluaron las coordenadas L, a y b (referencia). La carne se colocó en el portamuestras, girándolo  $90^{\circ}$ , de tal forma que se obtuvieron 4 lecturas de cada repetición.

3.2.1.3. Textura. Se utilizó un equipo de medición de textura TAX.T2 (Texture Technologies, Corp., Nueva York, E.U.A.) acoplado al software Texture Expert v1.2 (Stable Micro Systems, Ltd, Surrey, UK). con el cual se evaluó la fuerza de corte de secciones de músculo de 1x1x4 cm, empleando una navaja de Warner-Bratzler. Las condiciones del análisis fueron las siguientes: primero se evaluó la textura de la carne en cortes crudos, obteniendo cortes de carne magra, después se obtuvieron nuevos cortes y fueron sometidos a cocción durante 10 minutos a  $70^{\circ}\text{C}$ , se cortaron nuevamente para obtener las medidas y se analizaron. Se reportó la fuerza máxima obtenida en el corte (en gramos).

3.2.1.4. Actividad de agua: Se utilizó un instrumento psicrométrico Aqualab (Decagon CX-1, Washington, EUA), con una sensibilidad de 0.001. se reporta como:

$$a_a = P/P_o$$

P = presión de vapor de la solución

Po= presión de vapor del solvente (agua pura)

3.2.1.5. Oxidación de las grasas: Mediante la medición del índice de peróxidos. El índice de peróxidos es la cantidad (expresada en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro potásico. Se reporta como

IP=ml tiosulfato X N X 1000/g muestra

#### **4.3.2. Propiedades funcionales**

Se evaluaron las siguientes propiedades:

4.3.2.1. Capacidad de retención de agua. Se picaron 10g de muestra, se pusieron en tubos de centrifuga por duplicado, se les agrego 16 ml de solución 0.6M de NaCl, se dejaron reposar por media hora en un baño de hielo, se centrifugaron a 5000 rpm durante 30 minutos. Se reporta como ml de agua retenidos por g de carne.

4.3.2.2. Capacidad de emulsificación. Se realizo un pasta cárnica con 12.5 g de carne y 50 ml de solución a 1 M de NaCl, se pesaron 5 g de dicha pasta se le agregaron 15 ml de NaCl a 1 M, se emulsiono mediante un bio homogenizador M433/1281-0 (2 speed) y se adiciono acéite vegetal hasta romper la emulsión. Se reporta como ml de aceite agregados por g de proteína.

#### 4.3.3. Evaluación sensorial

Se llevó a cabo en dos sesiones; en la primera, 26 panelistas evaluaron el lomo. En la segunda sesion, 31 panelistas evaluaron el cuello. En ambos casos empleó una escala semiestructurada (Anexo 9). A los panelistas se les pidió que marcaran sobre una línea vertical de 15 cm la distancia que mejor describía el atributo a evaluar. La cocción de la carne se realizo mediante una parrilla de asado para

estufa exponiendo la carne al fuego medio por 5 minutos por lado repitiendo la operación un par de veces, en total 20 minutos.

#### 4.4. Diseño experimental y Análisis estadístico de resultados

Para estudiar los parámetros relacionados con los animales antes y después de la matanza, estos se distribuyeron en un diseño de cuadrado latino (Steel y Torrie, 1980), dentro de un arreglo factorial 4X4, las repeticiones se llevaron a cabo de la siguiente forma:

---

REPETICIÓN		TRATAMIENTO			
1	1	2	3	4	
2	4	1	2	3	
3	3	4	1	2	
4	2	3	4	1	

---

Las variables de respuesta analizadas a través de este diseño fueron:

- Peso inicial
- Peso al sacrificio
- Peso ganado
- Peso de la canal caliente
- Peso de la canal fría
- Rendimiento

En el caso de las variables de respuesta relacionadas con la calidad de la carne, si incluyó como fuente de variación, además de las dietas suministradas, el efecto de regiones anatómicas que se suponía producirían diferentes calidades de carne (lomo y cuello). Para estos análisis se hizo un diseño de bloques divididos, donde los bloques principales fueron las dietas (basal, basal+Se, basal+Mg,

basal+Se+Mg) y los sub-bloques fueron la región anatómica. A través de este diseño se analizaron las siguientes variables de respuesta:

- pH
- actividad de agua
- capacidad de retención de agua
- capacidad de emulsificaciónj
- índice de peróxidos
- color (L, a, b)
- dureza
- Parámetros sensoriales (calidad general, sabor, olor, color, jugosidad, suavidad)

Los datos se sujetaron a análisis de varianza y prueba múltiple de medias de Duncan empleando un paquete SAS, versión 8, para ambiente Windows (SAS Institute, 1993).

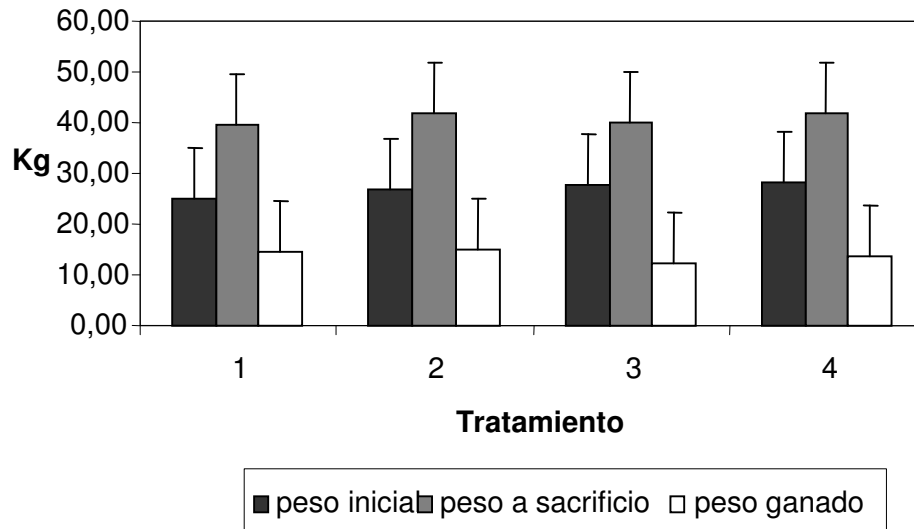


## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Mediciones de la canal

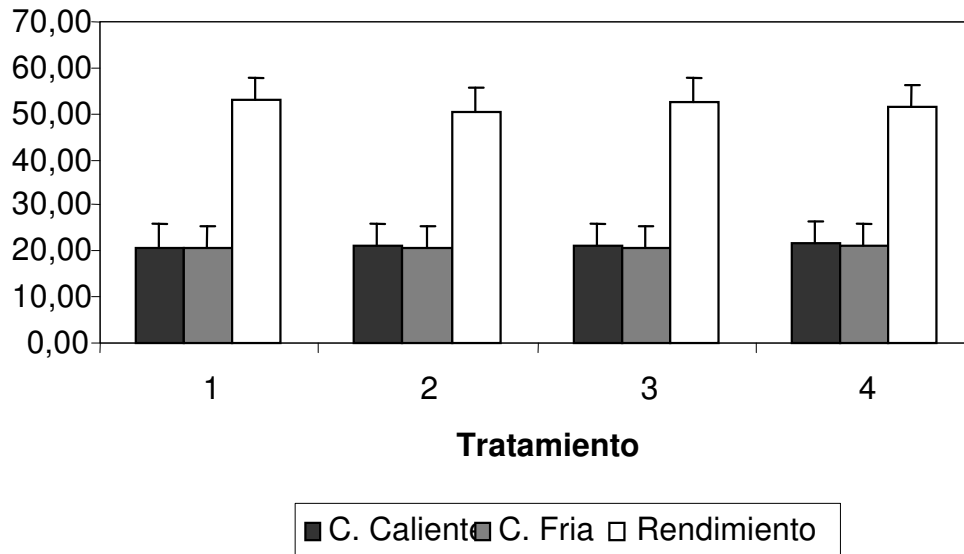
En la figura 1. se muestra que el peso inicial de los animales por tratamientos fueron significativamente diferentes ( $P>0.055$ ) (Anexo 11 ). La media de peso los animales de los tratamientos 4 y 3 fueron 28.387 kg y 27.833, respectivamente (Anexo 12), mientras que los de los tratamientos 2 y 1 fueron 26.917 kg y 25.00 kg, respectivamente; se encontró que no había diferencia significativa entre los grupos 4 y 3, y entre los grupos 2 y 1, pero si entre los grupos 3 y 2. La diferencia de pesos se debió a que los borregos procedieron de diferentes zonas de la República Mexicana; se formaron grupos que permitieran su convivencia, agrupándolos por talla. Al llegar al peso de sacrificio se pudo observar uniformidad en los animales, el peso de los 24 borregos no presentaba diferencia significativa ( $P>0.505$ ) (Anexo 11), pese a la diferencia inicial de pesos.

En gráficas se puede observar que el tratamiento 3 fue el que menos aumento de peso promovió en los animales (12.317 kg) (figura 1; anexo 12); sin embargo, estadísticamente no hubo diferencia significativa en ganancia en peso ( $P>0.398$ ) (Anexo 11). Esto se puede explicar por el hecho de que la dieta basal era muy rica en energía y proteína, lo impidió que la suplementación mineral pudiera dar promover alguna diferencia con respecto al control. Por otro lado, la inclusión del selenio esta en el límite tóxico permitido por el NRC (1981), lo que pudiera dar como resultado que al haber un aumento en selenito a nivel sanguíneo y ante una incapacidad hepática para reducirlo, hubiera una ataque celular que mermara el crecimiento; paralelamente el selenito aparentemente inhibe algunos sistemas enzimáticos tales como la succinil-deshidrogenada y reduce a la metionina debido a la oxidación de los grupos sulfidrido como lo refiere Anzola (1997). Otra explicación a la falta de diferencia significativa entre tratamientos con respecto a la ganancia en peso es que al ser una dieta con alto contenido en proteína, al metabolizar los aminoácidos azufrados existe un alto contenido de sulfato endógeno, el cual es un inhibidor de la asimilación de selenio (Underwood, 2003).



**Figura 1. Peso de los animales**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>



**Figura 2. Peso de las canales**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

En la figura 2 se presentan los pesos de las canales tanto caliente como fría y los rendimientos; no hubo diferencia significativa en ninguno de los dos casos con respecto a los tratamientos ( $P > 0.917$  y  $0.927$ , respectivamente) (Anexo 11), ni en el rendimiento de la canal ( $P > 0.514$ ). Los tratamientos 1 y 3 fueron los de mayor rendimiento (58.464 y 57.157, respectivamente). En evaluación visual de las canales de estos tratamientos, se notó mayor desarrollo muscular en estos dos tratamientos.

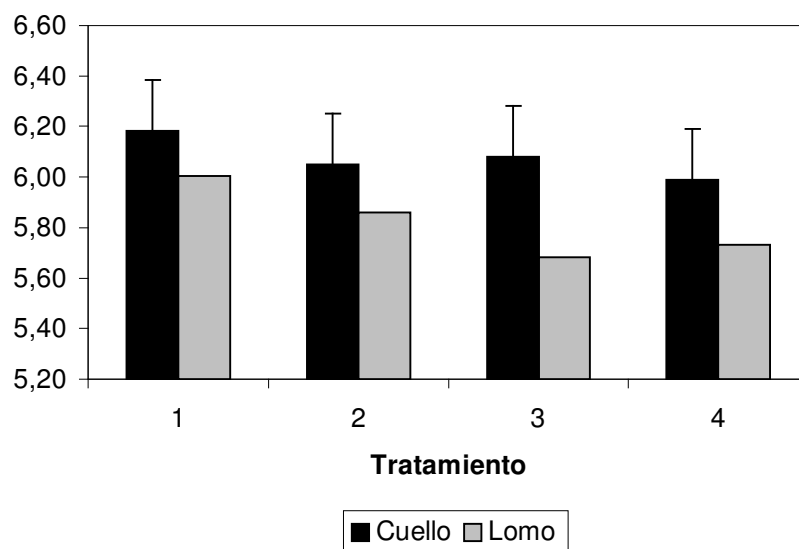
## **5.2. Parámetros fisicoquímicos**

### **5.2.1. pH**

La figura 3 los valores medios de pH de muestras obtenidas de cuello y lomo de animales sujetos a los cuatro tratamientos. El pH no mostró diferencias significativas ( $P > 0.167$ ) (Anexo 13). Sin embargo, al realizar una prueba de comparación múltiple de medias de Duncan se observó que, aunque no había diferencia entre los tratamientos ( $P > 0.3559$ ) y en la interacción tratamiento x región ( $P > 0.8563$ ), si la había entre regiones anatómicas ( $P > 0.0129$ ). Los valores medios de pH para regiones anatómicas fueron de 6.069 y 5.810 en muestras de cuello y de lomo, respectivamente (Anexo 14). Esta variación pudo deberse al diferente metabolismo de los músculos del cuello y del lomo. Sayas y Fernández (2006) mencionan que los componentes estructurales del músculo influye sobre la calidad de este, ya que muchas de las características de calidad están ligadas a la estructura del sistema protéico muscular así como a las reacciones químicas que en el se realizan.

Los distintos músculos del cuerpo se clasifican según el criterio funcional de velocidad de contracción o aplicando un criterio metabólico basado el tipo de metabolismo energético que corresponde a la velocidad de utilización de la energía cuando se contrae y a la fuente principal de esa energía. La velocidad de contracción dependerá de la actividad del ATP miofibrilar, del lactato

deshidrogenasa (LDH) y de la oxidasa mitocondrial estos a su vez controlan el metabolismo glucolítico y oxidativo del músculo (Arbiza, 1996). Debido a esto la composición muscular así como su metabolismo hace que las regiones anatómicas tengan características fisicoquímicas específicas, entre otras el pH.

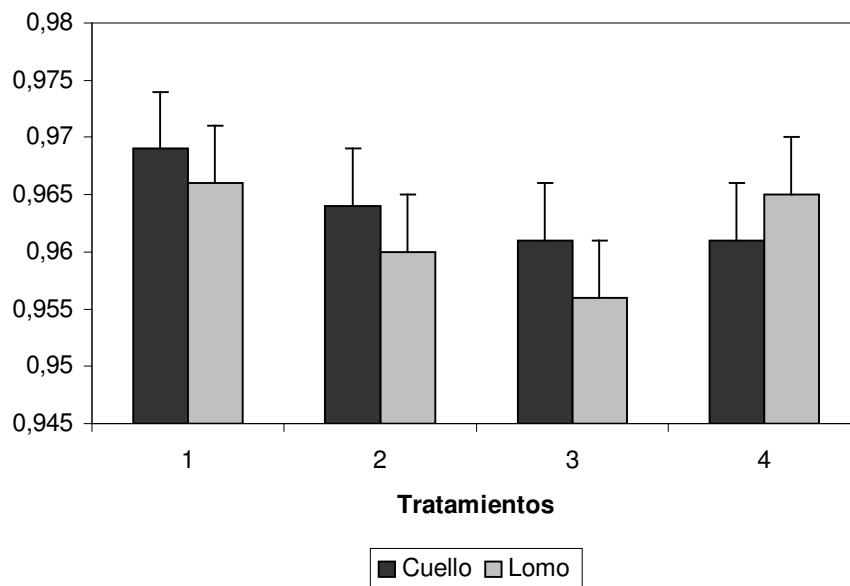


**Figura 3. pH**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

### 5.2.2. Actividad de agua

En la figura 4 se muestran los valores medios de actividad de agua de los tratamientos y las regiones evaluadas; se observa que las diferencias entre tratamientos, entre regiones y en la interacción de ambas fuentes de variación no son significativas ( $P > 0.3906$ ,  $0.8633$  y  $0.6940$ , respectivamente) (Anexo 13); sin embargo se observa una tendencia en los tratamientos con suplementación a reducir la actividad de agua (Anexo 14), aunque esta reducción no es significativa y por tanto puede suponerse que no modifica al crecimiento microbiano ni a las propiedades organolépticas, como se verá más adelante.

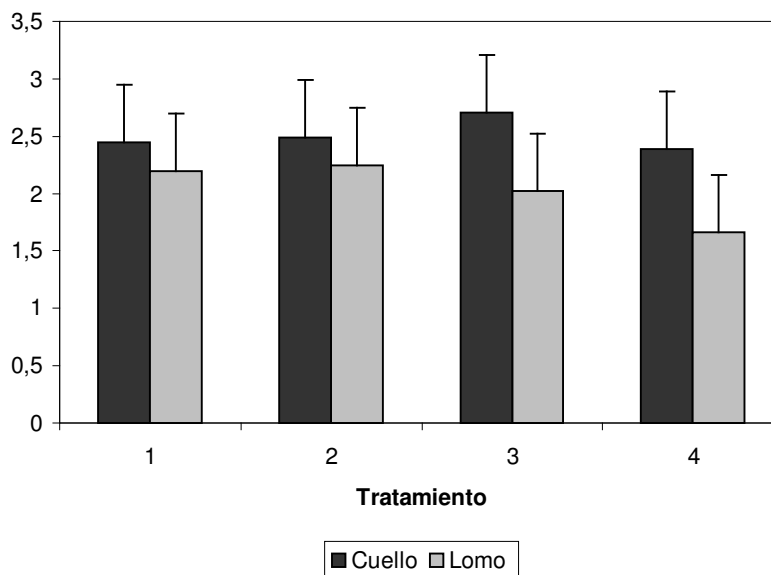


**Figura 4. Actividad de agua**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

### 5.2.3. Capacidad de retención de agua

De igual forma, la capacidad de retención de agua (CRA), cuyos valores medios se muestran en la figura 5, el análisis estadístico no reflejó diferencias significativas entre tratamientos, regiones anatómicas ni interacciones ( $P > 0.197$ ,  $0.370$  y  $0.161$ , respectivamente) (Anexo 13). Gráficamente se puede apreciar que las muestras tomadas del cuello tuvieron mayor retención de agua, si bien esta no fue significativa. Esto es debido al arreglo miofibrilar, a la función anatómica y la composición de los músculos que forma el cuello (Arbiza, 1996). Debido a que la carne y productos cárnicos se comercializan por peso, una mayor retención de agua implica mayor valor agregado. Por otro lado, la capacidad de retención de agua tiene una relación directa con la jugosidad de la carne.

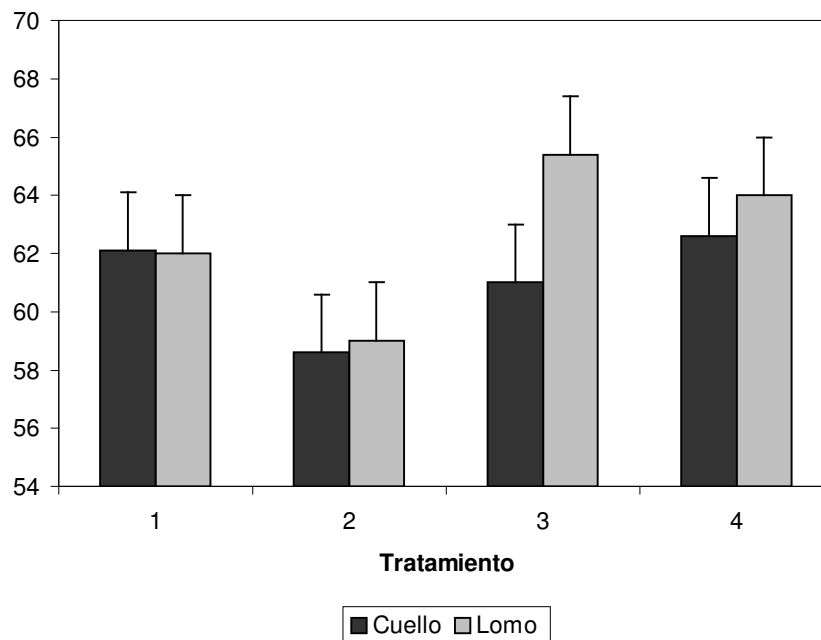


**Figura 5. Capacidad de retención de agua**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

#### 5.2.4. Capacidad de emulsificación

La capacidad de emulsificación (CE) de una carne es de gran importancia cuando esta se usa como materia prima para la fabricación de embutidos, ya que estos son fundamentalmente emulsiones. La figura 6 muestra los valores medios de diferencias en la CE entre tratamientos y entre regiones anatómicas, siendo las muestras obtenidas del lomo las de mayor CE (62.641 y 61.049 mL en lomo y cuello, respectivamente) (Anexo 14), aunque no hubo diferencia significativa entre estos valores ( $P > 0.4118$ ) (Anexo 13); tampoco se observó diferencia significativa entre tratamientos, ni en interacciones ( $P > 0.305$  y  $0.844$ , respectivamente) (Anexo 13).



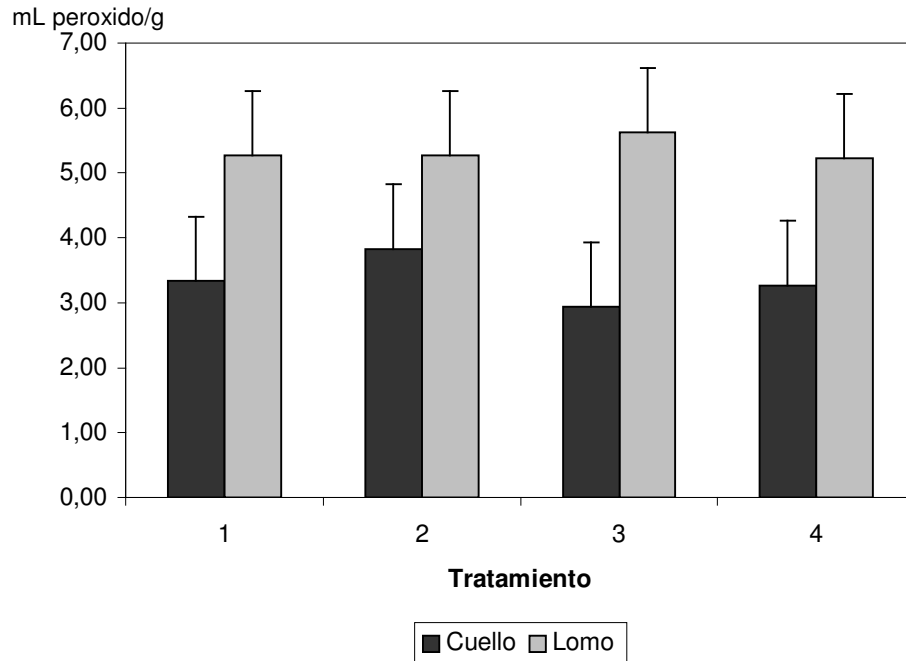
**Figura 6. Capacidad de emulsificación**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

### 5.2.5. Índice de peróxidos

El índice de peróxidos evalúa el grado de oxidación de una carne; se observó que la región anatómica y la interacción tratamiento x región si influyen en el índice de peróxidos, encontrándose diferencia significativa en estas dos fuentes de variación ( $P > 0.0001$  y  $0.008$ , para región e interacción, respectivamente) (Anexo 13), pero no se observó diferencia entre tratamientos ( $P > 0.324$ ). En la comparación múltiple de medias de Duncan se observó un índice de peróxido significativamente diferente de  $5.347$  y  $3.339$  mL tiosulfato/g para cuello y lomo, respectivamente (Anexo 14), y valores sin diferencia significativa para los tratamientos. Con estos análisis estadísticos se pudo concluir que las regiones anatómicas influyeron significativamente en el grado de oxidación, pero no los tratamientos. En el lomo existe un gran acumulo de grasa, ya que el animal vivo forma reservas energéticas que almacena en forma de tejido adiposo; en forma

opuesta al cuello donde los músculos cumplen una función de sostén y por lo tanto la cantidad de grasa es mínima, en este caso la oxidación de grasa es menor.



**Figura 7. Índice de peróxidos**

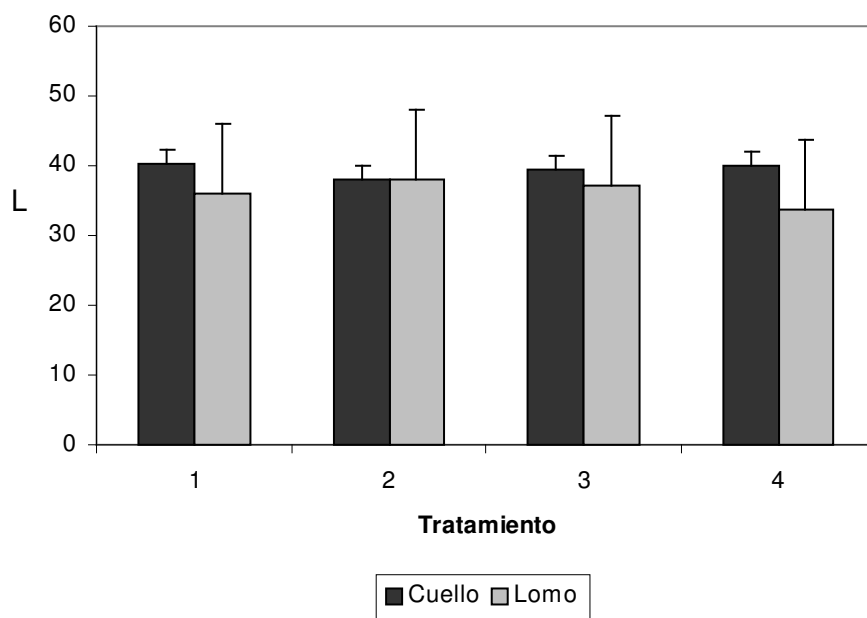
Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

### 5.2.6.Color

El color de la carne es un indicador de propiedades como frescura, manejo premortem, o contaminación microbiana. Por tanto, su análisis es fundamental para determinar la calidad de la carne. De acuerdo al sistema Lab, el color se evalúa por tres parámetros, ya descritos en las secciones anteriores de este reporte. La figura 8 muestra los valores medios de el parámetro de luminosidad, el cual indica la cercanía de la muestra a negro absoluto (L=0) o a blanco absoluto (L=100), por tanto, entre mayor sea el valor, más pálida será la muestra de carne. En esta gráfica se observa que en los tratamientos 1, 3 y 4 las muestras tomadas del cuello fueron más pálidas (mayor valor L) que las tomadas del lomo, se observó diferencia significativa entre las regiones anatómicas ( $P > 0.0022$ ) (Anexo 13); no se observó diferencia significativa entre tratamientos y en interacciones



( $P > 0.706$  y  $0.145$ , respectivamente). La diferencia de luminosidad entre regiones pudo deberse al diferente metabolismo de los músculos del cuello y del lomo, que se correlaciona con la cantidad de fibras rojas y blancas, en mayor cantidad en el cuello debido a su metabolismo oxidativo por tener movimientos más violentos que el lomo. El tratamiento 2, suplementado solamente con magnesio, fue el único donde el valor medio de luminosidad de las muestras del cuello es igual al de las de lomo.

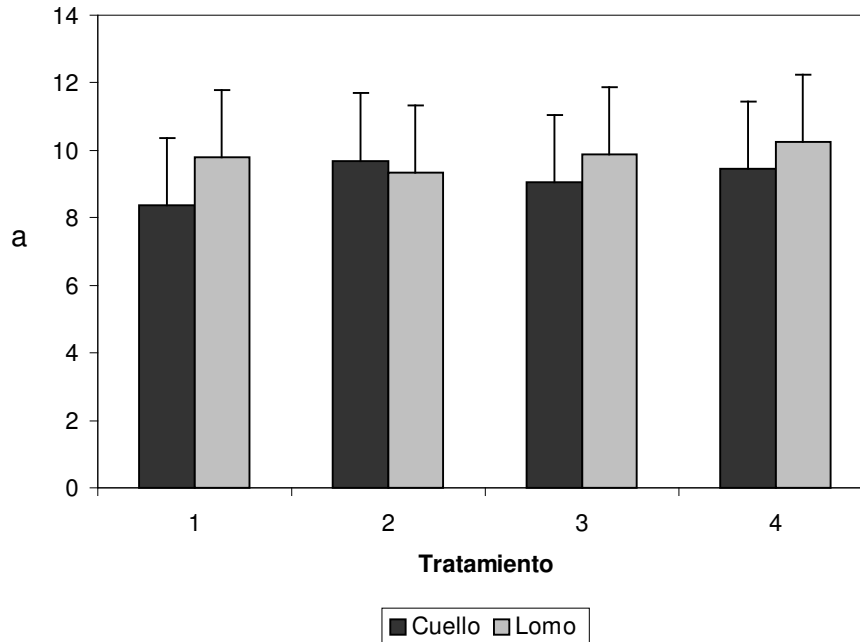


**Figura 8. Color. Luminosidad (L)**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

La segunda coordenada de color es “a”, que se refiere a la contribución del color rojo (+a=rojo; -a=verde). Por tanto, entre mayor sea el valor “a”, más roja es la muestra. Casi todas las muestras de cuello tuvieron valores “a” menores que el lomo, esto es, el color rojo contribuyó menos, aunque las diferencias no fueron significativas. Al igual que en los valores de luminosidad, el tratamiento 2 fue el único que no siguió esta tendencia, siendo las muestras de cuello más rojas que las de lomo. Estadísticamente no hubo diferencia significativa entre tratamientos,

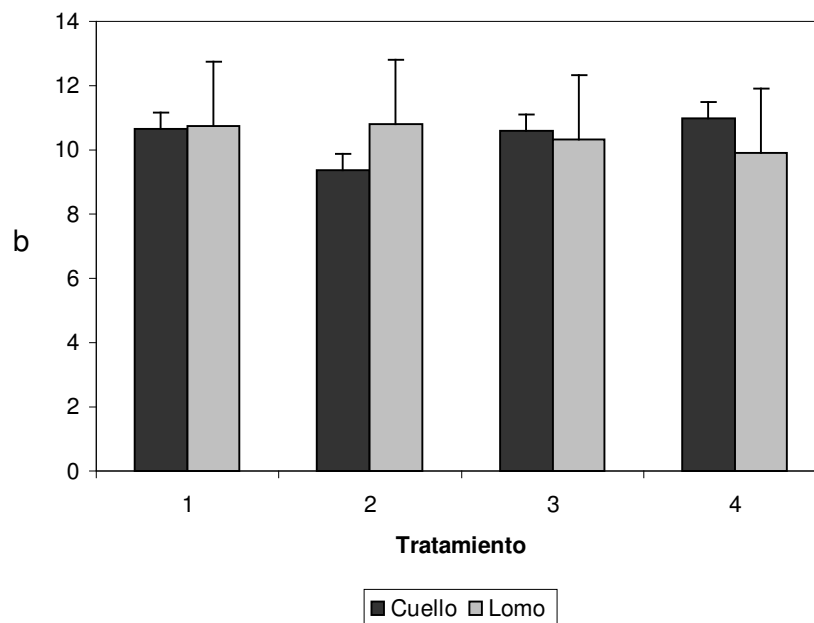
entre regiones anatómicas ni en interacciones ( $P > 0.833$ ,  $0.241$ ,  $0.742$ , respectivamente) (Anexo 13).



**Figura 9. Color: a (rojo a verde)**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal +  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$   
4: dieta basal + MgO y  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$

La coordenada "b" es otra medición de color que refiere a la cantidad de color amarillo o azul ( $+b$ =amarillo;  $-b$ =azul), según la teoría del color de Hering (Guerrero, 2002). Por tanto, entre mayor sea el valor de b, es mayor la contribución del color amarillo en la muestra. El análisis estadístico indicó que no hay diferencias significativas entre tratamientos, regiones anatómicas o interacción ( $P > 0.843$ ,  $0.926$  y  $0.302$ , respectivamente). Por tanto, todas las muestras tuvieron la misma cantidad de color azul (Anexo 13).



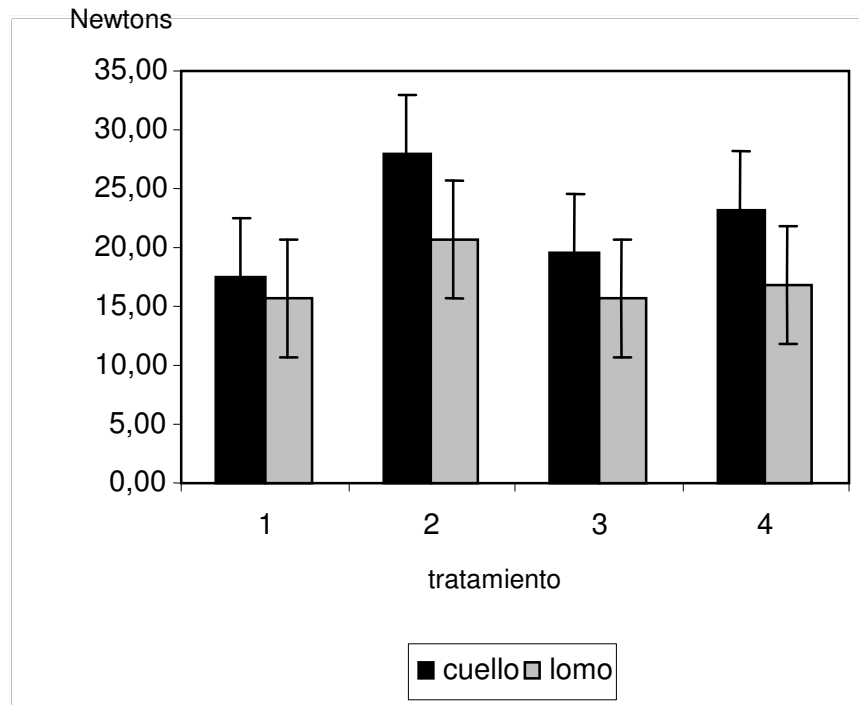
**Figura 10. Color: b (amarillo a azul)**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

Considerando las tres coordenadas de color se puede concluir que tuvieron un color similar en cuanto a proporción de rojo-verde y azul-amarillo, aunque las muestras del cuello fueron más pálidas, pero esto no se debió a los tratamientos aplicados, sino al diferente metabolismo que presentan los músculos del cuello y del lomo.

### 5.2.7. Textura

La textura es una de las propiedades por las cuales se evalúa la calidad de la carne; de las varias formas de evaluar a la textura o dureza de la carne, el corte con una cuchilla de Warner Bratzler es el más empleado en investigación en tecnología de carnes.

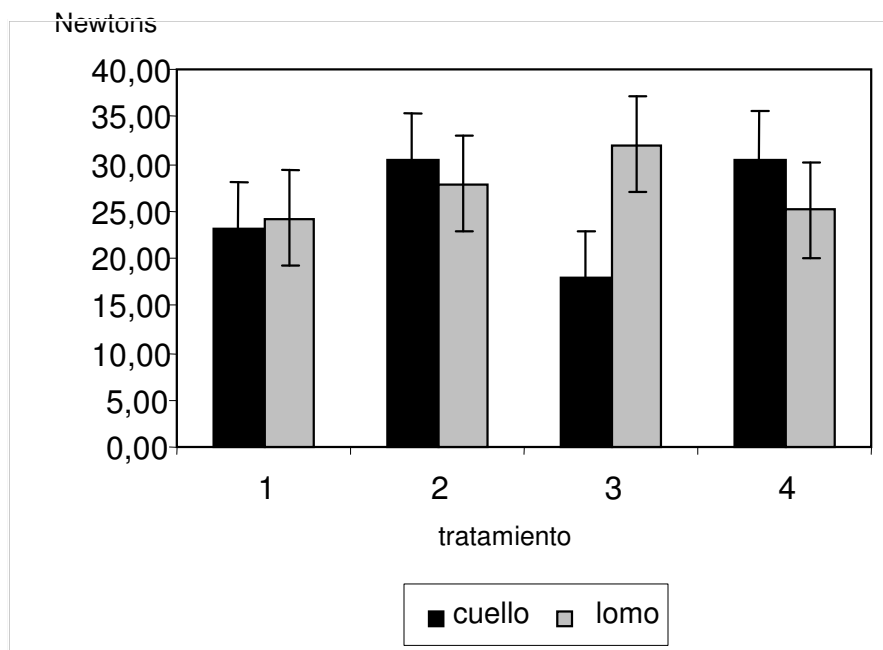


**Figura 11. Textura: carne cruda**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

En la figura 11 se muestran los valores medios para la textura, evaluada como fuerza necesaria para cortar una muestra de carne cruda, de los tratamientos y regiones anatómicas. Se observó significativamente más dureza en las muestras de lomo y a las sujetas al tratamiento 2. Se observó una diferencia significativa entre tratamientos ( $P > 0.0009$ ) y entre regiones anatómicas ( $P > 0.0008$ ), pero no entre interacciones ( $P > 0.5422$ ) (Anexo 13). Los valores medios más altos se observaron para el tratamiento 2 (24.26 N) y para el cuello (22.25 N) (Anexo 14). Desde el punto de vista estructural, el músculo posee dos componentes principales: las proteínas contráctiles o fibras musculares que son las que permiten al músculo trabajar y el tejido conectivo que forma el marco flexible que contienen a las proteínas que trabajan y son los que fijan los músculos a la estructura esquelética (Arbiza, 1996); en el cuello existen mayor cantidad de tejido conectivo debido a su función en el organismo y esto hizo que la dureza del cuello fuera mayor en los cuatro tratamientos, no obstante en el tratamiento 3 se

puede observar que la carne del cuello presento una menor resistencia al corte, esto pudo deberse a que el selenio, al ser un antioxidante, intervenga en la polimerización del colágeno, principal componente del tejido conectivo (Arbiza, 2006).



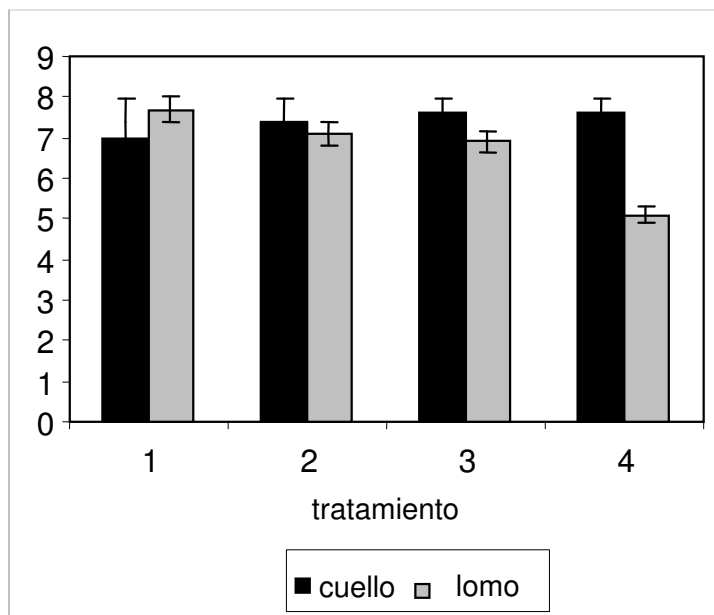
**Figura 12. Textura: carne cocida**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

La figura 12 muestra los valores medios de Textura obtenidos en muestras de carne cocida. A diferencia de la carne cruda, solamente se observó una diferencia significativa en la interacción tratamiento x región ( $P > 0.0017$ ) (Anexo 13). Los valores medios más altos se observaron para el lomo (27.45 N) y en el tratamiento 2 (29.15 N). En la gráfica se observa mayor resistencia al corte en la carne de animales sujetos a la dieta suplementada con magnesio, y magnesio y selenio, pero no en la suplementada con selenio solamente, lo que permite suponer nuevamente que el selenio solo pudo ayudar a la polimerización de la colágena. Gráficamente se puede observar una resistencia mayor de la carne del cuello en los cuatro casos y una menor en la carne del lomo, pero ningún tratamiento suplementado mejoro la terniza de la carne.

### 5.3. Parámetros sensoriales

La evaluación sensorial de un alimento refleja la percepción real del consumidor al consumirlo. Los parámetros establecidos como índice de calidad del alimento dependen del tipo del mismo, por lo tanto, en el caso de carnes se incluyen sabor, olor, color, suavidad y calidad general. Como la percepción sensorial de la carne varía de acuerdo a su método de cocción, se decidió por el asado a fuego directo de muestras carne de carne de borrego, obtenida tanto de cuello como de lomo, ya que este método es el preferido por el consumidor para la carne de esta especie animal.

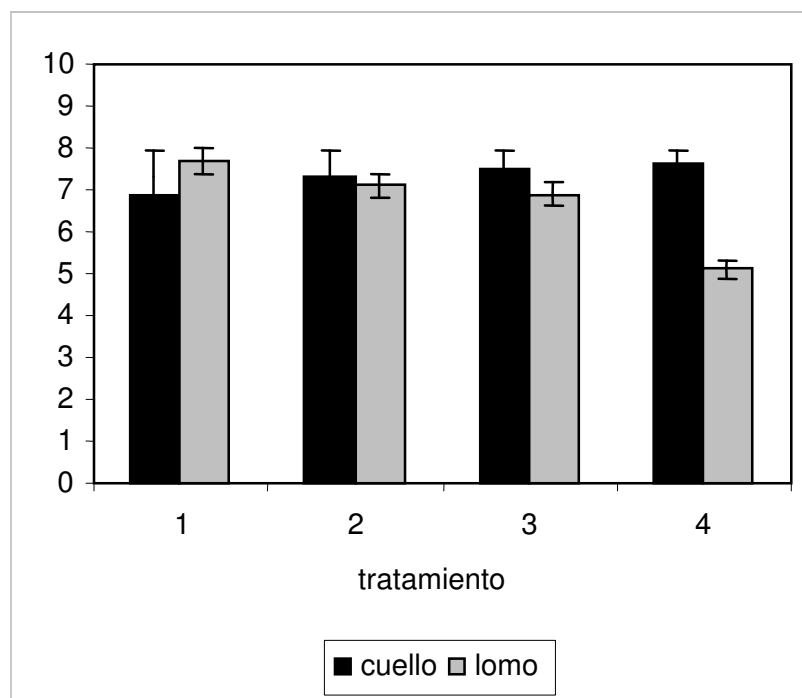


**Figura 13. Calidad general**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

Los jueces calificaron los atributos sensoriales sobre una línea de 15 cm, por lo que el la respuesta es en unidades adimensionales. La calidad general (figura 13) mostró diferencias significativas con respecto a la región anatómica ( $P > 0.0001$ ) (Anexo 15), pero no respecto al tratamiento y a la interacción tratamiento x región. Sin embargo, la calificación mayor se dio a las muestras con el tratamiento 2 (7.845) (Anexo 16), mientras que la mínima fue para el tratamiento 1 (6.701). En

relación a las regiones anatómicas, el lomo tuvo calificación significativamente mayor que el cuello (8.308 y 6.554, respectivamente). Los resultados sugieren la mayor aceptabilidad de los panelistas por la carne del lomo, la cual debido a su región anatómica tiene preferencia. La figura 13 marca una tendencia de mayor aceptabilidad de la carne del cuello al ser suplementada en contraste con la carne del lomo, esto se puede explicar debido a que los minerales tienden a mejorar la carne del cuello que es por naturaleza de menor calidad que la del lomo (Arbiza, 1996).

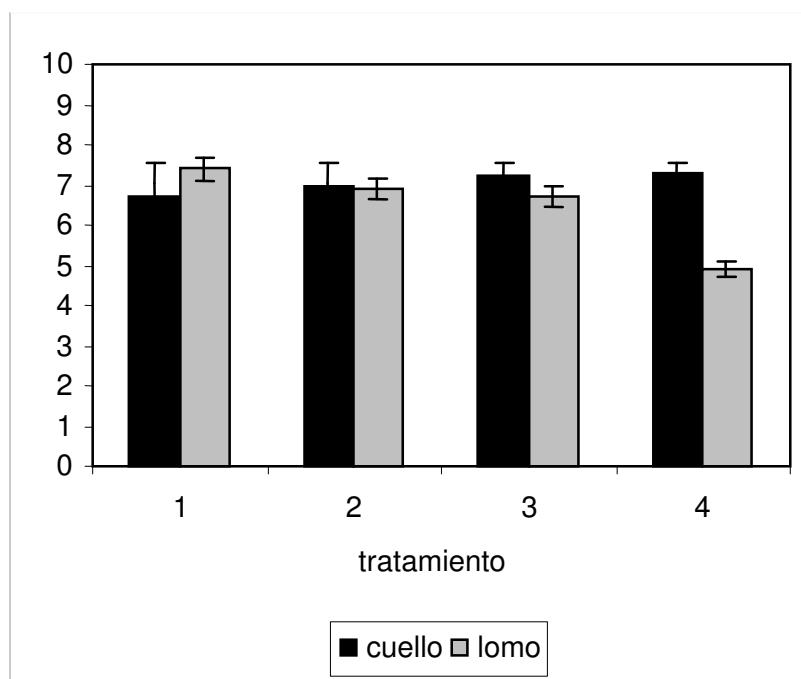


**Figura 14. Sabor**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

Los resultados con respecto al sabor fueron similares a los de calidad general, presentando una diferencia significativa con respecto a las regiones anatómicas ( $P > 0.0001$ ) (Anexo 15), pero no respecto a los tratamientos ( $P > 0.298$ ) ni a la interacción ( $P > 0.1248$ ). El valor medio máximo se observó en el tratamiento 2 (7.735); con respecto a la región anatómica, el valor medio para muestras de

cuello fue de 8.051, significativamente más alto que para cuello (6.133). Nuevamente fue evidente la mejor calidad de la carne del lomo, no obstante la suplementación muestra una tendencia por mejorar la calidad de cuello con la suplementación (figura 14), aunque no se refleja en los resultados estadísticos.

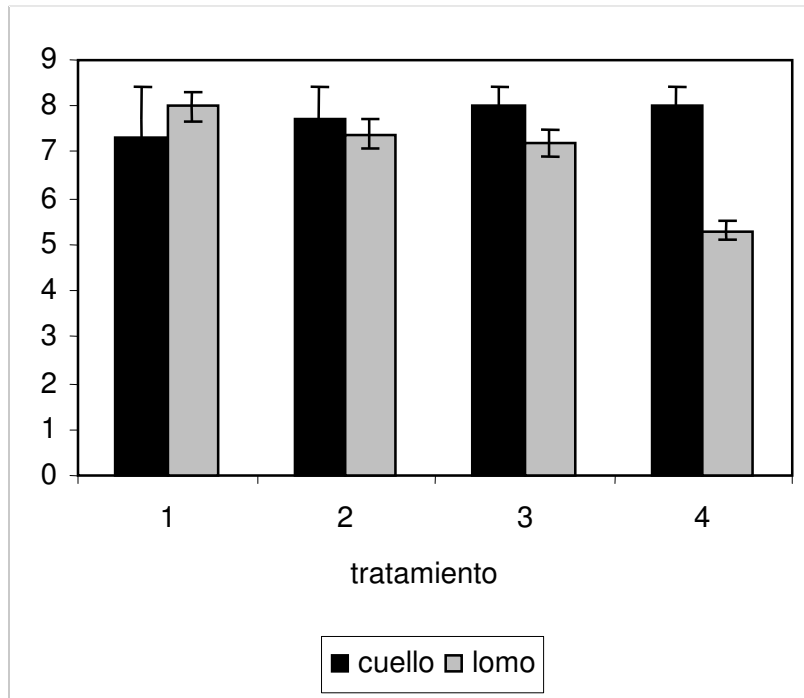


**Figura 15. Olor**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

La figura 15 muestra la mayor calificación dada por los jueces al olor de los tratamientos suplementados con magnesio y selenio (2, 3 y 4), los cuales fueron significativamente diferentes al de la dieta basal ( $P>0.399$ ) Anexo 15). De igual forma, se observó diferencia significativa con respecto a la región anatómica ( $P>0.0177$ ) y a la interacción ( $P>0.055$ ). El valor medio de la calificación de olor para el lomo fue de 8.359 (Anexo 16) en comparación con 7.267 para el cuello. Posiblemente, la mayor cantidad de colágena en el cuello hace que durante el asado, se liberen compuestos de bajo peso molecular que afectan negativamente a la percepción del olor.

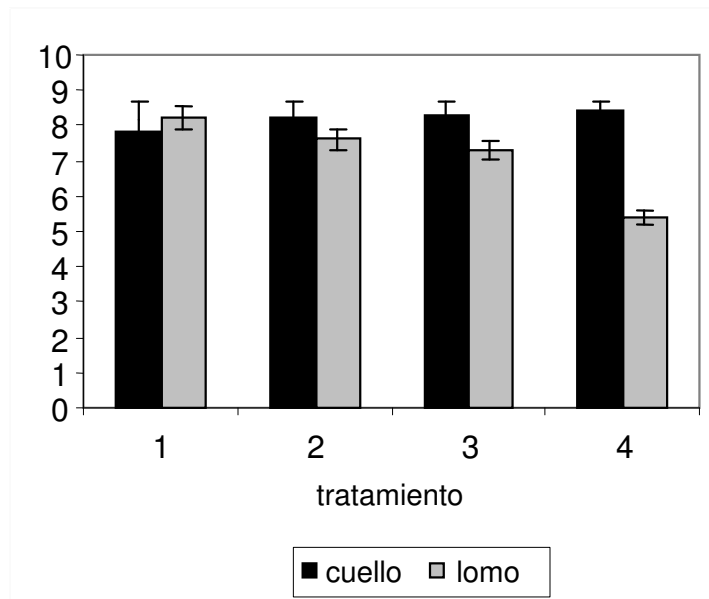




**Figura 16. Color**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

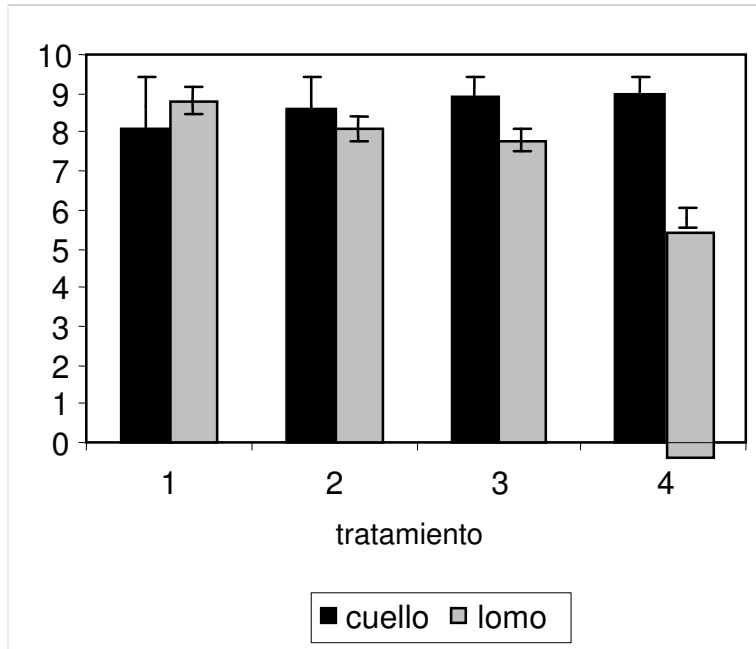
La evaluación sensorial del color fue inversa a los resultados obtenidos en forma instrumental. De forma similar a los otros parámetros, el valor medio de las muestras de lomo (8.694) (Anexo 16), fue significativamente mayor que el asignado a las muestras de cuello (7.043). También se encontró una diferencia significativa con respecto a los tratamientos ( $P > 0.0002$ ), pero no con respecto a la interacción ( $P > 0.234$ ). La figura 16 muestra que la calificación de la carne de cuello aumentó (se consideró más oscura), aunque no significativamente, al suplementar la dieta con magnesio y selenio; no fue el caso de muestras de lomo que fueron evaluadas con menor calificación, indicando así que el color se consideró más pálido. Si embargo, hay que considerar que el método de cocción pudo ser desigual en las muestras y que hubo zonas que al contacto con el fuego adquirieron color que pudiera confundir a los panelistas.



**Figura 17. Jugosidad**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

La jugosidad es la cantidad de líquido que se extrae de los alimentos al ser masticados; se encontró una diferencia significativa entre tratamientos ( $P > 0.0144$ ) (Anexo 15), regiones anatómicas ( $P > 0.0001$ ) e interacción de ambos ( $P > 0.0241$ ). Nuevamente, la media de la calificación otorgada a las muestras de lomo ( $P > 7.868$ ) (Anexo 16) fue significativamente mayor que el otorgado a las muestras de cuello ( $P > 6.158$ ). En la figura 17 se observa una tendencia de las muestras de cuello a tener una mejor calificación al obtenerse de animales con dietas suplementadas con magnesio y selenio, si bien sin mostrar diferencias estadísticamente significativas, mientras que las muestras de lomo tuvieron menores calificaciones de jugosidad al suplementarse la dieta.



**Figura 18. Suavidad**

Tratamiento: 1: dieta basal; 2: dieta basal + MgO; 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>  
4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

En la carne la suavidad es un parámetro fundamental en carnes, por que en muchos mercados dependerá su costo de esta característica (Ponce, 2006). Los resultados mostraron diferencias significativas con respecto a la región anatómica ( $P > 0.0001$ ) (Anexo 15) e interacción ( $P > 0.0286$ ), pero no respecto al tratamiento. El valor medio de muestras de lomo fue significativamente mayor que el de cuello (8.978 y 6.678, respectivamente) (Anexo 16). Esta diferencia entre regiones anatómicas parece relacionada a las características de los músculos del cuello y lomo, como ya se ha mencionado. Al igual que en otros parámetros sensoriales, la figura 18 muestra que la calificación aumento en muestras de animales con dietas suplementadas con magnesio y selenio, siendo mayor con el tratamiento 4, donde la sinergia mineral de un antioxidante con un activador enzimático (Underwood, 2002) pudieran ser los responsables de este beneficio.

## 6. CONCLUSIONES

La presencia de una diferencia significativa entre los pesos iniciales de los animales pudo indicó que no se tenía homogeneidad en el material experimental inicial. Sin embargo, al momento del sacrificio no hubo diferencias significativas entre pesos, ni entre ganancia de peso. De lo anterior se concluyó que las dietas empleadas no producían diferencia entre el crecimiento del animal, debido a que eran similares en su composición.

Esto se reflejó en los parámetros fisicoquímicos, ya que solamente la medición de dureza en carne tanto cruda (tratamiento y región) como cocida (interacción) reflejó diferencias significativas. Sin embargo, estas diferencias pudieron deberse también a la geometría de las muestras, ya que no se tuvo un control estricto sobre la misma. El índice de peróxido, pH y luminosidad indicó que había diferencias entre las muestras obtenidas del cuello y del lomo.

Todos los parámetros sensoriales mostraron diferencia significativa con respecto a la región anatómica; como era de esperarse los jueces mostraron preferencia por las muestras obtenidas del lomo. Con respecto a los tratamientos, si bien no hubo diferencia significativa entre estos, se mostró una tendencia a un aumento en los todos parámetros sensoriales en muestras provenientes de animales cuyas dietas fueron suplementadas con magnesio y/o selenio.

Este estudio preliminar se debe repetir, considerando una población homogénea de animales, y reformulando las dietas basal suplementadas con magnesio y/o selenio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alanís, E., Guerrero, I., Lara, P. 1999. Proteolytic activity of four strains of *Pseudomonas* sp. on crude extracts of contractile proteins. Food Chem. 67:45-51
- AOAC., 1975. Official Methods of Analysis. 12a. edición. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- AOAC., 1990. Official Methods of Analysis, Volumen 2. 15a. edición. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Arbiza, A.S. y De Luca T.J. 1996. Producción de carne ovina. Editores Mexicanos Unidos, México.
- Badui, D.S. 1999. Química de los alimentos. Editorial Pearson Educación, México. pp. 378-385, 407-425.
- Beede, D.K., Davalos, G.G., Hirschert, E.M. 1992. Comparison of four magnesium oxide sources each fed at three dietary concentrations to lactating cows. Florida Dairy Production Conference. 29A:85.
- Blodgett, D.J., Kornegay E.T., Shurig G.G., Meldrum J.B., Bonnette E.D. 1986. Vitamin E, selenium and immune response to selected antigens in swine. Nutr. Rep. Inter. 38:37-43.
- 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. 81-90, 125-132, 145-205.
- Chamela, J. 1978. Perspectivas de Desarrollo Ovino en el Estado de Chiapas. Tesis de Maestría. Facultad de medicina veterinaria y Zootecnia, UNAM. México.
- Chavez, A.M., Guerrero, I. 1991. Detection of biogenic amines as meat spoilage indicators. J. Muscle Foods 2:263-278.
- Chester-Jones, H., Fontenot J.P., Veit H.P. 1990. Physiological and pathological effects of feeding high levels of magnesium to steers. J. Anim. Sci. 68:4400.
- Chester-Jones, H., Fontenot J., P., Veit H.P., Weeb K.E. 1989. The physiological effects of feeding high levels of magnesium to sheep. J. Anim. Sci. 67:1070.
- Cunningham, A. 1999. Fisiología Veterinaria. Editorial McGraw-Hill. México. pp. 233-301.

- Daza, A.A. 1997. Reproducción y Sistemas de Explotación del Ganado Ovino. Ediciones Mundi Prensa. México. pp. 311-370.
- De Luca, L. 1998. Fisiología del Magnesio 1. Engormix.  
[http://www.engormix.com/s\\_articles\\_view.asp?art=209&AREA=GDC-165](http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=209&AREA=GDC-165)
- Dieter, B.H. 1988. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. España. pp. 1039-1110.
- Dua, K., Care, A.D. 1995. Impaired absorption of magnesium in the aetiology of grass tetany. *British Vet. J.* 151:413.
- Ellis, M., McKeith, F. 2000. Nutritional influences on pork quality. *Facts. National Pork Producers Council. Amer. Meat Sci. Assoc.* pp 1-9.
- Ellison, R.S. 1992. A review of copper and selenium reference ranges in cattle and sheep. *Proceeding of the 22nd Seminar Sheep and Beef Cattle Society. New Zeland Veterinary Association incorporating the NZVA Conference. Publication.* 154:3-17.
- Fontenot, J.P., Allen, V.G., Bune, G.E., Goff, J.P. 1989. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J. Anim. Sci.* 67:3445.
- Freer, M., Dove, H. 2002. *Sheep Nutrition. Editorial CABI Publishing.* pp 204-206, 285-311.
- Galleguillos, A.M. 1994. Aminas Biogénicas: Nuevos Indicadores Químicos Utilizados como Criterios de Calidad en Harina de Pescado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, México, D.F.  
<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S22.htm#ch21>.
- Gamou, S., Shimizu, Y., Shimizu, N. 1990. Adipocytes. En: *Animal Cell Culture. Methods in Molecular Biology, Vol. 5.* Pollard, J.W. y Walker (compiladores). J.M. Human Press. Clifton, Nueva Jersey. pp. 197-207.
- Gerloff, B.J. 1992. Effect of selenium supplementation on dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 70:3934-3940.
- Grace, N.D., Clark, R.G. 1991. Trace element requirements, diagnosis and prevention of deficiencies in sheep and cattle. En: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants.* Tsuda, T., Sasaki y Kawashima, R. (compiladores). Academic Press. Londres.
- Greene, L.W., May, B.J., Schelling, G.T., Byers F.M. 1988. Site and extent of apparent calcium and magnesium absorption in steers fed monensin. *J. Anim. Sci.* 66:2987.

- Greene, L.W., Fontenot, J.P., Webb, K.E. 1983a. Effect of dietary potassium on absorption of magnesium and other macroelements in sheep fed different levels of magnesium. *J. Anim. Sci.* 56:1208
- Greene, L.W., Fontenot J.P., Webb, K.E. 1983b. Site of magnesium and other macromineral absorption in steers fed high levels of potassium. *J. Anim. Sci.* 57:503.
- Grings, E.E., Males J.R. 1988. Performance, blood and ruminal characteristics of cows receiving monensin and a magnesium supplement. *J. Anim. Sci.* 66:556.
- Guerrero, I., Ponce, E., Pérez, M. I. 2002, Curso Práctico de Tecnología de Carnes y Pescado. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. pp 11-21.
- Guillén, S., Ponce, E., Farrés, A., Guerrero, I. 2003. Production of histidin decarboxylase by two strains of *Enterobacteriaceae* isolated from tuna (*Thunnus thynnus*) and Jack mackarel (*Trachurus murphyi*). *Int. J. Food Prop.* 6:147-163.
- Hans, D.B. 1988. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. España.
- Hansard, S.M. 1983. Microminerals for Ruminant Animals. Nutrition Abstracts and reviews - series B. Commonwealth Bureau of Nutrition January. Vol. 53 Num. 1.
- Hernández, M. 2000. Suplementación de Magnesio y Selenio en Dietas de Corderos. Tesis Doctoral. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Hicks, C.R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Holt, Rinehart and Winston. Nueva York.
- Hill F.N. y Anderson D.L. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587.
- Hui, Y.H. 2001. Meat Science and Applications. Marcel Dekker, Inc, Nueva York.
- Hui, Y.H., Guerrero I., Rosmini M.R. 2006. Ciencia y Tecnología de Carnes. Editorial Limusa. pp. 161- 185.
- Hurley, L.A., Greene, L.W., Byers, F.M., Carstens, G.E. 1990. Site and extent of apparent magnesium absorption by lambs fed different sources of magnesium. *J. Anim. Sci.* 68:2181.

Hwang, D.F., Chang, S.H., Shiua, C.Y., Cheng, C.C. 1997. High performance liquid chromatography of biogenic amines in fish implicated in food poisoning. *J. Chromat.* 693:23-30.

INEGI.2005.<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=agr08&c=2535>

Jackson, M.J. 1987. Muscle damage during exercise: possible role of free radicals and protective effect of vitamin E. *Proc. Nutr. Soc.* 46:77-80.

Jacques, P.F., Hartz, S.C., Mc Gandy, R.B., Russel, R.M., Jacob, R.A. 1988. Effect of Vitamin E supplement intake on HDL total cholesterol in the elderly. *Nutr. Report. Inter.* 3:363-369.

Langland, J.P., Donald, G.E., Bowles, J.E., Smith, A. J. 1991a. Subclinical selenium insufficiency 1. Selenium status and the response in liveweight and wool production of grazing ewes supplemented with selenium. *Aust. J. Exp. Agric.* 31:25-21.

Little, A. 1975. Off on a tangent. *J. Food Sci.* 40:410-411

MacPherson, A., Chalmers J.S. 1984. Methods of selenium supplementation of ruminants. *Vet. Rec.* 115:544-546.

Madrid, V. 1989, *Manual de Industrias Alimentarias*. 3a edición. Madrid, España.

Manev, G. 1983. *La carne y su elaboración*. Editorial Científico Técnica. Cuba. pp 3-72.

Martens, H.O., Blume, I. 1986. Effect of intraruminal sodium and potassium concentrations and of the transmural potential difference on magnesium absorption from the temporarily isolated rumen of sheep. *Quart. J. Exp. Physiol.* 71:409.

Maynard, L.A. 1981. *Nutrición Animal*. Editorial McGraw-Hill, México.

McDowell, L.R., Velásquez, G. 1997. *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida, Gainesville. p. 84.

McMurray, C.H. 1989. Nutritional supplies, requirements and effects of deficiencies of vitamin E and selenium. *Proc. of the Roche Symposium, Londres*, 42 p.

Miller, W.J. 1974. New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy cattle. A review. *J.Dairy Sci.* 50:1549-156.



- Miyazaki, S. 1991. Effect of chemicals on glutathione peroxidase of chick liver. *Res. Vet. Sci.* 51:120-122.
- Montaño, M., Zinn, R.A. 1997. Comparación del potencial alcalinizante en rumen de brucite (hidróxido de magnesio) y bicarbonato de sodio en dietas de finalización. 7a. Reunión Anual sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Centro de Convenciones Calafia. Mexicali, B.C., México.
- NRC. 1988. Nutrient Requirements of swine. 4a edición revisada. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC. 1983. Selenium in Nutrition. Subcommittee on Selenium. Committee on Animal Nutrition. Board of Agriculture, National Research Council, Washington, D.C.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 6a edición revisada. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep, 5a edición revisada. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC. 1989. Nutrient Requirements of Dairy cow, 5a edición revisada. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 6a edición revisada. National Academy Press. Washington, D.C.
- National Cottonseed Products Association (NCPA). 2002.  
<http://www.cottonseed.com/enespanol/glossary.asp>.
- Ngapo, T., Wilkinson, B., Chong, R., Hasiman, D. 1992. Gelation of bovine protein induced by 1,5-gluconolactone. En: 38th International Congress of Meat Science and Technology, Clermod-Ferrand, Francia, pp. 1095-1098.
- O'Dea, J.D., Agar, N.S., 1990. Glutathione and 2,3-diphosphoglycerate in the blood of hypoxic ruminants. *Res. Vet. Sci.* 29:153-156.
- Pearce, K.N., Kinsella, J.E. 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. and Food Chem.* 26:716-722.
- Ramírez, B.E., Tórtora, J.L., Aguirre, A., Hernández, L.M. 2001. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican Plateau. *Small Rumin. Res.* 41:81-85.
- Ramírez, J.E., Zinn, R.A. 2000. Interaction of dietary magnesium level on the feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 78:2072-2080.

- Ramirez, J.E., Alvarez, E.G., Montaña M., Shen, Y., Zinn, R.A. 1998. Influence of dietary magnesium level on growth-performance and metabolic response of Hostein steers to laidlomycin propionate. *J. Anim. Sci.* 76:1753-1759.
- Rosmini M.R., Pérez Alvarez, J.A., Fernández López, J. 2000. Nuevas Tendencias en la Tecnología e Higiene de la Industria Cárnica. Universidad Miguel Hernández. España. pp. 11, 43-49.
- SAGARPA. 2004.  
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/Pecuario/Produccion/2004/resmen2004.pdf>
- SAGARPA, 2005. <http://www.sagarpa.gob.mx/DesktopServlet>
- SAGARPA,2005  
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/Pecuario/Avance/resumen1.pdf>
- SAS, 1990. User's Guide. Statistical Analysis System Institute Inc. Raleigh, North Carolina.
- Schrauzer, N.G. 1999. Selenio y Salud Humana: la relación del estatus del selenio con el cáncer y las enfermedades virales, Engormix.  
[http://www.engormix.com/s\\_articles\\_view.asp?art=146&AREA=GDC](http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=146&AREA=GDC)
- Shamberguer, J.R. 1981. Biochemistry of Selenium. Plenum Press. Nueva York.
- Souness, J.E., Stouffer, J.E., Chagoya V. 1983. The effect of selenium-deficiency on rat-cell glucose oxidation. *Biochem. J.* 214:471-477.
- Stowe, H.D., Herdt, T.M. 1992. Clinical assessment of selenium status of livestock. *J. Anim. Sci.* 70:3928-3933.
- Subcomisión para Ovinos. 1979. Necesidades Nutritivas de los Ovinos. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 8-25.
- Tapia, S.M., Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Harris A., Smith T.K. 2002. ¿Son las aminos biogénicas responsables de reducir el rendimiento del camarón azul? *ciencia uanl/vol. V, no. 2, abril-junio.*  
<http://www.uanl.mx/publicaciones/ciencia-uanl/vol5/2/pdfs/sonlasaminas.pdf>
- Tasker, J.B. 1992. Current options in selenium supplementation. Proceedingd of the 22nd Seminar of the Sheep and Beef Cattle Society. New Zealand Veterinary Association incorporating the NZVA Conference. Publication No. 154. pp. 53-59.

- Tchoukalova, Y.D., Grider A., Mouat M.F., Gary H.J. 1999. Priming with magnesium deficient media inhibits preadipocyte differentiation via potential upregulation of tumor necrosis factor alpha. *Agric. Res. Serv.* 6:15.
- Totosaus, A., Gault, N., Guerrero, I., 2000. Dynamic rheological behavior of meat proteins during acid-induced gelation. *Int. J. Food Prop.* 3(3):465-472.
- Ullrey, D.E. 1992. Basis for regulation of selenium supplements in animal diets. *J. Anim. Sci.* 70:3922-3927.
- Ullrey, D.E., Brady, P.S., Whetter, P.H., Kupo, K., Magee, W.T. 1977. Selenium supplementation of diets for sheep and beef cattle. *J. Anim. Sci.* 45:559.
- Underwood, E.J., Suttle, N.N. 2003. *Los Minerales en la Nutrición del Ganado.* 3a edición. Editorial Acribia. España. pp. 151-185, 431- 486.
- Vernon, R.G. 1986. The growth and metabolism of adipocytes. En: *Control and Manipulation of Animal Growth.* Buttery, P.J., Haynes, N.B., Lindsay, D.B. (compiladores). Butterworths, Londres. pp. 67-84.
- Weizhong, C., Uden, P. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fibre. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74:281.
- Wilson, J. 1981. *Particles in Sources of Magnesium.* Thesis Dissertation. Universidad de Florida, Gainesville.
- Wolin, M.J. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 43:1452.
- Zinn, R.A. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767.
- Zinn, R.A., Shen Y., Adam C.F., Tamayo M., Rosalez, J. 1996. Influence of dietary magnesium level on metabolic and growth-performance responses of feedlot cattle to laidlomycin propionate. *J. Anim. Sci.* 74: 1462.
- Zinn, R.A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66:213.
- Zinn, R.A., Owens F.N. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66:157-166.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Descripción de la escala de clasificación de las canales ovinas en la Unión Europea, según su conformación (Reglamento 461/93 de la Comisión Europea) (Cañeque, 2000).

Clases de estado de conformación	Descripción general de la canal	Disposiciones complementarias
S Superior	Todos los perfiles muy convexos. Desarrollo muscular excepcional con dobles músculos.	Cuartos traseros con doble musculatura. Perfiles extremadamente convexos. Lomo extremadamente convexo, extremadamente ancho y extremadamente grueso.
E Excelente	Todos los perfiles de convexos a muy convexos. Desarrollo muscular excepcional.	Cuartos traseros muy gruesos. Perfiles muy convexos. Lomo muy convexo, muy ancho y muy grueso hasta la paletilla. Paletilla muy gruesa y muy convexa.
U Muy buena	Perfiles convexos en conjunto. Fuerte desarrollo muscular.	Cuartos traseros gruesos, perfiles convexos. Lomo ancho y grueso hasta la paletilla. Paletilla gruesa y convexa.
R Buena	Perfiles rectilíneos en conjunto. Buen desarrollo muscular.	Cuartos traseros perfiles generalmente rectilíneos. Lomo grueso pero menos ancho hasta la paletilla. Paletilla bien desarrollada pero menos gruesa.
O Menos buena	Perfiles rectilíneos o cóncavos. Desarrollo muscular medio.	Cuartos traseros perfiles con tendencia a ser ligeramente cóncavos. Lomo escasa anchura y grosor. Paletilla con tendencia a ser estrecha escaso grosor.
P Inferior	Perfiles cóncavos o muy cóncavos. Escaso desarrollo muscular.	Cuartos traseros perfiles cóncavos o muy cóncavos. Lomo estrecho y cóncavo, con los huesos aparentes. Paletilla estrecha, plana y con los huesos aparentes.

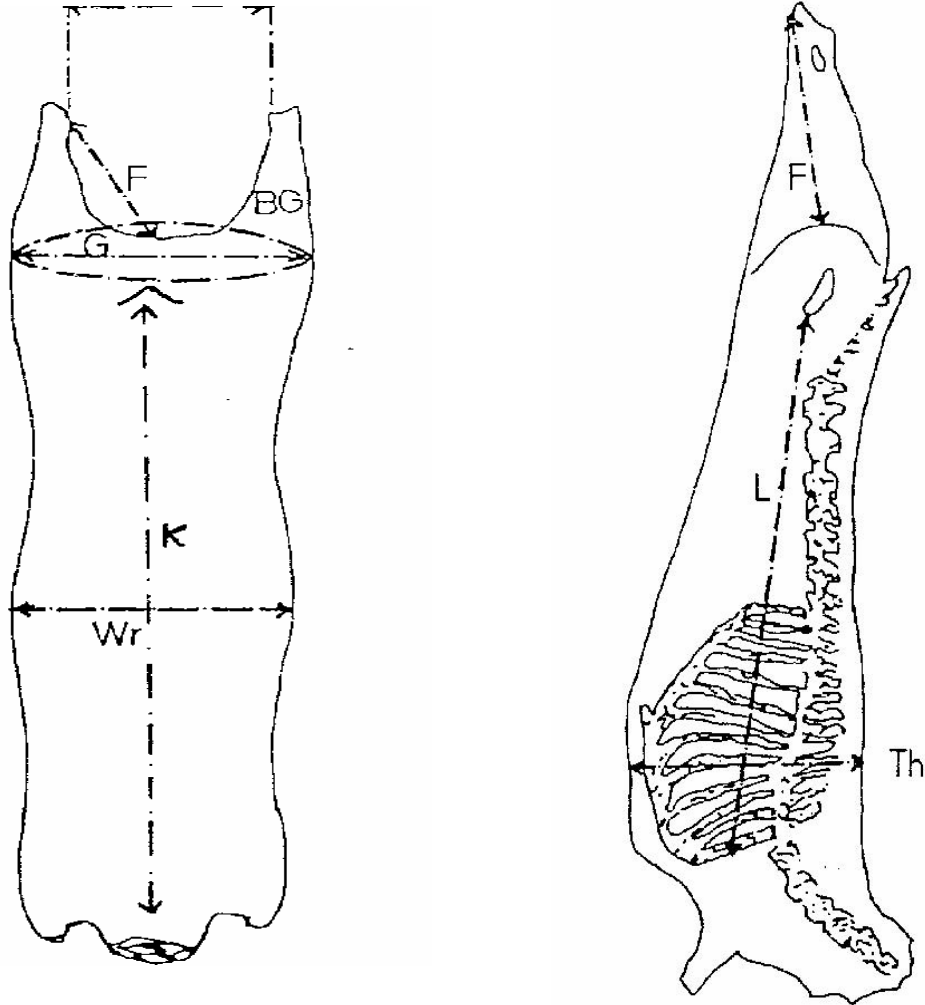
## ANEXO 2

### Descripción de la escala de clasificación de las canales ovinas de mas de 13 kg en la UE, según su estado de engarzamiento (Reglamento (CEE) N.º 461/93) (Cañeque, 2000).

Clase de cobertura grasa	Descripción general de la grasa de cobertura	Disposiciones complementarias
1 Muy escasa	Cobertura grasa inexistente o muy ligera.	Externa. Presencia escasa o nula de grasa. Interna. Abdominal, presencia escasa o nula de grasa en los riñones. Torácica, presencia escasa o nula entre as costilla.
2 Escasa	Ligera cobertura grasa; carne casi siempre aparente.	Externa. Una capa muy fina de grasa cubre parte de la canal, aunque puede ser menos apreciable en los miembros. Interna, abdominal, riñones con presencia escasa de grasa o cubiertos parcialmente por una capa muy fina de grasa. Torácica, músculos claramente visibles entre las costilla.
Clase de cobertura grasa	Descripción general de la grasa de cobertura	Disposiciones complementarias
3 Media	Músculos con excepción de los cuartos traseros y la paletilla, casi siempre cubiertos de grasa; pequeños cúmulos de grasa en la cavidad torácica.	Externa. Una capa fina de grasa cubre toda la canal o la mayor parte de la misma. Zonas de grasa ligeramente más espesa en la base del rabo. Interna, abdominal, una capa fina de grasa cubre total o parcialmente los riñones, torácica, músculos aun visibles entre las costillas.
4 Importante	Músculos cubiertos de grasa, pero aun parcialmente visibles en los cuartos traseros y la paletilla; cúmulos apreciables de grasa en la cavidad torácica.	Externa. Una capa espesa de grasa cubre toda la canal o la mayor parte de la misma, aunque puede ser mas delgada en los miembros y mas espesa en las paletillas. Interna, abdominal, riñones cubiertos de grasa. Torácica, los músculos entre las costillas pueden presentar infiltraciones de grasa. Pueden apreciarse depósitos en las costillas.
5 Muy importante	Canal cubierta por completo de grasa espesa; importantes cúmulos de grasa en la cavidad torácica.	Externa. Canal cubierta por completo de grasa espesa; importantes cúmulos de grasa en la cavidad torácica. Interna, abdominal, riñones cubiertos de una capa espesa de grasa. Torácica, los músculos entre las costillas presentan infiltraciones de grasa. Se aprecian depósitos de grasa en las costillas.

### ANEXO 3

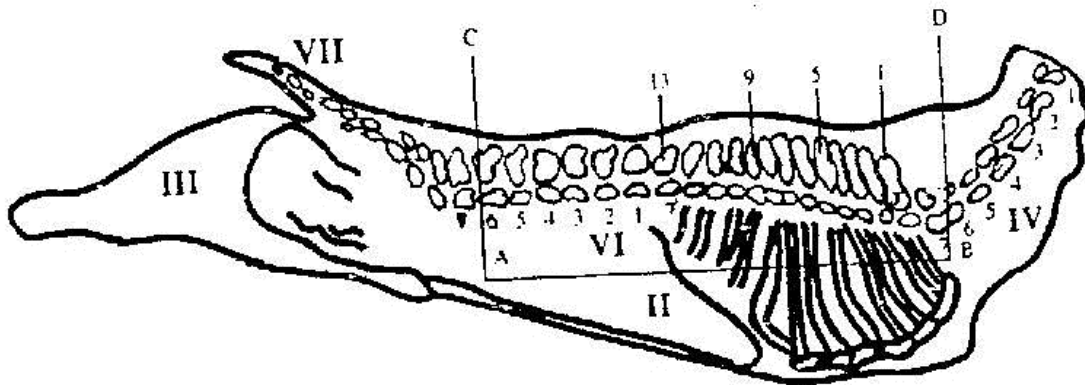
Medidas de la conformación de la canal (Daza, 1997; Cañeque, 2000)



- K - Longitud externa de la canal
- L - Longitud interna de la canal
- F - Longitud de la pierna
- G - Anchura de grupa
- Wr - Anchura de torax
- Th - Profundidad del torax
- Bc - Perímetro de la grupa

## ANEXO 4

### Despiece de canal de ovino (cortes españoles)



- I. Espalda o paletilla cuya separación esta definida por cuatro líneas de corte
- II. Bajos, falda o pecho.
- III. Pierna.
- IV. Cuello
- V. Costillar
- VI. Badal o costillas descubiertas o de aguja.
- VII. Cola.



## ANEXO 5

### Despiece de la media canal de los tipos comerciales de ovinos españoles

Piezas	Lechal (Churro)	Ternasco (Raso)	Cebo precoz (Raso)	Cebo pesado (FL x Raso)	Ovino mayor (Raso)
	35.0	34.7	33.3	33.2	33.3
Pierna (%)					
Costillas (%)	19.9	19.3	22.7	21.9	22.3
Badal (%)	7.0	7.0	7.1	7.2	8.1
Espalda (%)	21.9	21.5	19.8	19.8	19.51
Cuello (%)	6.8	7.2	6.9	7.2	7.1
Bajos (%)	9.4	10.3	10.2	10.7	9.7
Peso media canal (g)	2,786	4,636	6,696	9,395	7,552

FL. Fleischschaf.

## ANEXO 6

### Despiece de la media canal de corderos merinos

Piezas (gramos)	Peso Vivo y Peso Canal ( ) en kg		
	12.9 (6.2)	24.7 (11.5)	29.2 (13.5)
Pierna	1.047	1.920	2.216
Lomo	327	735	888
Chuletas centro	303	596	750
Chuletas aguja	245	370	410
Espalda	611	1.161	1.297
Pecho	259	487	580
Cuello	278	483	620

**ANEXO 7**  
**Norma de clasificación de ovino (México)**

**NMX-FF-106-SCFI-2006**  
**PRODUCTOS PECUARIOS - CARNE DE OVINO EN CANAL -**  
**CLASIFICACIÓN**  
**LIVESTOCK PRODUCTS - SHEEP CARCASS - CLASSIFICATION**  
**NMX-FF-106-SCFI-2006**

**PREFACIO**

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes asociaciones, organismos, empresas e instituciones:

ASOCIACIÓN MEXICANA DE CRIADORES DE OVINOS  
ASOCIACIÓN MEXICANA DE TÉCNICOS ESPECIALISTAS EN  
OVINOCULTURA A. C. (AMTEO)  
ASOCIACIÓN NACIONAL DE ESTABLECIMIENTOS TIPO INSPECCIÓN FEDERAL, A.  
C. (ANETIF)  
CÁMARA DE COMERCIO DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
COLEGIO DE POSTGRADUADOS  
Instituto de Recursos Genéticos y Productividad  
Programa Interdisciplinario en Agroindustria  
COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS,  
PECUARIOS Y FORESTALES (CTNNPAPF)  
Subcomité Pecuario  
CONFEDERACIÓN NACIONAL DE ORGANIZACIONES GANADERAS  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y  
PECUARIAS (INIFAP)  
Coordinación de Investigación, Innovación y Vinculación  
FRIGORÍFICOS DE CARNE S. A. de C. V.

- INTEGRADORA INDUSTRIAL CAIVO, S. A DE C. V.
- INSTITUTO MEXICANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, A. C.  
(IMNC)
- ORGANISMO DE CERTIFICACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS TIPO  
INSPECCIÓN FEDERAL (OCETIF)
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL  
PESCA Y ALIMENTACIÓN  
Coordinación General de Ganadería  
Dirección General de Fomento a la Agricultura  
Servicio Nacional De Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)
- SECRETARÍA DE DESARROLLO ECONÓMICO D. F.  
Dirección General de Abasto, Comercio y Distribución
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA  
Dirección General de Normas
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA Unidad Iztapalapa  
Departamento de Biotecnología
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ)  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. (FES-CUAUTILÁN)

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

### Número del capítulo Página

0	Introducción	1
1	Objetivo	1
2	Campo de aplicación	2
3	Referencias	2
4	Definiciones	3
5	Características de las canales	6
6	Especificaciones	8
7	Clasificación de las canales	8
8	Métodos de prueba	12
9	Especificaciones sanitarias	13
10	Sellado en canales de ovino	13
11	Etiquetado en canales de ovino	13
12	Bibliografía	15
13	Concordancia con normas internacionales	17

## PRODUCTOS PECUARIOS - CARNE DE OVINO EN CANAL - CLASIFICACIÓN LIVESTOCK PRODUCTS - SHEEP CARCASS - CLASSIFICATION

### 0 INTRODUCCIÓN

Dada la necesidad manifiesta de los productores, comercializadores, industriales, prestadores de servicios, investigadores, académicos y dependencias del sector público relacionados con la cadena productiva ovinos por desarrollar las especificaciones y la clasificación de las canales de esta especie con el fin de enfocar sus esfuerzos hacia la consecución de una mejor calidad de las mismas y debido a la creciente preferencia de los consumidores de carne de ovino, por obtener seguridad en los productos mediante esquemas de clasificación que permitan al público consumidor identificar las opciones de compra con base en sus preferencias de consumo, se desarrolla la presente norma, en el seno del Subcomité Pecuario del Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas, Pecuarios y Forestales.

### 1 OBJETIVO

Esta norma mexicana tiene como propósito orientar y fortalecer la cadena de producción, transformación, comercialización y consumo de carne de ovino, a través de la definición de las características de calidad que deben reunir las canales para su comercialización.

### 2 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana de clasificación de carne de ovino en canal, es de cobertura nacional y se aplica en las plantas de sacrificio y rastros registrados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), que operen bajo las condiciones de sanidad e higiene establecidas en la norma oficial mexicana NOM-008-ZOO (ver 3 de Referencias).

### 3 REFERENCIAS.

Para la correcta aplicación de la presente norma mexicana, se deben consultar las siguientes normas oficiales mexicanas y normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

- NOM-008-ZOO-1994 Especificaciones Zoosanitarias para la Construcción y Equipamiento de Establecimientos para el Sacrificio de Animales y los dedicados a la Industrialización de Productos Cárnicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1994.
- NOM-009-ZOO-1994 Proceso Sanitario de la Carne, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1994.
- NOM-024-ZOO-1995 Especificaciones y Características Zoosanitarias para el Transporte de Animales, sus Productos y Subproductos, Productos Químicos, Farmacéuticos, Biológicos y Alimenticios para uso en Animales o Consumo por éstos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de octubre de 1995.
- NOM-030-ZOO-1995 Especificaciones y Procedimientos para la Verificación de Carne, Canales, Vísceras y Despojos de Importación en Puntos de Verificación Zoosanitaria, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 1996.
- NOM-033-ZOO-1995 Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio de 1996.

#### **4 DEFINICIONES**

Para la correcta interpretación de esta norma, se establecen las siguientes definiciones:

##### **4.1 Cordero**

Es el animal macho o hembra con dientes temporales (dientes de leche).

##### **4.1.1 Cordero lechal**

Es el animal macho o hembra con una edad hasta de 45 días, alimentado con leche y con un peso en canal hasta de 6 kg incluyendo la cabeza.

##### **4.1.2 Cordero liviano**

Es el animal macho o hembra con dientes temporales, un peso en pie hasta de 38 kg y un peso en canal no mayor a 18 kg.

##### **4.1.3 Cordero pesado**

Es el animal macho o hembra con dientes temporales, un peso en pie mayor a 38 kg y un peso en canal mayor a 18 kg.

##### **4.2 Borrego primal**

Es el animal macho o hembra que ha mudado de uno a cuatro dientes incisivos (palas o pinzas y primeros medianos).

##### **4.3 Borrego adulto**

Es el animal macho o hembra que ha mudado más de cuatro dientes incisivos hasta formar boca completa (ocho incisivos).

##### **4.4 Animales de desecho**

Ovinos de cualquier edad y sexo que han sido retirados de la explotación por causas diversas que ocasionan improductividad.

##### **4.5 Canal**

Es el cuerpo del animal desprovisto de piel, cabeza, patas y vísceras, excepto los riñones.

##### **4.5.1 Media canal**

Es cada una de las partes resultantes del corte longitudinal a lo largo de la línea media dorsal (columna vertebral) de la canal.

##### **4.5.2 Canal de ovino**

Cuerpo del animal sacrificado, desangrado y sin piel, abierto a lo largo de la línea media desde el xifoides hasta el pubis; separado de la cabeza a nivel de la articulación atlanto-occipital y de los miembros anteriores a nivel de la articulación carpo metacarpiana y de

los miembros posteriores a nivel de la articulación tarso metatarsiana; sin vísceras, excepto los riñones y grasa perirrenal.

#### 4.5.3 Canal caliente

Es la canal inmediatamente después del proceso de sacrificio y faenado, previa al lavado final de la misma.

#### 4.5.4 Canal fría

Es la canal que permanece en un sistema de conservación físico, que le permite alcanzar una temperatura, en el centro de las masas musculares entre 0°C y 4°C, a las 24 h después del sacrificio.

#### 4.6 Pesos

##### 4.6.1 Peso en pie

Es el peso expresado en kilogramos de un ovino al sacrificio.

##### 4.6.2 Peso de la canal caliente

Es la cantidad expresada en kilogramos de una canal después del proceso de sacrificio y faenado, previa al lavado final de la misma.

##### 4.6.3 Peso de la canal fría

Es la cantidad expresada en kilogramos de una canal que permanece en un sistema de conservación físico, que le permite alcanzar una temperatura, en el centro de las masas musculares entre 0°C y 4°C, a las 24 h después del sacrificio.

#### 4.7 Carne

Es la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos autorizada para el consumo humano.

#### 4.8 Grasa

Es el tejido conectivo adiposo de la canal que puede ser de cobertura, cavitaria e infiltrada.

##### 4.8.1 Grasa de cobertura

Es la grasa superficial presente en la canal.

##### 4.8.2 Grasa cavitaria

Es la grasa que se acumula alrededor de las vísceras y de las paredes de las cavidades internas del cuerpo del animal, (torácica, abdominal y pélvica). La grasa perirrenal es la que recubre a los riñones.

##### 4.8.3 Grasa infiltrada

Es la grasa inter e intramuscular. Esta grasa entreverada da lugar a la apariencia de mármol o marmoleo.

#### 4.9 Planta tipo inspección federal (Planta TIF)

Establecimiento dedicado al sacrificio de animales así como a la industrialización de productos alimenticios que cumplen con lo descrito en el Capítulo 4 de la norma oficial mexicana NOM-008-ZOO (ver 3 de Referencias).

#### 4.10 Rastro registrado

Establecimiento dedicado al sacrificio de animales de abasto y que cumple con lo señalado en el Capítulo 4 de la norma oficial mexicana NOM-008-ZOO (ver 3 Referencias).

#### 4.11 Clasificador

Persona capacitada y certificada para realizar la labor de la clasificación de canales de ovino.

#### 4.12 Calidad de la canal

Se refiere a los atributos o características deseables de la carne para el consumo humano y cuya evaluación da lugar a los distintos grados de clasificación.

#### 4.13 Defectos de la canal

Presencia de alteraciones en el color, consistencia, pérdida de materia, errores en el faenado, traumatismos y patologías sobre las distintas partes de la canal, que repercuten en la calidad de la misma.

#### 4.14 Clasificación de las canales

Es la determinación del grado de calidad de la canal, después de haber sido sometida a un proceso de inspección directo e indirecto (con equipo de medición), con base en los indicadores o lineamientos establecidos en la presente norma.

### 5 CARACTERÍSTICAS DE LAS CANALES

#### 5.1 Conformación de la canal

Es la forma y volumen general del cuerpo del animal ya sacrificado en su presentación como “canal caliente” o “canal fría”, tomando como base el contorno de la canal. Esta se determinará visualmente de acuerdo a un patrón fotográfico, (ver figura 1).

La conformación se clasifica en tres tipos:

##### 5.1.1 Excelente.

Canales con músculos gruesos y amplios en comparación con la longitud de la misma; amplio llenado de las piernas y los cuartos delanteros.

##### 5.1.2 Buena.

Canales con músculos moderados en comparación con la longitud de la misma; piernas y cuartos delanteros moderadamente delgados.

##### 5.1.3 Deficiente.

Canales con músculos delgados en comparación con la longitud de la misma; piernas y cuartos delanteros delgados y cóncavos.

### 6 ESPECIFICACIONES

#### 6.1 Especificaciones determinadas para la Clasificación de Canales de Ovino

El producto objeto de esta norma debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 1.

**TABLA 1.- Especificaciones para la Clasificación de Canales de Ovino**

Parámetros		Cordero		Borrego		Adulto
		Lechal	Liviano	Pesado	Primal	
Peso en pie al sacrificio (kg)	hasta 12	hasta 38	más de 38	NA	NA	
Peso en canal (kg)	hasta 6	hasta 18	más de 18	NA	NA	
Grasa de Cobertura	Perirrenal abundante	De 1 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 5 a 10 mm	de 5 a 10 mm	
		de 4 a 6 mm	de 7 a 10 mm	de 11 a 15 mm	de 11 a 15 mm	
		de 7 a 10 mm	de 11 a 15 mm	más de 15 mm	más de 15 mm	
Edad	hasta 45 días	hasta dientes temporales	hasta dientes temporales	de 1 a 4 incisivos permanentes	de 5 a 8 incisivos permanentes	

Notas: 1) Para la medición de la grasa se debe utilizar el método de prueba para la determinación de grasa, descrito en el punto 8.

2) NA: No aplica.

## **7 CLASIFICACIÓN DE LAS CANALES**

7.1 Para los efectos de la presente norma, las canales de ganado ovino se clasifican de acuerdo a los siguientes grados de calidad:

- MEXICO EXTRA (MEX EXT)
- MÉXICO 1 (MEX 1)
- MÉXICO 2 (MEX 2))
- FUERA DE CLASIFICACIÓN (F/C)

### 7.1.1 México Extra (MEX EXT)

Son aquellas canales procedentes de:

- Cordero lechal.
- Corderos livianos con grasa superficial de 1 mm a 3 mm y conformación excelente.
- Corderos pesados con grasa superficial de 3 mm a 6 mm y conformación excelente.

### 7.1.2 México 1 (MEX 1)

Son aquellas canales procedentes de:

- Corderos livianos con grasa superficial de 1 mm a 3 mm y conformación buena; con grasa superficial de 4 mm a 6 mm y conformación excelente o buena.
- Corderos pesados con grasa superficial de 3 mm a 6 mm y conformación buena; con grasa superficial de 7 mm a 10 mm y conformación excelente o buena.
- Borrego primal con grasa superficial de 5 mm a 10 mm y conformación excelente.

### 7.1.3 México 2 (MEX 2)

Son aquellas canales procedentes de:

- Corderos livianos con grasa superficial de 1 mm a 3 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 4 mm a 6 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 7 mm a 10 mm y conformación excelente, buena o deficiente.
- Corderos pesados con grasa superficial de 3 mm a 6 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 7 mm a 10 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 11 mm a 15 mm y conformación excelente, buena o deficiente.
- Borrego primal con grasa superficial de 5 mm a 10 mm y conformación buena; con grasa superficial de 11 mm a 15 mm y conformación excelente o buena.
- Borrego adulto con grasa superficial de 5 mm a 15 mm y conformación excelente.

### 7.1.4 Fuera de Clasificación (F/C)

Son aquellas canales que quedan fuera de los grados de calidad antes mencionados.

### 7.1.5 No Clasificada

Se le asigna la denominación de No Clasificada a aquella canal cuyo propietario elija que ésta no entre al proceso de clasificación conforme a la presente norma.

## 7.2 Clasificación de las Canales de Ovinos con base en la Relación Grasa-Conformación

Las canales de ovinos con base en la relación grasa-conformación se clasifican de acuerdo a lo establecido en la tabla 2.

**TABLA 2.- Clasificación de las Canales de Ovino con base en la Relación Grasa/Conformación**

<b>CORDEROS LIVIANOS</b>			
<b>Grasa</b>	<b>CONFORMACIÓN</b>		
	<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENA</b>	<b>DEFICIENTE</b>
1-3 mm	MEX EXT	MEX 1	MEX 2
4-6 mm	MEX 1	MEX 1	MEX 2
7-10 mm	MEX 2	MEX 2	MEX 2
Mas de 10 mm	F/C	F/C	F/C
<b>CORDEROS PESADOS</b>			
<b>Grasa</b>	<b>CONFORMACIÓN</b>		
	<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENA</b>	<b>DEFICIENTE</b>
3-6 mm	MEX EXT	MEX 1	MEX 2
7-10 mm	MEX 1	MEX 1	MEX 2
11- 15 mm	MEX 2	MEX 2	MEX 2
Mas de 15 mm	F/C	F/C	F/C
<b>BORREGO PRIMAL</b>			
<b>Grasa</b>	<b>CONFORMACIÓN</b>		
	<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENA</b>	<b>DEFICIENTE</b>
5-10 mm	MEX 1	MEX 2	F/C
11-15 mm	MEX 2	MEX 2	F/C
Mas de 15 mm	F/C	F/C	F/C
<b>BORREGO ADULTO</b>			
<b>Grasa</b>	<b>CONFORMACIÓN</b>		
	<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENA</b>	<b>DEFICIENTE</b>
5-15 mm	MEX 2	F/C	F/C
Mas de 15 mm	F/C	F/C	F/C

7.3 La clasificación se realiza exclusivamente en aquellas canales que han sido inspeccionadas y aprobadas de acuerdo a las regulaciones aplicables.

7.4 La clasificación de las canales se realizará al final de la línea de sacrificio en un área específica.

## **8 MÉTODOS DE PRUEBA**

### **8.1 Medición de la Grasa**

8.1.1 La medición del espesor de la grasa de cobertura se realiza mediante el uso de una regla de acero inoxidable especialmente diseñada para este fin.

8.1.2 La determinación de la grasa se realiza insertando perpendicularmente la regla sobre la doceava costilla a 11cm de la línea media de la canal, en cualquiera de los lados derecho o izquierdo de la canal (ver figura 2).

Antes de la determinación de la grasa, la canal deberá permanecer en refrigeración entre 1,5 h y 2 h aproximadamente, para permitir que la grasa se solidifique y evitar errores en la determinación.

### **FIGURA 2.- Vista transversal de la canal en la doceava costilla**

## **9 ESPECIFICACIONES SANITARIAS**

Las canales de ovinos deben cumplir con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-009-ZOO (ver 3 Referencias), así como con cualquier reglamentación vigente y aplicable a la carne de ovinos.

## **10 SELLADO EN CANALES DE OVINO**



Son los sellos oficiales establecidos por la normatividad vigente y que aplica en los establecimientos dedicados al sacrificio de animales, así como a la industrialización de productos alimenticios que cumplan con lo descrito en el capítulo 10 de la norma oficial mexicana NOM-009-ZOO (ver 3 Referencias).

**11 ETIQUETADO EN CANALES DE OVINO**

**11.1** Es la identificación del grado de calidad de la canal que se da mediante el uso de una etiqueta (ver figura 3) que especifica el grado de la misma, colocada en el corvejón.

**11.2** Los colores establecidos para las etiquetas que especifican el grado de calidad de la canal se basan en los siguientes colores:

Grado de Calidad	Color
MÉX EXT	ROJO
MÉX 1	ROSA
MÉX 2	AMARILLO
FUERA DE CLASIFICACIÓN	BLANCO

**11.3** Las etiquetas deben contener como mínimo, la siguiente información:

- Nombre del Propietario
- Grado de Calidad
- Tipo de animal
- Fecha de sacrificio
- Peso de la canal
- Grasa expresada en mm
- Conformación
- Sexo del animal
- Número de planta o establecimiento TIF

**NMX-FF-106-SCFI-2006 14/17**

<b>MÉX EXT</b>	<b>CORDERO</b> LECHAL LIVIANO PESADO X	<b>BORREGO</b> PRIMAL ADULTO
	FECHA SACRIFICIO: 29/NOV/2005 PESO CANAL kg 15 GRASA SUPERFICIAL mm: 2 CONFORMACIÓN: EXCELENTE SEXO: MACHO	PROPIETARIO:..... MANTENGASE EN REFRIGERACIÓN MÉXICO  <b>TIF 0000</b>

<b>MÉX</b> <b>1</b>	<b>CORDERO</b> LECHAL LIVIANO PESADO X	<b>BORREGO</b> PRIMAL ADULTO
	FECHA SACRIFICIO: 29/NOV/2005 PESO CANAL kg 15 GRASA SUPERFICIAL mm: 5 CONFORMACIÓN: EXCELENTE SEXO: MACHO	PROPIETARIO:..... MANTENGASE EN REFRIGERACIÓN MÉXICO <b>TIF 0000</b>

<b>MÉX</b> <b>2</b>	<b>CORDERO</b> LECHAL LIVIANO PESADO X	<b>BORREGO</b> PRIMAL ADULTO
	FECHA SACRIFICIO: 29/NOV/2005 PESO CANAL kg 15 GRASA SUPERFICIAL mm: 8..... CONFORMACIÓN: EXCELENTE SEXO: MACHO	PROPIETARIO:..... MANTENGASE EN REFRIGERACIÓN MÉXICO <b>TIF 0000</b>

<b>F/C</b>	<b>CORDERO</b> LECHAL LIVIANO PESADO X	<b>BORREGO</b> PRIMAL ADULTO
	FECHA SACRIFICIO: 29/NOV/2005 PESO CANAL kg 15 GRASA SUPERFICIAL mm: 13 CONFORMACIÓN: DEFICIENTE SEXO: MACHO	PROPIETARIO:..... MANTENGASE EN REFRIGERACIÓN MÉXICO <b>TIF 0000</b>

**FIGURA 3. Ejemplo de etiquetas para la clasificación de canales de ovino**

#### **11 BIBLIOGRAFÍA**

- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- NOM-008-ZOO-1994 Especificaciones Zoonosanitarias para la Construcción y Equipamiento de Establecimientos para el Sacrificio de Animales y los dedicados a la Industrialización de Productos Cárnicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1994.

- NOM-009-ZOO-1994 Proceso Sanitario de la Carne, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1994.
- NOM-024-ZOO-1995 Especificaciones y Características Zoosanitarias para el Transporte de Animales, sus Productos y Subproductos, Productos Químicos, Farmacéuticos, Biológicos y Alimenticios para uso en Animales o Consumo de éstos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de octubre de 1995.
- NOM-030-ZOO-1995 Especificaciones y Procedimientos para la Verificación de Carne, Canales, Vísceras y Despojos en Puntos de Verificación Zoosanitaria, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 1996.
- NOM-033-ZOO-1995 Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres, , publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio de 1996.
- NMX-Z-013/1-1977 Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Mexicanas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1977.
- Peláez, Valdez Héctor Clasificación de Canales y Calidad de Carne, Curso de Clasificación de Calidad de Canales en Ovinos, del 15-17 de febrero de 2005, Puebla, Pue.
- Ramírez, Bribiesca Efrén Factores que Afectan la Calidad y Composición de la Canal y Carne Ovina, Curso de Clasificación de Calidad de Canales en Ovinos, del 15-17 de febrero de 2005, Puebla, Pue.
- Ramírez, Bribiesca Efrén Calidad de la Canal y Carne de Ovinos en México, Curso de Clasificación de Calidad de Canales en Ovinos, del 15-17 de febrero de 2005, Puebla, Pue.
- Delfa, Belenguer Rafael Clasificación de Canales Ovinas en la C.E.E., El Quinto Cuarto, Unidad de Tecnología en Producción Animal, Zaragoza, España.
- Guide to lamb and mutton carcass classification, New Zealand Meat, 1995, New Zealand.
- Dennis E Burson, Ted H. Doane, Yield Grades and Quality Grades for Lamb Carcasses. <http://ianrpubs.unl.edu/sheep/g675.htm>. Diciembre 2005.
- Hui Y.H., Guerrero I., Rosmini M. 2006. Ciencia y Tecnología de Carnes. Editorial Limusa. México.

**13 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.**

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

**México D.F., a  
MIGUEL AGUILAR ROMO  
DIRECTOR GENERAL**

**RCG/OMF/DLR.**

**Norma de clasificación de ovinos (España)**

Nombre de la norma: Norma de calidad para canales de ovino.

Objeto de la norma: Definir las condiciones y características que deben cumplir las canales de ovino para su adecuada clasificación por calidad.

Ámbito de aplicación: La presente norma se aplicara a las canales de ovino que se comercialicen en el territorio nacional.

Definición de la canal: La canal es el cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, separada la cabeza a nivel de la articulación occisito-atloidea y sin extremidades, que se cortaran a nivel de las articulaciones carpometacarpiana y tarso-metatarsiana. Conservara la cola, los pilares, la porción periférica carnosa del diafragma, los testículos, los riñones y la grasa riñonada y de la cavidad pélvica; las mamas se separarán en las hembras adultas. La canal congelada irá desprovista de los testículos, de los riñones y de la grasa pélvica y de riñonada. Las canales para su comercio y venta deberán estar limpias y debidamente selladas por la inspección veterinaria.

Factores de clasificación

Objetivos

5.1.1. Peso. El de la canal entera, faenada según el punto 4, siempre que no haya transcurrido una hora desde el momento del sangrado.

5.1.2. Edad. Se apreciará por los caracteres externos del animal y grado de osificación en la canal.

5.2. Subjetivos.

5.2.1. Conformación de la canal. Conjunto de caracteres morfológicos que se resumen en líneas, perfiles y ángulos corporales. Se apreciara por el desarrollo muscular de la pierna, paletilla y lomo, que se concreta en los siguientes perfiles.

a) Cóncavo

- b) Subcóncavo
- c) Rectilíneo
- d) Convexo

5.2.2. Cobertura grasa. Cantidad y distribución de la grasa superficial sobre la canal.

5.2.3. Grasa cavitaria. Se apreciara por el grado de recubrimiento de los riñones.

5.2.4. Color de la carne. Podrá variar dentro de las tonalidades normales, admitiéndose las siguientes:

Blanco nacarado.

Rosa pálido.

Rosado.

Rojo claro.

Rojo.

5.2.5. Color del tejido adiposo. Podrá variar dentro de las tonalidades normales, admitiéndose las siguientes:

Blanco.

Cre moso.

Amarillento.

5.2.6 consistencia y grado de humedad de la carne. Puede ser:

Firme y seca.

Ligeramente húmeda.

Húmeda y blanda.

Tipos de canales: Se distinguirán los siguientes tipos de canales.

6.1 Lechal: Canales de hasta 8 kg de peso, procedentes de animales alimentados fundamentalmente con leche y una edad inferior a mes y medio. El límite inferior de peso será establecido en las regulaciones de campaña.

6.2 Ternasco: Canales procedentes de animales de una edad inferior a cuatro meses aproximados, la cual se determinará por el hecho de no haber aparecido la segunda cresta del primer molar permanente del maxilar superior. Cuando el peso alcanzado por estas canales supere los 13 kg se determinara ternasco precoz o cordero precoz.

6.3. Pascual: Canales procedentes de animales de mas de cuatro meses de edad.

6.4. Ovino mayor: Canales procedentes de animales de mas de un año de edad.

Clasificación: De la apreciación y valoración de los factores de clasificación en cada uno de los tipos de canales definidos anteriormente se distinguirán las siguientes categorías comerciales.

7.1 Lechal.

7.1.1 Categoría extra. Son las canales de lechal que reunen al menos los siguientes requisitos:

Perfil: rectilíneo.

Cobertura grasa: extensa y uniforme.

Grasa cavitaria: riñón cubierto como mínimo en sus cuatro quintas partes, pero sin acumulo excesivos.

Color de la carne: blanco nacarado.

Color de tejido adiposo: blanco.

Consistencia y grado de humedad de la carne: ligeramente húmeda.

7.1.2. Categoría primera. Son las canales de lechal que reúnen al menos los siguientes requisitos.

Perfil: subcóncavo

Cobertura grasa: uniforme, pudiendo quedar descubierta en la región de la falda.

Grasa cavitaria: excesiva, formando una masa uniforme en las regiones pélvica y renal o escasa, aunque cubriendo como mínimo la mitad del riñón.

Color de la carne: rosa pálido.

Color de tejido adiposo: blanco.

Consistencia y grado de humedad de la carne: ligeramente húmeda.

7.1.3. Categoría segunda: Todas las demás canales de lechal declaradas aptas para el consumo, pero no alcanzan todos los requisitos exigidos en las categorías anteriores.

## 7.2 Ternasco.

7.2.1. Categoría extra. Son las canales de ternasco que reúnen al menos los siguientes requisitos:

Perfil: convexo.

Cobertura grasa: extensa y uniforme.

Grasa cavitaria: riñón cubierto como mínimo en sus cuatro quintas partes, pero sin acumulo excesivos.

Color de la carne: rosado.

Color de tejido adiposo: blanco cremoso.

Consistencia y grado de humedad de la carne: ligeramente húmeda.

7.2.2. Categoría primera. Son las canales de ternasco que reúnen al menos los siguientes requisitos:

Perfil: Rectilíneo.

Cobertura grasa: uniforme, pudiendo quedar descubierta en la región de la falda.

Grasa cavitaria: excesiva, formando una masa uniforme en las regiones pélvica y renal o escasa, aunque cubriendo como mínimo la mitad del riñón.

Color de la carne: rosado.

Color de tejido adiposo: cremoso.

Consistencia y grado de humedad de la carne: ligeramente húmeda.

7.2.3. Categoría segunda: Todas las demás canales de lechal declaradas aptas para el consumo, pero no alcanzan todos los requisitos exigidos en las categorías anteriores.

### 7.3. Pascual.

7.3.1 Categoría extra. Son las canales de pascual que reúnen al menos los siguientes requisitos:

Perfil: convexo.

Cobertura grasa: extensa y uniforme.

Grasa cavitaria: riñón cubierto como mínimo en sus cuatro quintas partes, pero sin acumulo excesivos.

Color de la carne: rosado.

Color de tejido adiposo: cremoso.

Consistencia y grado de humedad de la carne: ligeramente húmeda.

7.3.2. Categoría primera. Son las canales de pascual que reúnen al menos los siguientes requisitos:

Perfil: Rectilíneo.

Cobertura grasa: uniforme, pudiendo quedar descubierta en la región de la falda.

Grasa cavitaria: excesiva, formando una masa uniforme en las regiones pélvica y renal o escasa, aunque cubriendo como mínimo la mitad del riñón.

Color de la carne: rojo pálido.

Color de tejido adiposo: amarillento.

Consistencia y grado de humedad de la carne: ligeramente húmeda.

7.3.3. Categoría segunda: Todas las demás canales de lechal declaradas aptas para el consumo, pero no alcanzan todos los requisitos exigidos en las categorías anteriores.

### 7.4. Ovino Mayor.

7.4.1. Categoría primera. Son las canales de ovino mayor que reúnen al menos los siguientes requisitos:

Perfil: Rectilíneo.

Cobertura grasa: uniforme, pudiendo quedar descubierta en la región de la falda.

Grasa cavitaria: suficiente para cubrir el riñón en toda su extensión o escasa, dejando visible un círculo del mismo inferior a 3 cm de diámetro.

Color de la carne: rojo pálido.

Color de tejido adiposo: amarillento.

Consistencia y grado de humedad de la carne: ligeramente húmeda.

7.4.2. Categoría segunda. Son las canales de ovino mayor que reúnen al menos los siguientes requisitos:

Perfil: subcóncavo.

Cobertura grasa: la capa de grasa de cobertura deberá cubrir como mínimo la mitad de la canal.

Grasa cavitaria: excesiva, formando una masa uniforme en las regiones pélvica y renal o escasa, aunque cubriendo como mínimo la mitad del riñón.

Color de la carne: rojo intenso.

Color de tejido adiposo: amarillo claro.

Consistencia y grado de humedad de la carne: húmeda y blanda.

7.4.3. Categoría tercera: Todas las demás canales de lechal declaradas aptas para el consumo, pero no alcanzan todos los requisitos exigidos en las categorías anteriores.

7.5. Según el peso, los tipos ternasco y pascual se clasificaran en los siguientes grupos:

hasta 11 kg

de 11 a 13 kg.

de 13 a 16 kg.

más de 16 kg.

Marcado: Cada canal se marcara en el centro de los costillares con un sello de tinta indeleble, en el que tendrá que figurar:

un número detrás cifras, en el que las correspondientes a las decenas y unidades sea el número de la semana en el que se realizó el sacrificio y en el lugar de las centenas la última cifra del cardinal del año.

El número del matadero en el Registro de la Dirección General de Sanidad.

Unas siglas de indiquen la clasificación de la canal, de acuerdo con la tabla 14.

#### Siglas que indican la clasificación de la canal

<b>Clasificación</b>	<b>Marcado</b>
Lechal:	
Categoría extra	L E
Categoría primera	L 1
Categoría segunda	L 2
Ternasco	
Categoría extra	T E
Categoría primera	T 1
Categoría segunda	T 2
Pascual	
Categoría extra	P E
Categoría primera	P 1
Categoría segunda	P 2



---

Ovino mayor	
Categoría primera	O 1
Categoría segunda	O 2
Categoría tercera	O 3

---

8. Envasado: Las canales congeladas deberán ir envueltas en lienzo o estoquinetes de algodón, hilo, lino u otros materiales autorizados que no permitan el contacto directo de ninguna parte de la canal con el exterior (Madrid, 1989).

## ANEXO 8

### Dietas de los animales sujetos a investigación

	Tratamientos			
	1	2	3	4
<i>Ingredientes, % MS</i>				
Alfalfa, heno	6	6	6	6
Maíz quebrado	62.55	62.25	62.41	62.11
Desperdicio de pan	10	10	10	10
Pasta de soya	3.4	3.4	3.4	3.4
Sebo	3	3	3	3
Melaza	6	6	6	6
Piedra caliza	1.55	1.55	1.55	1.55
Urea	1	1	1	1
Oxido de magnesio		.30		.30
Selenito de sodio (ppm)			.59	.59
<i>Composición</i>				
EN <sub>m</sub> , Mcal/kg	2.22	2.22	2.22	2.22
EN <sub>g</sub> , Mcal/kg	1.53	1.53	1.53	1.53
Proteína cruda, %	13.2	13.2	13.2	13.2
Extracto etéreo, %	7.3	7.3	7.3	7.3
Calcio, %	0.74	0.74	0.74	0.74
Fósforo, %	0.32	0.32	0.32	0.32
Magnesio, %	0.19	0.32	0.19	0.32
Selenio, ppm	0.06	0.06	0.3	0.3

<sup>a</sup>Los minerales traza contienen: CoSO<sub>4</sub>, .068%; CuSO<sub>4</sub>, 1.04%; FeSO<sub>4</sub>, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO<sub>4</sub>, 1.07%; KI, .052%; and NaCl, 92.96%.

## ANEXO 9

### Técnicas Analíticas

#### a) pH

- Pesar 10g 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.

#### b) Actividad de agua (Aa)

- Atemperar la muestra a aproximadamente 18°C.
- Llenar los portamuestras 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 adimensionales

#### c) Capacidad de retención de agua. (CRA)

- Picar finamente 10 g de carne
- Colocar 5 g de carne en un tubo de centrífuga por duplicado.
- A cada tubo añadir 16 mL de solución de NaCl 0.6 M y agitar por un minuto.
- Colocar los tubos en baño de hielo por 30 minutos.
- Agitar por 1 minuto
- Centrifugar los tubos por 15 minutos a 10000 rpm.
- Decantar el sobrenadante en un 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 minuto a una temperatura de 5 °C.
- Tomar 5 gramos de la pasta y añadir 15 ml de NaCl 1 M a 5 °C, y 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) Textura

- Cortar las muestras a  $1\text{ cm}^3$ .
- Se estandariza con los pesos el texturómetro (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)

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  $2\text{ cm}^3$
- Se cocen a temperatura interna de  $70\text{ }^\circ\text{C}$  por 10 minutos
- Las muestras cocidas en  $1\text{ cm}^3$
- Las mediciones se llevan a cabo de forma similar a las muestras crudas
- Se reporta en Newtons

#### f) Índice de peróxido

- Poner 5 g de carne (grasa) en 30 mililitros de una mezcla ácido acético – cloroformo 3 a 2.
- Agitar por media hora.
- Añadir 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio.
- Reposar 1 minuto
- 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:

$$\text{Índice de Peróxido (IP)} = \text{mL tiosulfato} \times N \times 1000/\text{g muestra.}$$

- Se reporta como mL tiosulfato/g carne

#### g) Color

- Picar finamente la carne lo mas homogéneamente posible
- Calibrar el colorímetro con el estándar proporcionado para los valores L , a y b.
- Colocar la muestra en el porta muestras (1 pulgada de llenado).
- Leer los valores
- Se reporta como números adimensionales



## ANEXO 10

### HOJA DE EVALUACION SENSORIAL EN ESCALA SEMIESTRUCTURADA

#### LABORATORIO DE BIOQUIMICA DE MACROMOLECULAS 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:

\_\_\_\_\_

—

**!!!! GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN !!!**

## ANEXO 11

### Análisis de varianza de parámetros de animales antes y después de la matanza

VARIABLE DE RESPUESTA	MODELO				
	P>	R <sup>2</sup>	gl	CM	CV
Peso inicial	<b>0.055</b>	0.3232	19	3.867	7.251
Peso sacrificio	0.505	0.113	19	10.182	7.804
Peso ganado	0.398	0.1408	19	7.161	19.434
Peso canal caliente	0.917	0.025	19	2.560	7.565
Peso canal fría	0.927	0.0233	19	19	7.729
Rendimiento	0.514	0.1108	19	13.365	6.444

En **negrillas** se muestran las diferencias significativas



## ANEXO 12

### Comparación múltiple de medias de Duncan para parámetros de animales antes y después de la matanza

	Tratamiento	Media
Peso inicial	4	28.387 <sup>a</sup>
	3	27.833 <sup>a</sup>
	2	26.917 <sup>a,b</sup>
	1	25.000 <sup>b</sup>
Peso sacrificio	4	41.933 <sup>a</sup>
	2	41.767 <sup>a</sup>
	3	40.150 <sup>a</sup>
	1	39.460 <sup>a</sup>
Peso ganado	2	14.850 <sup>a</sup>
	1	14.460 <sup>a</sup>
	4	13.567 <sup>a</sup>
	3	12.317 <sup>a</sup>
Peso canal caliente	4	21.533 <sup>a</sup>
	3	21.083 <sup>a</sup>
	2	21.050 <sup>a</sup>
	1	20.900 <sup>a</sup>
Peso canal fría	4	21.050 <sup>a</sup>
	3	20.666 <sup>a</sup>
	2	20.550 <sup>a</sup>
	1	20.460 <sup>a</sup>
Rendimiento	1	58.464 <sup>a</sup>
	3	57.157 <sup>a</sup>
	2	56.418 <sup>a</sup>
	4	55.152 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> diferentes superíndice indican diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ )

### ANEXO 13

#### Análisis de varianza de parámetros fisicoquímicos de carne de borrego para tratamientos y regiones anatómicas

VARIABLE DE RESPUESTA	MODELO		P>					
	P>	R <sup>2</sup>	gl	CM	CV	Tratamiento	región	Tratamiento x Región
pH	0.167	0.2267	38	0.1094	5.56	0.3559	<b>0.0129</b>	0.8563
Aa	0.7069	0.1078	38	0.00014	1.249	0.3906	0.8633	0.6940
CRA	0.1608	0.1145	84	1.038	7.44	0.1970	0.3705	0.1611
CE	0.6389	0.0382	130	129.086	18.37	0.3052	0.4118	0.844
Indice de peróxido	<b>0.0001</b>	0.6645	130	0.576	17.473	0.3244	<b>0.0001</b>	0.008
L	<b>0.0314</b>	0.3167	38	11.165	8.846	0.7062	<b>0.0022</b>	0.1457
a	0.8383	0.0822	38	3.705	20.271	0.8334	0.2414	0.7423
b	0.7062	0.1079	38	2.666	15.68	0.8436	0.9268	0.3029
Dureza carne cruda	<b>0.0001</b>	0.198	130	689503.6	42.011	<b>0.0009</b>	<b>0.0008</b>	0.5422
Dureza carne cocid	<b>0.0043</b>	0.144	130	1269137.7	42.493	0.1742	0.3377	<b>0.0017</b>

Tratamientos: 1: dieta basal  
 2: dieta basal + MgO  
 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>.  
 4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

Regiones anatómicas: cuello y lomo

En **negrillas** se muestran la existencia de las diferencias significativas

## ANEXO 14

### Comparación múltiple de medias de Duncan para parámetros fisicoquímicos de carne de borrego para tratamientos y regiones anatómicas

	Tratamiento	Media	Región	Media
pH	1	6.093 <sup>a</sup>	Cuello	6.069 <sup>a</sup>
	2	5.958 <sup>a</sup>	Lomo	5.810 <sup>b</sup>
	3	5.880 <sup>a</sup>		
	4	5.855 <sup>a</sup>		
Aa	1	0.9674 <sup>a</sup>	Lomo	0.9627 <sup>a</sup>
	4	0.9631 <sup>a</sup>	Cuello	0.9620 <sup>a</sup>
	2	0.9615 <sup>a</sup>		
	3	0.9585 <sup>a</sup>		
CRA (mL)	4	14.025 <sup>a</sup>	Lomo	13.592 <sup>a</sup>
	1	13.675 <sup>a</sup>	Cuello	13.780 <sup>a</sup>
	2	13.670 <sup>a</sup>		
	3	13.383 <sup>a</sup>		
CE (mL)	4	63.319 <sup>a</sup>	Lomo	62.641 <sup>a</sup>
	3	63.206 <sup>a</sup>	Cuello	61.049 <sup>a</sup>
	1	62.050 <sup>a</sup>		
	2	58.836 <sup>a</sup>		
Índice de Peróxido (mL tiosulfato/g)	2	4.544 <sup>a</sup>	Lomo	5.347 <sup>a</sup>
	1	4.300 <sup>a</sup>	Cuello	3.339 <sup>b</sup>
	3	4.277 <sup>a</sup>		
	4	4.244 <sup>a</sup>		
L	3	38.254 <sup>a</sup>	Cuello	39.687 <sup>a</sup>
	1	38.153 <sup>a</sup>	Lomo	36.174 <sup>b</sup>
	2	37.934 <sup>a</sup>		
	4	36.809 <sup>a</sup>		
a	4	9.848 <sup>a</sup>	Lomo	9.818 <sup>a</sup>
	2	9.514 <sup>a</sup>	Cuello	9.173 <sup>a</sup>
	3	9.470 <sup>a</sup>		
	1	9.830 <sup>a</sup>		
b	1	10.716 <sup>a</sup>	Lomo	10.434 <sup>a</sup>
	3	10.455 <sup>a</sup>	Cuello	10.391 <sup>a</sup>
	4	10.441 <sup>a</sup>		
	2	10.908 <sup>a</sup>		
Textura				

Cruda (N)	2	24.269 <sup>a</sup>	Cuello	22.255 <sup>a</sup>
	4	20.101 <sup>b</sup>	Lomo	17.276 <sup>b</sup>
	3	17.581 <sup>b</sup>		
	1	16.579 <sup>b</sup>		
Textura Cocida (N)	2	29.153 <sup>a</sup>	Lomo	27.452 <sup>a</sup>
	4	27.802 <sup>a</sup>	cuello	25.570 <sup>a</sup>
	3	24.932 <sup>a</sup>		
	1	23.688 <sup>a</sup>		

<sup>a,b</sup> diferentes superíndice indican diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ )

Tratamientos: 1: dieta basal

2: dieta basal + MgO

3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>.

4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

## ANEXO 15

### Análisis de varianza de parámetros sensoriales de carne de borrego para tratamientos y regiones anatómicas

VARIABLE DE RESPUESTA	MODELO						P>		Tratamiento x región
	P>	R <sup>2</sup>	gl	CM	CV	Media	Tratamiento	región	
Calidad general	<b>0.0008</b>	0.1052	220	10.42	43.89	7.35	0.2417	<b>0.0001</b>	0.1806
sabor	<b>0.0006</b>	0.1091	220	12.19	49.83	12.19	0.2986	<b>0.0001</b>	0.1248
olor	<b>0.0045</b>	0.0883	220	11.81	44.26	7.76	<b>0.0399</b>	<b>0.0177</b>	<b>0.0553</b>
color	<b>0.0008</b>	0.1058	220	10.45	41.46	7.79	<b>0.0679</b>	<b>0.0002</b>	0.2341
jugosidad	<b>0.0001</b>	0.1437	220	10.63	46.99	6.93	<b>0.0144</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0241</b>
Suavidad	<b>0.0001</b>	0.1326	220	14.22	48.80	7.72	0.4011	<b>0.0001</b>	<b>0.0286</b>

Tratamientos: 1: dieta basal  
 2: dieta basal + MgO  
 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>.  
 4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>

Regiones anatómicas: cuello y lomo

En **negrillas** se muestran la existencia de las diferencias significativas

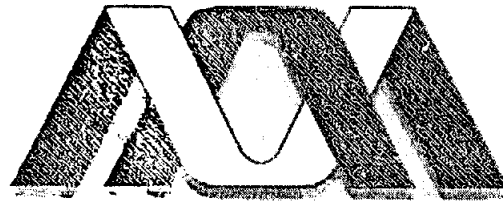
## ANEXO 16

### Comparación múltiple de medias de Duncan para análisis sensorial de carne de borrego para tratamientos y regiones anatómicas

	Tratamiento	Media	Región	media
Calidad general	2	7.845 <sup>a</sup>	Lomo	8.308 <sup>a</sup>
	3	7.652 <sup>a</sup>	Cuello	6.554 <sup>b</sup>
	4	7.217 <sup>a</sup>		
	1	6.701 <sup>a</sup>		
Sabor	2	7.735 <sup>a</sup>	Lomo	8.051 <sup>a</sup>
	4	7.049 <sup>a</sup>	Cuello	6.133 <sup>b</sup>
	3	6.782 <sup>a</sup>		
	1	6.464 <sup>a</sup>		
Olor	3	8.778 <sup>a</sup>	Lomo	8.359 <sup>a</sup>
	2	7.836 <sup>a,b</sup>	Cuello	7.267 <sup>b</sup>
	4	7.3198 <sup>b</sup>		
	1	7.128 <sup>b</sup>		
Color	2	8.557 <sup>a</sup>	Lomo	8.694 <sup>a</sup>
	3	8.119 <sup>a,b</sup>	Cuello	7.043 <sup>b</sup>
	1	7.325 <sup>a,b</sup>		
	4	7.184 <sup>b</sup>		
Jugosidad	4	7.950 <sup>a</sup>	Lomo	7.868 <sup>a</sup>
	2	7.322 <sup>a,b</sup>	Cuello	6.158 <sup>b</sup>
	1	6.389 <sup>b</sup>		
	3	6.089 <sup>b</sup>		
Suavidad	4	8.191 <sup>a</sup>	Lomo	8.978 <sup>a</sup>
	2	8.161 <sup>a</sup>	Cuello	6.678 <sup>b</sup>
	3	7.417 <sup>a</sup>		
	1	7.140 <sup>a</sup>		

Tratamientos: 1: dieta basal  
 2: dieta basal + MgO  
 3: dieta basal + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>.  
 4: dieta basal + MgO y Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>





**Casa abierta al tiempo**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# **Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa**

## **Especialización en Biotecnología**

### **INFORME DEL INVESTIGACIÓN**

#### **CALIDAD DE CARNE DE CORDERO CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON SELENIO Y MAGNESIO**

**M.V.Z. Jarumi Aguilar Guggembuhl**

Tutora: Dra. Isabel Guerrero Legarreta  
Lector: Dr. Marcelo L. Signorini

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Isabel Guerrero Legarreta', is written over the printed name of the tutor.

**OCTUBRE de 2006**