

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD  
ANIMAL**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MÉTODOS DE MEDICIÓN  
DEL ESTADO CORPORAL EN CABRAS DE GENOTIPOS  
LECHERO Y CÁRNICO**

**TESIS**  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS

**PRESENTA**  
**DAVID NICOLÁS RINCÓN VELANDIA**

**TUTOR PRINCIPAL: PhD. ANDRÉS E. DUCOING WATTY**  
**COMITÉ TUTORAL : PhD. SILVIA ELENA BUNTINX DIOS**  
**PhD. GERMÁN MENDOZA MARTÍNEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

A mis primeros maestros y ejemplo de vida a seguir mis padres **Norberto y Lupe**, quienes me enseñaron de forma tácita que la honestidad y carácter son una virtud. Ellos son mí motivo de orgullo y alegría, y también, el apoyo invaluable que he tenido en toda la vida.

A mis hermanos **Camilo** por su insuperable imaginación y talento; **Fabián** por la verraquera y coraje con que vive cada uno de sus días; **Natalia** por su inteligencia y mi cuñada **Carolina**, sinónimo de lealtad y amor por mi hermano y mi familia, a todos, gracias por sus consejos e impulso brindado durante esta etapa.

A la inocencia y alegría de mi sobrino y ahijado **Santiago**.

A la memoria de mis abuelas **Cristina y Amalia**.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la oportunidad de existir.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y su Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Dr. Andrés Ducoing Watty, por la confianza que me brindó para realizar mi maestría y el apoyo durante de la misma.

A mis asesores Dra. Silvia Buntinx y Dr. Germán Mendoza, por la paciencia y comentarios sugeridos para desarrollar el escrito de la tesis.

Al Dr. Héctor Vera y a la MC. Alicia Soberón, por los cambios sugeridos para definir y conceptualizar mejor la tesis.

A la MC. Carmen Labastida, por el apoyo y asesoría en la realización del perfil de ácidos grasos.

A México por acogerme durante este tiempo.

A Sofía Vargas por tanto amor, comprensión, amistad y lealtad durante tanto tiempo.

A Moni, Javi y María Sofía, parte de mi familia en este país.

A Doña Juanita González por todo el apoyo, risas y hospitalidad brindada.

A mis colegas, compatriotas y amigos Javier Calderón, Guillermo y Martha Gaona, Carlos Rojas, Johanna Sánchez, Liliana Muñoz, Christian Méndez y Andrea Murillo, por los buenos momentos compartidos.

A Rita Aguilera, Analía Balderas, Aurora Hidalgo, Verónica Sangrador, Clarita Aguillón y Adriana Olmos, grandes amigas y colegas por su bondad, soporte y colaboración.

A mis amigos en Colombia, Javier, Diego, Jorge Mario, Martha, Luis y Harold.

..... y a todos los demás que se me olvidan en este momento y con quien he compartido buenos momentos, muchas gracias.

Y desde luego, larga vida al Rock and Roll.

**“...I Still Haven't Found What I'm Looking For...”**  
**U2**

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1 GENERALIDADES	13
2.2 SITUACIÓN MUNDIAL DE LA CAPRINOCULTURA	13
2.2.1 Producción mundial de carne caprina	15
2.3 SITUACIÓN MEXICANA DE LA CAPRINOCULTURA	17
2.3.1 Producción mexicana de carne caprina	18
2.4 CAPRINOS DE HABILIDAD CÁRNICA	19
2.4.1 La raza Boer	19
2.5 CUALIDADES DE LA CARNE Y DE LA CANAL	20
2.6 CONDICIÓN CORPORAL COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN	21
2.6.1 Evaluación del estado corporal de las cabras	23
2.7 METABOLISMO ENERGÉTICO	25
2.8 METABOLISMO DE LÍPIDOS EN LOS RUMIANTES	27
2.8.1 Fermentación de lípidos	27
2.8.2 Digestión y metabolismo ruminal de los lípidos	29
2.8.3 Hidrólisis de los lípidos de la dieta	31
2.8.4 Función de las bacterias	32
2.9 BIOHIDROGENACIÓN EN EL RUMEN	32
2.9.1 Función de las partículas de alimento	32
2.9.2 Especies de bacterias responsables de la biohidrogenación	33
2.9.3 Bioquímica de la biohidrogenación	35
2.9.4 Composición de lípidos microbiales	35
2.9.5 Biosíntesis de ácidos grasos por microbios ruminales	36
2.10 DIGESTIÓN DE LOS LÍPIDOS EN EL INTESTINO DELGADO	36
2.10.1 Secreciones biliares	37
2.10.2 Secreciones pancreáticas	38
2.10.3 Regiones intestinales en que tiene lugar la digestión y la absorción	38
2.11 SÍNTESIS DE ÁCIDOS GRASOS	38
2.12 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LÍPIDOS	39
2.13 COMPOSICIÓN DE ACIDOS GRASOS DEL TEJIDO GRASO EN CAPRINOS	41
3. OBJETIVOS	43
3.1 GENERAL	43
3.2 ESPECÍFICOS	43
4. HIPÓTESIS	43
5. MATERIAL Y MÉTODOS	44
5.1 Ubicación y espacio	44
5.2 Unidad experimental y criterios de selección	44
5.3 Análisis estadístico	47

<b>6. RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>7. DISCUSIÓN</b>	<b>66</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
<b>9. LITERATURA CITADA</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Total poblacional de cabras en el mundo	15
Cuadro 2. Producción mundial de carne de cabra	16
Cuadro 3. Medición esternal	23
Cuadro 4. Medición lumbar	24
Cuadro 5. Medición caudal	24
Cuadro 6. Bacterias ruminales con habilidad para hidrogenar los ácidos linoléico, linolénico y oléico.	34
Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos para las calificaciones de condición corporal, pesos y mediciones morfométricas en los genotipos y grupos de condición corporal y sus interacciones	49
Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos par la grasa abdominal y perirrenal, de sus porcentajes y pesos en gramos, para las combinaciones de genotipos y condición corporal evaluados	51
Cuadro 9. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de los valores Obtenidos en la prueba de Warner-Bratzler	51
Cuadro 10a. Medias de cuadrados mínimos de los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas por genotipo	53
Cuadro 10b. Medias de cuadrados mínimos de los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas por genotipo	54
Cuadro 11a. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas de la canal por condición corporal	56
Cuadro 11b. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas de la canal por condición corporal	57
Cuadro 12. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de los pesos de las piezas de la canal evaluadas por su interacción	58
Cuadro 13. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los porcentajes de los componentes de las piezas evaluadas por genotipo y condición corporal	61
Cuadro 14. Medias de cuadrados mínimos por genotipo y condición corporal para los porcentajes de músculo, hueso y grasas sobre la composición de la canal	63
Cuadro 15. Medias de cuadrados mínimos para los porcentajes de los ácidos grasos de los genotipos y grupos de condición corporal evaluados	65



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Animal con una condición corporal lumbar menor a 2	44
Figura 2: Animal con una condición corporal lumbar entre 2 y 3	45
Figura 3: Animal con una condición corporal lumbar mayor a 3	45
Figura 4: Interacción de la CC-genotipo medida a nivel esternal	50

## RESUMEN

**Rincón Velandia David Nicolás:** “Evaluación comparativa de métodos de medición del estado corporal en cabras de genotipos lechero y cárnico”. Asesorado por el Dr. Andrés Ducoing Watty, Dra. Silvia Elena Buntinx Dios y Dr. Germán Mendoza Martínez.

Para evaluar el uso de metodologías de medición indirecta para predecir el estado corporal de cabras de genotipos cárnico (GC) y lechero (GL), se utilizaron 24 cabras, 12 de tipo lechero (Alpina Francesa) y 12 cárnicas (Boer). Con cada genotipo se formaron 3 grupos de acuerdo a su calificación de condición corporal (CC) lumbar. Los animales se midieron zoométricamente, fueron sacrificados y la media canal izquierda fue despiezada en 8 porciones para realizar la disección de músculo, hueso y grasa. Al músculo *Longissimus dorsi* se le extrajo la grasa intramuscular y se realizó un perfil de ácidos grasos. Las variables fueron analizadas mediante análisis de varianza factorial incluyendo los efectos de genotipo, condición corporal y su interacción. El objetivo fue evaluar la utilidad del método de calificación de condición corporal lumbar como estimador indirecto de la composición corporal en cabras de GC y GL. Existe una clara separación entre los valores de calificación con la metodología esternal entre los grupos de CC1, CC2 y CC3, es decir existe buena concordancia entre las calificaciones de CC obtenidas con la metodología esternal y lumbar ( $P < 0.01$ ). El músculo del costillar en las cabras de GL tuvo un porcentaje promedio mayor ( $P = 0.07$ ) que las de GC, las cabras de GL tuvieron un mayor porcentaje promedio muscular ( $P < 0.01$ ) en la falda y el lomo que las de GC. En el porcentaje promedio de grasa intermuscular del chambarete, el GC presentó valores marginales mayores ( $P = 0.07$ ) que las de GL, en tanto que el porcentaje en la pierna fue mayor en cabras de GC ( $P < 0.01$ ) al compararlo con el GL. En la grasa subcutánea del pecho, los grupos de CC2 y CC3 de GC fueron marginalmente mayores ( $P = 0.08$ ) a los demás grupos evaluados. Las cabras de GL tuvieron un mayor porcentaje promedio de ácido oléico ( $P < 0.05$ ) y linoléico ( $P < 0.01$ ) que las de GC. Las cabras de GC tuvieron un porcentaje promedio mayor ( $P = 0.08$ ) de ácido behénico que las de GL, mientras que las de GC tuvieron un mayor porcentaje de ácido eicosapentanoico y docosahexanoico ( $P < 0.05$ ) que las de GL. Se concluye que la región del esternón puede ser el lugar más indicado para realizar la medición de la CC en la raza Boer; esta raza presentó mayor porcentaje de grasa intermuscular a nivel de los miembros anteriores y posteriores, en tanto que el GL presentó mayor porcentaje muscular en el costillar, la falda y el lomo.

**Palabras clave:** cabra, condición corporal, ácidos grasos.

## ABSTRACT

**Rincón Velandia David Nicolás.** “Comparative evaluation of corporal condition score in goats of dairy and meat genotypes”. Adviser by Dr. Andrés Ducoing Watty, Dra. Silvia Elena Buntinx Dios and Dr. Germán Mendoza.

In order to evaluate the use of methodologies of indirect measurement to predict the corporal condition of goats of meat genotypes (MG) and dairy genotypes (DG), twelve of dairy type (Alpine French) and twelve meat (Boer). With each genotype three groups formed according to its qualification of corporal condition (CC) lumbar. The animals were zoometric moderate they were sacrificed and the average left carcasses was displaced in eight portions to make in order to make the dissection of the muscle, bone and meat. The muscle *Longissimus doris* was extracted the intramuscular fat to him and a fatty acid profile was. The variables were made of factorial variance including the genotype effects corporal condition and its interaction. The objective of the work was to evaluate the utility of a method of qualification of corporal condition like indirect estimator of the corporal composition in goats to MG and DG. A clear separation between the values of qualification with the external methodology between the groups of CC1, CC2 and CC3 exists, that is to say, good agreement between the obtained qualifications of CC with the external and lumbar methodology exists ( $P < 0.01$ ). Muscle of ribs in the goats of DG it had a greater percentage ( $P = 0.07$ ) that those of MG, the goats of DG they had a greater percentage muscular average ( $P < 0.005$ ) in the flank and the back that those MG. In the percentage average of intermuscular fat of the chambarete, the MG present greater marginal values ( $P = 0.07$ ) that those of DG, the leg was greater in goats of MG ( $P < 0.01$ ) when comparing it with DG. In the subcutaneous fat in the breastbone the groups of CC2 and CC3 of MG they were marginally greater ( $P = 0.08$ ) to the remaining groups. The goats of DG they had a percentage greater average of oleic acid ( $P < 0.05$ ) and linoleic ( $P < 0.01$ ) that those of MG. The goats of the MG they had a percentage greater average ( $P = 0.08$ ) of behenic acid that those of DG, while MG they had a greater acids percentage of eicosapentenoic and docosahexanoic ( $P < 0.05$ ) that those of DG. One concludes that the region of the breastbone it can be the place indicated to make of the breastbone measurement of the CC in the race to Boer, this race present greater percentage of intermuscular fat at level of the previous and later members, whereas DG display greater percentage muscular of ribs, the flank and the back.

**Key words:** Goat, corporal condition score, fatty acids composition.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con un estudio realizado por Boyazoglu *et al* (2005) mencionan que las últimas dos décadas han sido difíciles para el desarrollo del sector caprino a nivel mundial, principalmente en las áreas de investigación, desarrollo y crecimiento socioeconómico. Sin embargo en años recientes el interés hacia esta especie ha ido en aumento, realizando su importancia dentro del sector ganadero que se refleja en mayor aportación de recursos destinados a la investigación que ha demostrado el valor de la especie caprina como herramienta importante para el desarrollo económico y social de las poblaciones rurales marginales en el mundo.

La evaluación de la condición corporal es una estimación subjetiva e indirecta de las reservas corporales energéticas (tejido adiposo y muscular). La calificación de la condición corporal esta determinada por una evaluación visual y táctil de diferentes lugares corporales, como la región lumbar, la región esternal, la región caudal, la base de la cola, etc (Schroder y Staufenbiel, 2006).

Chilliard *et al* (1981) explican que las reservas corporales de energía, y en particular el tejido adiposo, permiten al animal adaptarse a las variaciones en la disponibilidad de alimentos, tanto en la cabra como en la oveja y en la vaca. Los depósitos de lípidos son la principal forma de almacenar energía corporal en el organismo animal; sus ciclos de movilización son esenciales para las etapas de reproducción y lactación. El tejido adiposo cuantitativamente representa el almacenamiento de energía corporal más importante, alrededor de 9.2 Mcal/kg (Smith y McNamara, 1990), donde la proteína corporal aporta 5.57 Mcal/kg y el glicógeno hepático energéticamente tiene una participación menor (Schroder y Staufenbiel, 2006).

Waltner *et al* (1993) comentan que la condición corporal esta influenciada por el consumo de materia seca y puede ser considerada como un indicador previo de la producción láctea y del consumo de energía. Del mismo modo, se usa para estimar el estado nutricional en los animales. La condición corporal ideal durante cada estado de lactación es la que optimice la producción de leche, y minimice los desórdenes reproductivos y en la salud animal (Gearhart *et al.*, 1990). La condición corporal inicialmente es una función de historia previa de la salud animal y solamente uno de algunos de los factores que están influenciando el rendimiento lechero, la reproducción

y el estado de salud de los animales, en progreso de la lactación (Schroder y Staufenbiel, 2006).

En trabajos previos realizados por Santucci (1984); Colomer-Rocher *et al* (1987), Morand-Fehr (1988) y Hervieu *et al* (1989) se demuestra que la evaluación de la condición corporal medida a nivel lumbar es una herramienta adecuada para determinar el estado nutricional de los animales de los caprinos. Sin embargo, estos investigadores realizaron estas mediciones en genotipos lecheros bajo diferentes condiciones.

Los métodos propuestos por los autores anteriormente mencionados han sido descritos para predecir *in vivo* los cambios en las reservas adiposas corporales. La evaluación de la condición corporal es una estrategia que sirve para predecir el estado nutricional del animal, el grado de engrasamiento y la composición de la canal (Cissé *et al.*, 1992).

Por lo anterior, se ha propuesto evaluar la precisión del uso de metodologías para la predicción del estado de composición de la canal de cabras de genotipos cárnico y lechero, así como ampliar el interés en la investigación en los caprinos, y específicamente en lo concerniente al genotipo cárnico.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 GENERALIDADES**

Las cabras se distribuyen sobre todo tipo de entornos ecológicos, pero están mayormente concentradas en zonas tropicales, en zonas secas y en los países en vías de desarrollo, mostrando gran capacidad de adaptarse a ambientes absolutamente diversos (Morand-Fehr *et al.*, 2004). Es de esperar que la cabra demuestre gran capacidad de adaptación como resultado de la selección natural bajo variadas condiciones y debido a la selección artificial practicada por los criadores para obtener mejores animales productores de carne, leche, fibra y otros propósitos.

Dubeuf *et al* (2004) comentan que por siglos los humanos han usado a la cabra para múltiples propósitos (leche, carne, fibras y de trabajo en general), bajo diferentes condiciones. A pesar de que las cabras están presentes en todos los continentes, esta especie ha sido poco estudiada en comparación con otras como los bovinos de carne, los bovinos de leche, las aves, los cerdos o, incluso, los equinos.

Aunque varias organizaciones internacionales ganaderas todavía parecen subestimar el papel que la cabra ha jugado desde los tiempos iniciales de la humanidad, es ahora que se hace frente a los impresionantes resultados de investigaciones que demuestran que esta especie puede ser un modelo de referencia para otros sectores más avanzados en investigaciones en el área de la producción animal (Boyazoglu *et al.*, 2005).

### **2.2 SITUACIÓN MUNDIAL DE LA CAPRINOCULTURA**

Después de un siglo sin ser de gran interés, las cabras ahora son vistas con mayor utilidad por los países desarrollados. Este cambio tiene diversos orígenes. En los países europeos, las cabras, en comparación en otras especies, han demostrado que son animales que gozan de una gran aceptación debido a la calidad de sus productos (leche y carne). Europa ha expresado una disminución en la población de las cabras, pero un aumento en la producción de leche, debido a los altos rendimientos de pocos países como Bulgaria, Chipre, Francia y España. Aunque ha sido valorado durante mucho tiempo, el consumo de la leche de cabra se está elevando considerablemente debido a su gran valor alimenticio (Haenlein, 2004).

Sin embargo, Íñiguez (2004) expresa que la atención que reciben los caprinos es muy diferente en países industrializados, comparada con la de los llamados del “tercer mundo”, siendo el caso de estos últimos en donde ha habido un aumento continuo y rápido en poblaciones y productos de la cabra, especialmente entre los más pobres. Este punto de vista es reforzado por la gran resistencia de este animal a condiciones difíciles, como las temperaturas excesivas, alimentación insuficiente, capacidad de caminar largas distancias, el sobrevivir a las sequías, entre otras. Devendra y Burns (1983) señalan que aparte de estas ventajas, los caprinos presentan un alto potencial reproductivo, menor susceptibilidad a contraer enfermedades infecciosas, así como un bajo costo de inversión inicial. Sin embargo, a pesar de este reconocimiento de las cualidades y potencial de las cabras, esta especie parece tener menos interés económica y comercialmente. En los países en vías de desarrollo, un examen de la situación demuestra que probablemente menos del 5% de toda la leche vendida se obtiene de cabras (Dubeuf *et al.*, 2004).

Por otro lado, Boyazoglu *et al* (2005) sustentan que la mayoría de los países africanos han sido testigos de que la población caprina ha ido en crecimiento en años recientes. En el continente asiático el crecimiento se debe sobre todo a la gran población existente de cabras en la República Popular de China; éste es también el caso, en un grado inferior, de la India, Bangladesh y Paquistán. La producción de leche ha aumentado mundialmente en 8.7% en años recientes, mientras que la producción de carne en un impresionante 40% en los últimos 10 años.

Actualmente, existen un poco más de 807 millones de cabras en el mundo, conformando un total de 570 razas. La región Asia-Pacífico tiene la parte más amplia de la población, seguida por el continente africano. Estas dos regiones tienen el 75% de la población mundial de caprinos (FAOSTAT, 2005). Por otro lado, el continente europeo tiene solamente el 4% de la población de cabras del mundo, pero en él se encuentra la mayor parte de los recursos genéticos caprinos, con un total del 33%. Esto se podría explicar por dos razones: primero, porque los europeos fueron los pioneros en ejercer reales esfuerzos en caracterizar y definir sus recursos genéticos y en establecer sociedades de productores interesados en las diferentes razas. La segunda razón es el ambiente de producción y el consumo que existe de los productos derivados y subproductos de estos animales de acuerdo a la región (Mason 1981, citado por Galal, 2005).

Del total poblacional en el mundo, la mayor proporción de caprinos se encuentra en países en vías de desarrollo, distribuyéndose como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro1. Total poblacional de cabras en el mundo**

Continente	Cabezas caprinas
África	233,160,402
Asia	519,295,207
Europa	17,806,451
América	36,107, 443
Oceanía	875,480
Mundial	807,245,283

Fuente: FAOSTAT, (2005)

Los países con mayores poblaciones de caprinos son China con 195,758,954 (24.25%) y la India con 120,000,000 (14.86%), con lo cual hacen un (39.11%) de la población total mundial. En América Latina, Brasil y México son los que más cabezas caprinas tienen, no obstante tan sólo contribuyen con 2.23% de la población (FAOSTAT, 2005).

### 2.2.1 Producción mundial de carne caprina

La carne ocupa un lugar destacado entre los productos de origen animal no sólo por constituir una fuente nutritiva muy completa (alto contenido de proteínas de alto valor biológico, presencia de ácidos grasos esenciales, vitamina B<sub>12</sub>, hierro, etc), sino también por el atractivo que presenta el consumo de la carne fresca, así como la gran variedad de productos que derivan de ella (Bejarano, 1992).

La cultura de consumo de la carne caprina que existe en cualquier comunidad del mundo es el factor más importante en la determinación de su popularidad, siendo un fenómeno muy complejo influido por los recursos disponibles, las prácticas pragmáticas, así como creencias y prácticas religiosas (Webb *et al.*, 2005).

En Francia y Latinoamérica, la carne proveniente de cabritos es muy apetecible, mientras que la proveniente de cabras adultas se consume más en la India. Dependiendo de su potencial genético, la tasa de crecimiento en las cabras puede variar entre 30 y 200 g por día (McGregor, 1985).



La carne caprina es principalmente vendida en mercados regionales para consumo doméstico; sin embargo, el consumo de carne de cabra es todavía bajo. No obstante, existe un mayor interés en el consumo de carne de cabra gracias a la buena imagen que tiene, debido a su perfil ecológico y a la tendencia cultural que existe hoy en día de consumir alimentos bajos en grasas (Boyazoglu *et al.*, 2005).

Los estudios sobre caprinos de genotipo cárnico han sido muy escasos, comparados con otras especies de producción, y en lo concerniente a investigaciones realizadas en cabras, ha existido más atención e investigación en genotipos lecheros y de cashmere (Fahmy y Shrestha, 2000).

La producción mundial de carne de cabra, según las últimas estadísticas para el año 2005, fue de 4,534,119 Ton, y su distribución a nivel mundial se observa en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Producción mundial de carne de cabra**

<b>Continente</b>	<b>Producción (Ton)</b>
África	851,053
Asia	3,409,273
Europa	117,019
América	137,481
Oceanía	19,292
Mundial	4,534,119

Fuente: FAOSTAT (2005)

China posee un consumo anual de 1,902,914 Ton, lo cual significa 41.96% de la producción mundial. India, con 475,000, Nigeria, con 147,066 e Irán, con 105,000 toneladas, están entre los países que más consumen carne caprina alrededor del mundo, lo que representa 16.02% del total consumido (FAOSTAT, 2005).

En el norte de Europa, la carne de cabra es muy poco valorada, ya que en estos países hay un mayor arraigo por la carne bovina, teniendo una mayor aceptación en España, Albania, Bulgaria, Francia, Rumania y Grecia, con 70.84% del total consumido en el continente. En lo que concierne al continente americano, el consumo de esta carne se encuentra más ampliamente distribuido en Argentina, Brasil, Colombia, Perú y México, abarcando 76.21% del consumo total (FAOSTAT, 2005).

## 2.3 SITUACIÓN MEXICANA DE LA CAPRINOCULTURA

En México, la población caprina ha sufrido una reducción de 13.87% en los últimos 15 años, según cifras del INEGI. La población existente para el año de 1990 era de 10,438,999 cabezas, mientras que para el año de 2005 fue de 8,991,752 cabezas. El consumo de productos de origen caprino se ha mantenido en lo que respecta a leche y sus derivados. La reducción en el inventario caprino también se debe a que en los últimos años se han creado granjas intensivas y altamente tecnificadas, dando con esto una mayor producción de leche con un menor número de animales (Trujillo, 1999; INEGI, 2005).

En algunos estados de la República Mexicana donde la producción caprina es una actividad económicamente importante, el gobierno ha tratado de impulsar este sector, con el fin de evitar la degradación de los ecosistemas debido a su uso inadecuado (González, 1996). En este proceso, la manipulación genética de las poblaciones juega un papel primordial, con el fin de aprovechar las cualidades de los caprinos para generar sistemas de producción más adecuados y sostenibles, tanto desde el punto de vista ecológico como económico (Maqueda y Valencia, 1996).

Los sistemas productivos que predominan, aunque estén declinando, son los extensivos. Éstos emplean tierras muy poco productivas, en donde la caprinocultura es la actividad más viable para aprovechar la poca producción de materia vegetal. Como consecuencia de esa aptitud competitiva en condiciones precarias, se ha asociado a la ganadería caprina con la pobreza. Hay experiencias en la Comarca Lagunera y el Bajío en donde la ganadería caprina tradicional se ha ido transformando en una importante actividad bien integrada, con buenos indicadores productivos y económicos (Iruegas *et al.*, 1999).

La producción caprina en México ha sido una actividad tradicional muy ligada a su desarrollo cultural, desde que los españoles introdujeron las cabras hace casi 500 años. Aunque las cabras contribuyeron modestamente a la producción nacional de leche y carne, son importantes desde el punto de vista social, ya que representan un medio de ingreso y fuente de alimentos para numerosas familias campesinas, principalmente en las zonas áridas y semáridas del norte de la República Mexicana y en la sierra madre del sur entre Oaxaca, Guerrero y Puebla (Iruegas *et al.*, 1999).

En México, la ganadería es la actividad rural más productiva, puesto que sus productos son la base para el desarrollo de diversas empresas nacionales. La caprinocultura juega un papel importante, gracias a los productos que se obtienen de ella, mismos que se consumen ampliamente y de manera regionalizada. México cuenta con zonas donde la producción caprina se encuentra presente como único aporte de carne y leche, siendo de vital importancia el apoyo e impulso a la caprinocultura en dichas regiones mediante evaluaciones sanitarias, productivas, ecológicas, económicas y el desarrollo de tecnologías fundamentadas, como la introducción de nuevas razas o mejoramiento genético por ejemplo, para favorecer y mejorar la calidad de vida de esas comunidades desprotegidas (Trujillo, 1995).

### **2.3.1 Producción mexicana de carne caprina**

En el país, el total de carne caprina producida para el año 2005 fue de 41,626 millones de toneladas, lo cual representa 30.27% del consumo total para el continente americano (FAOSTAT, 2005). En los últimos 9 años, la demanda que ha tenido este producto animal en el país ha ido creciendo, ya que para el año 1996 la producción era de 35,879 millones de toneladas, lo que significa un aumento de 5,744 Tn (SAGARPA, 2005). Cabe mencionar que 20.8% de la superficie total del país cuenta con las condiciones climatológicas y topográficas adecuadas para el desarrollo de esta especie (Arbiza, 1993; Fonseca, 1995).

La carne de caprino es consumida en México en gran diversidad de platillos, que se preparan durante alguna festividad o se consumen en restaurantes especializados, como el “cabrito” o la “birria”. Muchos caprinos machos son utilizados para el platillo denominado “cabrito”, alcanzando precios con mayor valor agregado que los “cortes especializados” de bovino. Los cabritos son sacrificados antes de ser destetados y el precio que tienen a pie de granja se basa en el tipo de parto del que proviene (sencillo, gemelar o triple), pero el precio es bajo y redituable sólo cuando se tiene a las madres en pastoreo extensivo. En granjas lecheras, los machos que no van a formar parte del reemplazo representan un problema para el productor, ya que consumen leche que podría ser utilizada para la elaboración de productos lácteos. Por lo anterior, el productor intenta enviarlos al mercado lo más rápido posible, recibiendo generalmente precios bajos (Izquierdo, 1990).

Son tres tipos de carne los que se consumen: carne de cabrito, 8-12 semanas de edad; carne de cabra joven, 1 a 2 años de edad, y carne de animal adulto, más de los 2 años de edad. El consumo de carne de “cabrito” es característico al norte del país y en la capital de la República, mientras que el consumo del animal adulto es más frecuente en el centro y sur del país (Trujillo, 1995).

## **2.4 CAPRINOS DE HABILIDAD CÁRNICA**

Los beneficios económicos de la comercialización y producción de la carne caprina pueden ser aumentados, incrementando la eficiencia en conseguir canales más pesadas dependiendo de la calidad de canales deseadas por el consumidor (Manfredini *et al.*, 1988).

Ruvuna *et al* (1992) señalan que algunos países sacrifican cabritos de muy poco peso, dado a las preferencias tradicionales de consumo por animales jóvenes, el cual consideran de mejor calidad. Es por eso que Tahir *et al* (1994) concluyen que el bajo contenido de grasa intramuscular que tiene la carne de cabra puede ser un importante factor en el incremento del consumo de ésta.

En los países desarrollados, la demanda por la carne caprina continúa en aumento debido al incremento de los intereses gastronómicos de la gente y también por la apreciación de comidas exóticas (Shrestha y Fahmy, 2005).

### **2.4.1 La raza Boer**

Todas las razas caprinas pueden ser utilizadas para la producción de carne, pero las mejores características cárnicas son presentadas por la raza Boer, que se distingue también por su tasa de crecimiento, deposición de grasa y rendimiento en canal; cabe destacar su desarrollo y adaptabilidad a climas muchas veces adversos, encontrándose en Sudáfrica, Nueva Zelanda, Australia, México, Brasil, Canadá y los Estados Unidos (Gipson, 1985; Casey y Van Niekerk, 1988; Maqueda y Valencia, 1996).

La raza Boer es originaria de Sudáfrica y descendiente de las cabras de los indígenas Hotentotes, Namagua y tribus Bantúes, y mejorada con alguna inclusión de razas europeas. La actual raza mejorada surgió en el siglo XX cuando los ganaderos de la provincia del Cabo Este iniciaron una serie de cruces para obtener un animal de

buena conformación y gran velocidad de crecimiento (Gipson, 1985; Casey y Van Niekerk, 1988).

El término Boer se refiere a los descendientes de los inmigrantes holandeses que se establecieron en la nación y cuyo significado es “granjero” (González, 1996). La Boer ha sido descrita como una raza de gran talla, gran tasa de crecimiento, producción y calidad de la canal y de la carne (Devendra y Burns, 1983), (Casey y Van Niekerk, 1988 y Neill, 1994). Los machos pueden alcanzar un peso vivo entre 105 y 135 kg y las hembras adultas entre 90 y 100 kg (McGregor, 1985; Murray *et al.*, 1997; Malan, 2000).

## **2.5 CUALIDADES DE LA CARNE Y DE LA CANAL**

Colomer-Rocher *et al* (1992) mencionan que las hembras depositan una mayor cantidad de grasa y más rápido a nivel interno que los machos. De igual manera, comentan que los depósitos de grasa intermuscular son mayores que los depósitos de grasa subcutánea para cabras de pesos similares y del mismo sexo. Sin embargo, los machos tienen un mayor crecimiento óseo y muscular. En comparación con los ovinos, las cabras tienen una carne más magra.

Ruvuna *et al* (1992) dicen que los machos castrados tienen 7.9% más cantidad de grasa que los machos enteros. Entonces, la baja demanda por animales gordos y el incremento en el énfasis de la producción de carnes bajas en contenido graso, sugieren una mayor necesidad de producir carne proveniente de caprinos, la cual cumple con esta característica.

La carne de cabra es considerada baja en grasa intramuscular; es por eso que en los últimos años ha ganado popularidad entre los consumidores de carnes rojas, particularmente en países desarrollados. Sin embargo, la importancia del valor nutritivo de la carne de cabra ha recibido poca atención y, consecuentemente, esto se demuestra en los pocos estudios que existen sobre la composición de ácidos grasos de la carne y de los tejidos adiposos de las diferentes razas de cabras (Banskalieva *et al.*, 2000).

## 2.6 CONDICIÓN CORPORAL COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN

En el caprino, la información concerniente a la evaluación del estado corporal en relación a la deposición de grasa y músculo de acuerdo con su actividad productiva es muy limitada, en comparación con la información existente en especies como la ovina y la bovina. El uso de la condición corporal como estrategia para estimar el estado corporal y la distribución de tejidos grasos en pequeños rumiantes se ha encaminado fundamentalmente a la evaluación en ovinos.

Murray (1919) definió la condición corporal como la diferencia entre la cantidad de grasa y la cantidad total del resto de componentes anatómicos del animal. Rusell *et al* (1969), trabajando con ovejas de raza Black Face, idearon un método para evaluar la condición corporal palpando la región lumbar y dando una calificación de 0 a 5 puntos en intervalos de a uno. De igual manera, explicaron la importancia del estado nutricional y, en particular, el nivel de reservas corporales de energía de la oveja en las diferentes etapas de su vida productiva.

Teixeira *et al* (1989) determinaron la relación entre condición corporal, el total de grasa corporal y los sitios de depósitos de grasa en ovejas de la raza Aragonesa y propusieron un método para determinar la condición corporal en ovejas, mediante la palpación del tejido alrededor de la cola. Por otro lado, Frutos *et al.* (1995) observaron que los genotipos ovinos dedicados a la producción de leche tienden a depositar mayor proporción de grasa corporal total a nivel interno de la canal, expresando en términos absolutos grasa corporal total a los formados por la grasa omental, mesentérica y perirrenal, mientras aquéllos de propósitos cárnicos lo hacen en los depósitos intramusculares de la canal, entendiéndose como grasa intramuscular aquella que se encuentra dentro de las fibras musculares.

En las ovejas, la raza, el estado fisiológico y el nivel de consumo de energía, pueden tener un importante efecto sobre la cantidad y localización de las reservas grasas corporales (Mendizábal *et al.*, 2006).

Dentro de los estudios realizados en caprinos, Santucci (1984) adaptó el método de Rusell *et al* (1969) para determinar la condición corporal en cabras añadiendo la estimación de cobertura grasa por palpación en la región esternal. Asimismo, Hervieu *et al* (1989) proponen una escala de medición en las áreas esternal y lumbar para calificar la condición corporal. Posteriormente, Hervieu *et al* (1991)

modificaron el método de Santucci (1984) para evaluar caprinos de genotipo lechero; sin embargo, Hervieu *et al* (1995) sugieren un método para evaluar la condición corporal en cabras palpando la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> vértebra caudal realizando una estimación de la cobertura grasa que se encuentra en esta región, pero indican que esto no es muy adecuado porque la escala de medición se describe sólo en intervalos de 0.25 entre 0 y 5, además comentan que sólo puede ser aplicado en cabras que tengan un tipo de cola corta, similar a las de razas Alpina y Saanen.

Varios estudios en cabras de genotipos lecheros indican que la distribución de depósitos grasos y de la proporción de grasa en la región lumbar en cabras difiere de las de ovinos, debido primordialmente, a que los caprinos hacen sus depósitos de grasa a nivel interno (grasa omental, mesentérica y perirrenal), independientemente de su fin zootécnico, mientras que los ovinos lo hacen a nivel de la grasa intramuscular de la canal (Morand-Fehr, 1981; Colomer-Rocher *et al.*, 1987; Teixeira *et al.*, 1995; Delfa *et al.*, 1995).

Le Frileux *et al* (1995) concluyeron que la medición lumbar en cabras de genotipo lechero es más favorable que la esternal en cualquier estado fisiológico. Asimismo, observaron que los niveles de producción de leche están altamente influidos por el periodo de la lactación y en función de la capacidad que las cabras muestran para movilizar o almacenar sus reservas corporales grasas. Además, dichos autores observaron que las variaciones de la condición corporal en animales en gestación y lactancia son mayores que en aquéllos en condiciones de mantenimiento y, consecuentemente, es difícil proponer mediciones específicas para cada estado fisiológico debido al patrón en la deposición de las reservas corporales de energía.

Por otro lado, Cabiddu *et al* (1999) y Mendizábal *et al* (2006) destacan el uso de la calificación de la condición corporal como una útil herramienta para estimar el estatus de energía y el estado nutricional que tienen las cabras en sistemas de producción extensivos; de la misma manera Vatta *et al* (2002) mencionan que la condición corporal es una herramienta que indica el estado alimenticio del animal, el cual entre menor sea corresponde a un animal con un pobre estado nutricional y/o a una mayor necesidad metabólica. Esto último ocurre por ejemplo, durante el crecimiento, la gestación, la época de lactancia y la infección por nemátodos gastrointestinales.

Por eso, los desbalances nutricionales pueden resultar en marcados descensos en la producción láctea, bajos niveles en la cantidad de grasa en la leche y en la cantidad de proteína, lo cual ocasiona cambios en la condición corporal de los animales (Branca y Casu, 1989 citados por Cabiddu *et al.*, 1999). Los animales que son manejados en sistemas de producción extensiva usualmente no cubren sus requerimientos nutricionales, y es por eso que esto conduce a movilizar de sus sitios de depósito las reservas energéticas del organismo (Mendizábal *et al.*, 2006).

### 2.6.1 Evaluación del estado corporal de las cabras

El estado corporal de una cabra es un indicador del nivel de sus reservas corporales de energía, las cuales están constituidas principalmente por el tejido adiposo, fácilmente móvil, que debe ser considerado como una estructura de almacenamiento energético. Asimismo, las reservas proteicas se pueden almacenar en el útero, en los tejidos de los conductos digestivos y, fundamentalmente, en tejidos musculares, siendo menos movibles que las reservas energéticas adiposas. En realidad, el estado corporal se modifica en función a las variaciones en las masas adiposas y, en menor medida, en la de las masas musculares (Hervieu *et al.*, 1995).

La evaluación del estado corporal de las cabras exige un excelente conocimiento del método, la práctica y la disciplina. Existen 3 diferentes métodos propuestos por diferentes autores:

**Medición esternal:** propuesta por Santucci (1984) y que consiste en tocar la superficie del esternón desde su origen hasta la terminación del xifoides. Como referencias anatómicas se encuentran: la depresión de los cuerpos esternales, las articulaciones costoesternales, el repliegue del surco esternal, las articulaciones costocondrales, el espesor y la movilidad de la grasa subcutánea y las depresiones laterales.

**Cuadro 3. Medición esternal**

Escala	DCE	ACE	ACC	DL	MP	GS
0	++++	++++	++++	++++	++	+
1	++++	++++	++++	+++	++	+
2	+++	+++	+++	+++	+++	++
3	+++	++	++	++	++	++
4	++	+	++	+	++++	+++
5	+	+	+	+	++++	++++

DCE: depresión cuerpos esternales; ACE: articulaciones costoesternales; ACC: articulaciones costocondrales; DL: depresiones laterales; MP: músculos pectorales; GS: grasa subcutánea; +: imperceptible; ++: poco perceptible; +++: moderadamente perceptible; ++++: muy perceptible.



**Medición lumbar:** sugerida por Hervieu *et al* (1991), la cual se realiza entre la 2ª y 5ª vértebras lumbares, palpando las apófisis transversas y espinosas. Como referencias anatómicas existen: la depresión de los cuerpos vertebrales, el espacio entre las apófisis, las apófisis mamilo-articulares, el repliegue del ángulo vertebral, la detección de las extremidades de las apófisis transversas, los músculos lumbares convexos, las extremidades de las apófisis espinosas y el surco lumbar.

**Cuadro 4. Medición lumbar**

Escala	ATE	EEA	MLD	GSC
0	+	+	+	+
1	++++	++++	+++	+
2	++++	+++	+++	++
3	+++	++	++++	+++
4	++	+	++++	++++
5	+	+	++++	++++

ATE: apófisis transversas y espinosas; EEA: espacio entre las apófisis; ML: músculo Longissimus dorsi; GSC: grasa subcutánea; +: imperceptible; ++: poco perceptible; +++: moderadamente perceptible; ++++: muy perceptible.

**Medición caudal:** propuesta por Hervieu *et al* (1995) y se tiene como referencia de la 1ª a la 3ª vértebras coccígeas, evaluando la cantidad de músculo y grasa.

**Cuadro 5. Medición caudal**

Escala	AA	AE	EAT	EDT	FSET					
0	P	P		P						
0.25	+									
0.50	++									
0.75	+++	<table border="1"> <tr> <th>2<sup>da</sup></th> <th>3<sup>ra</sup></th> </tr> <tr> <td>+</td> <td>+</td> </tr> </table>		2 <sup>da</sup>	3 <sup>ra</sup>	+	+			
		2 <sup>da</sup>	3 <sup>ra</sup>							
+	+									
1		+	++							
1.25		++	+++							
1.50		+++								
1.75		<table border="1"> <tr> <th>2<sup>da</sup></th> <th>3<sup>ra</sup></th> </tr> <tr> <td>+</td> <td>+</td> </tr> </table>		2 <sup>da</sup>	3 <sup>ra</sup>	+	+			
		2 <sup>da</sup>	3 <sup>ra</sup>							
+	+									
2			+	++						
2.25			++	++						
2.50			++	+++						
2.75			+++	+++						
3			+++		++					
3.25				++						
3.50				+++	P					
3.75				++++	+					
4					+					
4.25					++					
4.50					+++					
4.75					++++					
5										

AA: apófisis articulares; AE: apófisis espinosas; EAT: espacio entre apófisis transversas; EDT: extremidad de apófisis transversas; FSET: fosas sacro espinosas tuberales; +: Un poco recubierto de músculo; ++: Cubierto a la mitad de músculo y de grasa; +++: Muy cubierto de músculo y grasa; ++++: referencias óseas poco palpables; P: referencias óseas palpables; |: referencias óseas impalpables.

## 2.7 METABOLISMO ENERGÉTICO

La cantidad de energía liberada por el catabolismo del alimento en el organismo es la misma que la liberada cuando el alimento se quema fuera de él. La energía liberada por los procesos catabólicos del organismo es utilizada para mantener las funciones corporales, la digestión y metabolismo de la comida, termorregulación y actividad física. Se manifiesta como trabajo externo, calor y almacenamiento energético. La energía se almacena mediante la síntesis de compuestos ricos en energía. La cantidad de energía almacenada varía, pero en individuos en ayuno es de cero o negativa (Ganong, 2005).

La tasa metabólica se modifica por muchos factores, como son: el esfuerzo muscular, la ingestión reciente de alimento, temperatura ambiental alta o baja, talla, peso y superficie corporal, sexo, edad, crecimiento, reproducción, etc. El más importante es el esfuerzo muscular (Ganong, 2005). Otro factor que estimula el metabolismo es la temperatura ambiental. La curva que relaciona la tasa metabólica con la temperatura ambiental tiene forma de U. Cuando la temperatura ambiental disminuye por debajo de la temperatura corporal, se activan los mecanismos productores de calor, como el escalofrío, y la tasa metabólica se activa. Cuando la temperatura es lo bastante alta para elevar la temperatura corporal, se observa una aceleración generalizada de los procesos metabólicos, y la tasa metabólica se incrementa alrededor de 14% por cada grado centígrado de elevación (Ganong, 2005).

Los cambios en las reservas corporales medidos por la vía de la estimación de la condición corporal no son muy acertadas para predecir los balances de la energía y la proteína metabolizable (Tedeshi *et al.*, 2006). La movilización de la proteína y su uso para la producción de proteína láctea pueden explicar parte de la variación asociada con la predicción de la dinámica de las reservas adiposas por modelos matemáticos (McNamara, 2000).

(Chilliard, 1993) comenta que la grasa que se ingiere con la dieta no afecta la ganancia de peso o la condición corporal después del pico de la lactación, pero tiende a incrementar la pérdida de peso vivo durante el inicio de la lactación y la deposición de la grasa corporal en el crecimiento animal. La grasa de la dieta disminuye la síntesis de novo de los ácidos grasos en el tejido adiposo. Del mismo modo, la

eficiencia reproductiva tiende a incrementarse en animales suplementados con alimentos ricos en grasas (Sklan *et al.*, 1989., 1991).

Un indicador del balance de energía es la estimación de la condición corporal (Edmonton, 1989). Cuando ocurre una disminución en la condición corporal ésta está correlacionada con la movilización adiposa (Komaragiri Madhav, 1998) y, sin embargo, la condición corporal puede ser usada como indicador del balance de energía durante el inicio de la lactación (de Vries y Veerkamp, 2000).

Los lípidos son usados en las dietas de los rumiantes por tres razones. 1) el alto valor calórico de los lípidos puede ser usado para limitar la energía que usan los rumiantes con altos índices de producción lechera (Chilliard, 1993), 2) los lípidos pueden ser usados para manipular la digestión y absorción de diferentes nutrientes. Por ejemplo, las grasas pueden limitar la acidosis ruminal y disminuir el contenido de la grasa de la leche resultante de la alta cantidad de carbohidratos y baja cantidad de fibra suministrada en la dieta. El consumo de lípidos también puede limitar la proporción de los ácidos grasos en la grasa de la leche y de la carne (MacRae, 2005) y 3) algunos lípidos de procedencia animal o vegetal son económicamente baratos y pueden ser de interés en la formulación de dietas para los rumiantes (Grummer, 1991).

El suplementar con grasas la dieta de los animales, estas incrementan muy poco la grasa subcutánea dorsal y el porcentaje de grasa renal, pélvica y cardíaca. Debido a esto, la ganancia diaria de lípidos se incrementa, mientras que la ganancia diaria de proteínas tuvo el mismo aumento o fue invariable (Huerta-Leiding, 1991).

La manera de como contribuye la proteína muscular a las vacas que están en periodo de lactación es incierto, sin embargo, el contenido de proteína corporal varía durante los ciclos de lactación de manera similar a como lo hacen las reservas adiposa (Gibb *et al.*, 1992), y estas proteínas tienen un incremento significativo debido al rompimiento del músculo esquelético durante la fase final de la preñez y el inicio de la lactación, como indica la excreción de la 3 metil histidina (Blum, 1985).

Varios estudios han mostrado evidencia que una significativa proporción del carbono y nitrógeno que es secretado en la proteína de la leche, es derivado de la proteína muscular, sobre todo cuando los nutrientes suplementan los requerimientos nutricionales de la vacas (Wilson *et al.*, 1988) y de las cabras (Fenster y Pfeffer, 1982). Sin embargo, la cantidad de carbono y nitrógeno almacenado en la leche que está

presente antes de la secreción láctea, puede influenciar la tasa por la cual la proteína de la leche es secretada. La cantidad de proteína corporal que una vaca en lactación puede perder es importante, no solo por ser el origen de aminoácidos que dan soporte a la lactación, sino también porque esta disminución puede actuar como un regulador directo del flujo de nutrientes de la dieta dentro de la leche (Moorby *et al.*, 2000).

El balance energético negativo lidera una respuesta en el cual el tejido adiposo (por incremento de la lipólisis), el hígado (por incremento de la gluconeogénesis y glicólisis), el músculo (por la movilización de proteína), el hueso (por la movilización de minerales) y el tracto gastrointestinal (por incremento de su capacidad y actividad) están involucrados (Lucy *et al.*, 1991). Con la movilización de 50 a 60 kg de grasa durante el inicio de la lactación, el tejido adiposo cuantitativamente representa el almacenamiento de energía corporal más importante (Smith y McNamara, 1990). La proteína corporal y el glucógeno hepático energéticamente juegan un menor rol (Schroder y Staufenbiel, 2006).

Cambios en la condición corporal en el primer mes de lactación, tienen una fuerte influencia sobre el incremento en la producción de leche. Sin embargo, una extrema deficiencia de energía con excesiva lipólisis ha sido asociado con desordenes en la salud animal como hígado graso y cetosis, resultando en una reducción en la producción de leche (Waltner *et al.*, 1993), así como problemas reproductivos (Pyrce *et al.*, 2001).

## **2.8 METABOLISMO DE LÍPIDOS EN LOS RUMIANTES**

### **2.8.1 Fermentación de lípidos**

La fermentación en el rumen es el resultado de actividades físicas y microbiológicas que transforman los componentes de la dieta en productos que son útiles (ácidos grasos volátiles, proteína microbiana, vitaminas del grupo B), inútiles (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) o incluso nocivos (amoníaco, nitrato) para el animal huésped. Los rumiantes mantienen la población microbiana en el rumen al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los productos microbianos y los residuos alimenticios no digestibles, y manteniendo unas condiciones (pH, temperatura y humedad) apropiadas para el crecimiento microbiano (Owens y Goetsch, 1993).

Los lípidos de los alimentos se presentan como lípidos estructurales en las hojas de plantas forrajeras y como lípidos de almacenamiento en semillas oleaginosas. Los lípidos de plantas forrajeras se encuentran en las membranas celulares y constituyen del 3 al 10% de la materia seca. Menos del 50% de los lípidos totales son ácidos grasos libres y la mayoría son fosfolípidos, predominando los ácidos palmítico, linoléico y linolénico. En las semillas de oleaginosas, del 65 al 80% de los lípidos son ácidos grasos libres, en los que prevalecen los ácidos palmítico, oléico y linolénico. Los microorganismos ruminales hidrolizan rápidamente los lípidos de la dieta y convierten con rapidez la mayoría de ellos en ácido esteárico, al usar los ácidos grasos no saturados (oleico, linoléico y linolénico) como aceptores de hidrógeno. La mayoría de los ácidos grasos no saturados de las plantas se encuentran en configuración *cis*. Los microorganismos ruminales sintetizan también lípidos microbianos a partir de AGV y gran parte de éstos se encuentran en configuración *trans*. Los alimentos no contienen por lo general más del 5% de materia seca como lípidos (Leek, 1999).

Los microorganismos consisten principalmente en una población mixta interdependiente de bacterias, pero también de hongos del tipo de las levaduras y de protozoarios. Debido a la cubierta impermeable de la mayoría de las superficies vegetales, los microorganismos pueden fermentar sólo después de entrar en la planta por los poros de la hoja y los extremos rotos, de aquí la importancia de masticar el alimento y el bolo de la rumia. Un poco de oxígeno atrapado entra con el alimento y el agua, y algo de oxígeno se difunde a través de la pared del estómago anterior, pero las especies de bacterias anaerobias facultativas lo utilizan rápidamente. La mayoría de los microorganismos, en particular los protozoarios, son anaerobios estrictos y por consiguiente, las principales vías de fermentación son la hidrólisis y la oxidación anaerobia, que incluyen la eliminación de hidrógeno, en vez de la adición de oxígeno. Así, el ambiente del rumen tiene una necesidad notable de varias reacciones que acepten hidrógeno para reoxidar coenzimas reducidas, como  $\text{NADPH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NADP}^+ + 2\text{H}$ . El hidrógeno potencial se libera como hidrógeno gaseoso sólo en circunstancias excepcionales (Barry, 1999).

Los AGV se disocian y no se disocian parcialmente, en función del pH. Por conveniencia, la fermentación se considera como las primeras tres etapas de un proceso microbiano de cuatro etapas: La primera etapa incluye la hidrólisis de los polisacáridos vegetales en sus componentes monosacáridos y posteriormente, la

conversión de éstos en fructosa -1.6 difosfato. Esto se logra por medio de la glucosa en los casos del almidón y la celulosa, por medio de la fructosa en el caso de los fructosanos y por medio de la xilosa en los casos de las hemicelulosas y de la pectina. La segunda etapa incluye la vía de Embden-Meyerhof para la oxidación anaerobia de la fructosa -1.6 difosfato a piruvato por medio del fosfoenolpiruvato. La tercera etapa abarca las reacciones que producen los metabolitos finales de la fermentación. El fosfoenolpiruvato es el origen de la vía que produce acetato, parte del butirato y un intermediario transitorio (formato), el cual se convierte en metano. El piruvato es el origen de las vías que 1) producen butirato por medio de  $\beta$  - OH butirato; 2) producen propionato por medio de oxalacetato y succinato; y 3) también producen cerca del 10%, aunque en ocasiones hasta el 30%, del propionato total, por medio de lactato y acrilato. La formación de metano y propionato es un medio importante de reoxidación de coenzimas reducidas para que se pueda disponer nuevamente de ellas para reacciones de oxidación (deshidrogenación). La cuarta etapa de la actividad microbiana es la síntesis de compuestos microbianos, es especial la formación de aminoácidos, mediante el uso de los intermediarios de las etapas 1 a 3, acoplados a transaminación (Leek, 1999).

### **2.8.2 Digestión y metabolismo ruminal de los lípidos**

A los ácidos grasos libres de cadena corta (entre dos y seis carbonos), la microbiota del rumen los emplea *in situ*, creando algunas estructuras necesarias para su metabolismo o para la síntesis de algunos aminoácidos, o son absorbidos a través de la pared del rumen; los ácidos grasos de cadena media y larga (de ocho o más carbonos), los utilizan las bacterias para la síntesis de sus lípidos estructurales o para cubrir otras funciones. Los ácidos grasos que no son utilizados por las bacterias del rumen abandonan este compartimiento retículo-ruminal junto con el resto del contenido ruminal. Aquellos ácidos grasos insaturados no usados por los microbios de rumen, antes de abandonar este receptáculo, son hidrogenados casi en su totalidad (depende de la ingesta); el glicerol libre es completamente utilizado por las bacterias, *in situ*, como fuente de energía o para generar algún otro ácido graso como el propiónico. En términos generales, la ingesta de lípidos por los animales rumiantes es pequeña si se trata de una dieta a base de forrajes; si la dieta está complementada con cereales, granos y subproductos de oleaginosas o derivados grasos, la ración tendrá una mayor cantidad de lípidos y/o grasas. De la cantidad de estos compuestos

que se hallan en la dieta de los rumiantes dependerá la eficiencia del ataque y de la utilización por las bacterias del rumen (Owens y Goetsch, 1993).

Se ha demostrado que las bacterias son las principales utilizadoras de estos elementos (como entidades más abundantes en el contenido ruminal) y que los protozoarios son mucho menos eficientes en la utilización de estos componentes. Las bacterias primarias son las que degradan los componentes efectivos del alimento y se denominan celulolíticas o amilolíticas, según su preferencia por la celulosa o el almidón, respectivamente. Las bacterias secundarias utilizan como sustrato a los productos terminales de las degradaciones bacterianas primarias; este grupo incluye a las bacterias del propionato que utilizan lactato, las cuales producen parte del propionato, y las bacterias metanógenas que utilizan hidrógeno, mismas que producen gas metano. Se sabe poco acerca de la importancia de los hongos del rumen en la fermentación. Los protozoarios se alimentan de las bacterias ruminales, de gránulos de almidón y otros materiales de fácil digestión, que incluyen probablemente los ácidos grasos poliinsaturados, ácidos linoléico y linolénico, de los alimentos (Leek, 1999).

Los protozoarios, las bacterias primarias celulolíticas y la mayoría de las bacterias secundarias, requieren un pH de 6.2 o mayor, mientras que las bacterias amilolíticas son activas en condiciones más ácidas, cerca de un pH de 5.8. En general, el número de microorganismos aumenta con la calidad y cantidad del alimento, y los protozoarios son especialmente abundantes cuando se proporcionan dietas ricas en almidón (Leek, 1999).

El mayor cambio de los lípidos de la dieta en el rumen es el de hidrolizar los ácidos grasos poliinsaturados a ácidos grasos saturados (principalmente a ácido esteárico) o a isómeros *trans* de ácidos grasos monoinsaturados (Ferlay *et al.*, 1992). Los lípidos de la dieta pueden ser afectados por la digestión ruminal; estos efectos son el de reducir la digestibilidad de la fibra, la producción de metano y el de reducir el ratio acetato:propionato (Chilliard, 1993). Estos efectos pueden ser dados por la reducción en el crecimiento de protozoos y bacterias, especialmente las bacterias celulolíticas (Huerta-Leiding, 1991).

La gran disparidad existente entre la grasa dietética y la depositada en los rumiantes pone fácilmente de manifiesto que los ácidos grasos de la dieta deben experimentar una modificación profunda. La biohidrogenación tiene lugar en el rumen

y los microbios son los responsables de la misma. Este proceso es el resultado de la adición de H a los ácidos grasos con dobles enlaces. La biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados constituye un mecanismo importante a través de la cual los microbios pueden disponer de H procedentes de un ambiente ruminal en vías de reducción. Si la operación se llega a completar, todos los dobles enlaces se convierten en enlaces sencillos y los ácidos grasos quedan saturados. Casi todos los ácidos grasos vegetales insaturados presentan la configuración *cis* entre los átomos de carbono insaturados y, como consecuencia, la grasa depositada en los rumiantes refleja la dieta y la mayoría de sus ácidos grasos presentarán la forma *cis*. Es probable que cambios en el pH, intercambio, materia presente en forma de partículas, poblaciones bacterianas existentes y su predominancia relativa influyan también sobre el grado de saturación que se produce (Byers y Schelling, 1993).

La hidrogenación de ácidos grasos insaturados y los efectos de los lípidos de la dieta sobre la digestión de dietas basales son difíciles de predecir y son altamente variables, las cuales dependen de la naturaleza y cantidad de lípidos de la dieta, la eficacia y el tipo de tratamientos que se realizaron a los alimentos ingeridos y la naturaleza y cantidad de forrajes, concentrados y minerales (particularmente el calcio) en la dieta, que influencía el ecosistema microbiano, el tránsito de la digesta, o la interacción de los ácidos grasos con la digestión (Tamminga, 1991).

### **2.8.3 Hidrólisis de los lípidos de la dieta**

Una pequeña cantidad de lípidos monoinsaturados que entran con los forrajes no causan un importante efecto sobre la fermentación ruminal, pero si se ingieren en exceso estos ácidos grasos y a su vez triglicéridos pueden causar una profunda alteración en el balance a través de la supresión de las bacterias productoras de metano (Van Soest, 1984).

El paso inicial en la transformación de los lípidos de la dieta al entrar al rumen es la hidrólisis de los enlaces de ésteres por enzimas lipolíticas microbianas, este paso es un prerrequisito para la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados (Harfoot y Hazlewood, 1988). Para los rumiantes en pastoreo, la mayoría de los lípidos de la dieta reflejan una considerable cantidad de cloroplastos ingeridos, y ellos comprometen galactolípidos (mono y digalactosildiglicéridos), sulfolípidos (sulfoquinovosildiglicerido) y fosfolípidos (principalmente fosfatidil colina, fosfatidil



glicerol y fosfatidil etanolamina); en contraste, animales que reciben cereales o concentrados que contienen semillas oleaginosas pueden tener triglicéridos como el origen de los lípidos que se ingieren.

La hidrogenación se realiza en el rumen, y en menos extensión, en otras regiones del intestino (Harfoot y Hazlewood, 1988). Otros autores (Faruque *et al.*, 1974), comentan que las enzimas de los microorganismos del rumen son los responsables de la degradación de los lípidos de las plantas. La acumulación de fosfolípidos es un indicativo de síntesis microbial (Van Soest, 1982).

#### **2.8.4 Función de las bacterias**

Cuando hay presencia de bacterias lipolíticas con potencial para degradar diferentes componentes lipídicos de la dieta demuestran, que los diglicéridos son hidrolizados más rápidamente que los triglicéridos, y que los fosfolípidos y galactolípidos no son atacados por estas, lo que sugiere que no juegan un rol importante en la digestión de lípidos en animales que reciben forrajes ricos en contenido lipídico.

La producción de fosfolipasas y la habilidad para hidrogenar ácidos grasos insaturados son propiedades encontradas en una sola proporción de bacterias del rumen (Harfoot y Hazlewood, 1988). La *Butyrivibrio S2*, es la que presenta tener un mayor papel en el metabolismo de los lípidos de la dieta *in vivo*. Los ácidos grasos de cadena larga necesarios para el crecimiento de estos organismos fueron obtenidos por la hidrólisis de enlaces de ésteres en galactolípidos, fosfolípidos y sulfolípidos (Harfoot y Hazlewood, 1988).

La producción de fosfolipasas y la habilidad para hidrogenar los ácidos grasos insaturados, son propiedades encontradas individualmente en solamente una pequeña proporción de bacterias ruminales (ver cuadro 3 mas adelante).

### **2.9 BIOHIDROGENACIÓN EN EL RUMEN**

#### **2.9.1 Función de las partículas de alimento**

La función de las partículas del alimento en la biohidrogenación es incierto. Experimentos usando contenidos fraccionados de rumen presentaron que la

biohidrogenación sucede más rápidamente cuando hay presencia de partículas de alimento, que cuando no hay presencia de ellas (Viviani y Borgatti, 1967). (Harfoot *et al.*, 1975) presentaron que casi el 80% de la biohidrogenación del ácido linoléico ocurre cuando hay presencia de partículas de alimento en el rumen.

### **2.9.2 Especies de bacterias responsables de la biohidrogenación**

La división realizada por Hazlewood *et al* (1976) fue elaborada basándose en el patrón de productos finales que ocasionaban cada tipo de bacterias y por la isomerización realizada, luego en el año de 1984, Kemp y Lander dividieron estas bacterias en dos grupos, las cuales se observan en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Bacterias ruminales con habilidad para hidrogenar los ácidos linolénico, ácido linoléico y ácido oléico.**

Grupo	Bacteria	Producto final de la hidrogenación de		
		Ac. linolénico	Ac. linoléico	Ac. oléico
A	<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>		18.1 (46%)	
A	<i>B.fibrisolvens</i> A38		18.2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11 ( 68%	No hidrogena
A	<i>B.fibrisolvens</i> A38	18.3 <i>cis</i> 9, <i>trans</i> 11, <i>cis</i> 15	18.2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	
A	<i>B.fibrisolvens</i> S2	18.1 <i>trans</i> -11	18.1 <i>trans</i> -11	
A	<i>Treponema</i> ( <i>Borrelia</i> )	Isomeriza	18.2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 (5%)	
A	<i>Micrococcus</i> sp	isomeriza	18.1 <i>trans</i> -11 ( <i>mayor intermediario</i> )	
A	<i>Ruminococcus albus</i> F2	18.1 <i>trans</i> (95%)	18.2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	
A	<i>Eubacterium</i> F2	18.3 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	18.2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	No hidrogena
B	<i>Fusocillus babrahamensis</i> /2	18.3 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	18.2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	18.0 (80%)
B	<i>Fusocillus</i> T344	18.3 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	18.2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	18.1 <i>trans</i> -11
B	R8/5 Gram (-)	18.2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15 (25%)	C18.1 <i>trans</i> -11 (50%)	18.1 <i>cis</i> -9 (60%)

Fuente: (Kemp y Lander, 1984)

### 2.9.3 Bioquímica de la biohidrogenación

El ácido graso que entra en mayor cantidad al rumen de un animal en pastoreo es el ácido linolénico (*cis-9, cis-12, cis-15- ácido octadecatrienoico*), el cual presenta en mayor cantidad glicolípidos y en menor cantidad fosfolípidos. En rumiantes que son suplementados con concentrados, ingieren considerables cantidades de ácido linolénico (*cis-9, cis-12- ácido octadecadienoico*), el cual presenta considerables cantidades de triglicéridos (Hazlewood *et al.*, 1976).

El paso inicial en la biohidrogenación es una reacción de isomerización que convierte el doble enlace *cis* -12 de un ácido graso insaturado a un isómero *trans* – 11. La isomerasa no es funcional a no ser que los ácidos grasos tengan un grupo carboxilo libre, como en el ácido linoléico (C18:2 $\Delta$ 9,12) el cual tiene presente en su configuración un doble enlace *cis* – 9 y el *cis* – 12. Una vez el enlace *trans* – 11 es formado por la acción de la isomerasa, con presencia de alguna de las bacterias del grupo A, entonces la hidrogenación del enlace *cis* – 9 en C18:1 ocurre por acción de una reductasa microbial, donde también actúan algunas de las bacterias pertenecientes al grupo A. El grado en el cual el C18:1 *trans* – 11 es hidrogenado a C18:0, es dependiente de las condiciones que existan en el rumen y en donde participan bacterias que están clasificadas en el grupo B (Jenkins, 1993).

Sin embargo, varios métodos de tratamiento han sido utilizados para proteger los ácidos grasos de la dieta contra los microorganismos ruminales o el de protegerlos de la biohidrogenación que se efectúa en el rumen. Estos tratamientos, intentan hacer los lípidos más inertes a las condiciones del rumen, incluida la hidrogenación o saponificación de los ácidos grasos, cristalización de las grasas, encapsulación de los lípidos en una cubierta de proteína tratada con formaldehído (Chilliard, 1993). La hidrogenación también puede ser inhibida o evitada al alimentar los animales con una gran cantidad de ácidos grasos insaturados como el aceite de linaza, semillas de girasol o aceites de hígado de bacalao (Pérez *et al.*, 1997).

### 2.9.4 Composición de lípidos microbiales

(Garton y Oxford, 1955) concluyeron, que de los lípidos presentes en las bacterias del rumen, el 39% eran fosfolípidos, el 38% lípidos neutrales, 12% de ácidos grasos volátiles y 10% de material no saponificable. Análisis realizados por (Kunzman *et al.*, 1973) comentaban que las membranas de algunas especies de bacterias, son

ricos en algunos e inusuales lípidos. Esto particularmente se presentó en las membranas de *Butyrivivrio* y *Bacteroides rumenicola*, las cuales contenían casi un 50% de esfingolípidos.

### **2.9.5 Biosíntesis de ácidos grasos por microbios ruminales**

Los ácidos grasos de los microorganismos del rumen son generados por la síntesis *de novo* y a través directa de la incorporación de precursores moleculares que pueden ser de origen dietario.

Es sabido que ciertas ramificaciones de cadenas de ácidos grasos, particularmente series *iso* y *anteiso* pueden aparecer en los lípidos del tejido y leche de los rumiantes, los cuales son de especies de lípidos que se encuentran en las bacterias del rumen. Estos ácidos son sintetizados por elongaciones de cadenas ramificadas, los cuales son precursores generados por el metabolismo de cadenas ramificadas de aminoácidos (Garton, 1977).

Especies seleccionadas como *Ruminococcus flavefaciens*, *Selonomonas ruminantium* y *Preotella rumenicola*, son capaces de sintetizar y elongar ramificaciones de ácidos grasos vía acetato o glucosa (Patton *et al.*, 1970).

La adición de ácidos grasos de cadena corta (butírico, isobutírico, isovalérico y 2-metil butírico) a medios de cultivo, incrementaron la formación de ácidos de cadena larga, como por ejemplo: C14:0 a C16:0, por la adición de butirato; C14:0 *iso* a C16:0 *iso*, por la adición de isobutirato. La adición de propionato o valerato al medio resultó en la formación de dos nuevos ácidos grasos de cadena impar, C15:0 y C17:0 (Church, 1976).

### **2.10 DIGESTIÓN DE LOS LÍPIDOS EN EL INTESTINO DELGADO**

Al contrario de lo que sucede con la mayoría de los animales no rumiantes, en los que la grasa llega a la región intestinal esencialmente sin alterar y según la forma en que fue ingerida, la grasa que aparece en el intestino delgado de los rumiantes puede mostrar poco parecido con la grasa de la dieta. En los rumiantes, la mayor parte de la grasa llega al intestino en forma de ácidos grasos no esterificados, altamente insaturados y ligados de forma no iónica en un complejo insoluble de la materia particulada. Los rumiantes suelen digerir los ácidos grasos insaturados en menor

grado que los no rumiantes. Sin embargo, la situación es diferente para los ácidos grasos saturados, que son digeridos de forma más completa en el intestino de los rumiantes que en el de los no rumiantes. En esencia, los ácidos grasos de cadena larga no abandonan el tracto digestivo antes de llegar al intestino delgado y, como consecuencia, con la contribución de la síntesis microbiana en el rumen, las cantidades de lípidos que llegan al duodeno suelen superar a la cantidad ingerida. El intestino delgado es responsable, por consiguiente, de la absorción de todos los lípidos de cadena larga. Aunque esto sitúa a los rumiantes en la misma posición que a los no rumiantes, difieren las restricciones en la digestión (Byers y Schelling, 1993).

Probablemente, la mayor diferencia consiste en las distintas secreciones del tracto digestivo que influyen en el pH, capacidad tampón, niveles enzimáticos y actividad de los enzimas. El pH bajo en la mitad superior del intestino delgado reduce la solubilidad de los ácidos grasos y de los ácidos biliares. Los ácidos biliares son esenciales para la absorción de los ácidos grasos en los rumiantes, debido a que determinan una dispersión de los ácidos grasos como resultado de su acción detergente. Para que la digestión siga su curso normal son precisos tanto el jugo pancreático como la bilis. En los rumiantes los conductos pancreático y biliar convergen en un conducto común en su entrada en el duodeno (Leek, 1999).

### **2.10.1 Secreciones biliares**

La bilis de los rumiantes contiene unos 1400 mg de lípidos/dl, con la fosfatidilcolina representando el 80% de esta fracción. Los principales ácidos grasos presentes en la fosfatidilcolina de la bilis de los rumiantes alimentados con dietas normales incluyen los ácidos palmítico, esteárico, oléico, linoléico y linolénico, junto con pequeños porcentajes de intermediarios precedentes de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados. En contraste con los no rumiantes, la fosfatidilcolina de los rumiantes contiene muy poca cantidad de los ácidos linoléico y araquidónico y cantidades más apreciables de oleico; esto es en gran parte un reflejo del aporte sistémico porque cuando se ingieren lípidos protegidos, el contenido en linolénico de la fosfatidilcolina es similar al de los no rumiantes (Byers y Schelling, 1993).

### **2.10.2 Secreciones pancreáticas**

Las secreciones pancreáticas, aunque con una magnitud muy inferior a la de la bilis, son claramente importantes para la digestión de los lípidos. Aunque la actividad lipasa es mucho menor en el jugo pancreático de los rumiantes, las propiedades de las enzimas son muy similares a las de la lipasa de los no rumiantes. Para que sea óptima la actividad de la enzima precisa un pH de 7.5 a 7.8, siendo escasa la actividad por debajo de un pH 5.0. Con el bajo contenido en bicarbonato de las secreciones pancreáticas de los rumiantes y la escasa velocidad de su secreción, el intestino delgado permanece ácido hasta la porción inferior del yeyuno (Byers y Schelling, 1993).

### **2.10.3 Regiones intestinales en que tiene lugar la digestión y la absorción**

La entrada de lípidos dietéticos en el intestino delgado va acompañada por la entrada de una cantidad de lípidos adicionales, que representa quizás una mitad de los anteriores, en forma de secreciones intestinales, principalmente de origen biliar. Esto aumenta notablemente la fracción de fosfatidilcolina que se mantiene a lo largo de resto del duodeno y parte anterior del yeyuno. La hidrólisis de los fosfolípidos tiene lugar principalmente en la porción media del yeyuno. En la mayor parte del intestino delgado, los lípidos de la digesta se mantienen asociados de manera predominante con la fracción particulada. Los lípidos absorbidos, tanto de origen exógeno como endógeno, deben ser transferidos a la fracción micelar antes de que pueda iniciarse su absorción, una actividad que es realizada principalmente por los componentes de la bilis. El 20% aproximadamente de los ácidos grasos absorbidos en el intestino delgado son absorbidos en la parte superior del yeyuno, donde el pH suele ser de 4.0 o menor. Otro 60% se absorbe en el resto del yeyuno, alcanzándose una absorción casi completa antes del íleon. Por consiguiente, la mayoría de los ácidos grasos son absorbidos en el intestino delgado en una región que mantiene un medio ambiente muy ácido en contraste con lo que sucede en los no rumiantes, ya que en los mismos la absorción se produce en un medio más neutro (Randall *et al.*, 1998).

## **2.11 SÍNTESIS DE ÁCIDOS GRASOS**

La acetil-coenzima A (acetil-CoA) se forma dentro de las mitocondrias a partir de la glucosa por medio de la oxidación de piruvato. Sin embargo, no se difunde directamente como tal hacia el citosol extramitocondrial, el sitio principal de síntesis de

ácidos grasos. El citrato es formado después de la condensación de la acetil-CoA con el oxaloacetato en el ciclo del ácido cítrico; de allí, se transfiere hacia el compartimiento extramitocondrial mediante el transportador de tricarboxilatos, donde en presencia de CoA y Adenosín trifosfato (ATP) se fragmenta en acetil-CoA y oxaloacetato, utilizando la ATP citrato liasa como catalizador. Esta enzima incrementa su actividad cuando hay un estado de buena alimentación. Entonces, la acetil-CoA está disponible para la formación de malonil-CoA y la síntesis de palmitato. El oxaloacetato obtenido forma malato por medio de la malato deshidrogenasa dependiente de NADH, seguida por la generación de NADPH gracias a la enzima málica. El NADPH queda entonces disponible para la lipogénesis, y el piruvato se puede utilizar para regenerar acetil-CoA después de ser transportado hacia la mitocondria. Esta vía es un medio para transferir equivalentes reductores desde el NADPH extramitocondrial hasta el NADP. Como alternativa, el malato en sí se puede transportar hacia la mitocondria, donde es capaz de volver a formar oxaloacetato. En los rumiantes hay poco ATP citrato liasa o enzima málica, probablemente debido a que en estas especies el acetato (derivado del rumen y activado a acetil-CoA fuera de la mitocondria) es la fuente principal de acetil-CoA (Mayes y Botham, 2004).

## **2.12 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LÍPIDOS**

Los lípidos plasmáticos comprenden triglicéridos (16%), fosfolípidos (30%), colesterol (14%) y ésteres de colesterol (36%) y una fracción más pequeña de ácidos grasos de cadena larga no esterificados (ácidos grasos libres) (4%). Existen cuatro grupos de lipoproteínas plasmáticas que son muy importantes fisiológicamente (Mayes y Botham, 2004):

- Quilomicrones: derivados de la absorción intestinal de triacilglicerol y otros lípidos.
- Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL): obtenidas del hígado para la exportación de triacilglicerol.
- Lipoproteínas de baja densidad (LDL): que representan la etapa final en el catabolismo de VLDL.
- Lipoproteínas de alta densidad (HDL): que intervienen en el metabolismo de VLDL y quilomicrones y también en el transporte de colesterol.



Las apolipoproteínas desempeñan varias funciones: 1) forman parte de la estructura de la lipoproteína, 2) son cofactores de enzima, 3) actúan como ligandos para la interacción con receptores de lipoproteínas en tejidos.

El triacilglicerol se hidroliza en el endotelio en forma progresiva a diacilglicerol y luego hasta monoacilglicerol; éste se hidroliza por último a ácido graso libre más glicerol. Algunos de los ácidos grasos liberados vuelven a la circulación, unidos a la albúmina, pero la mayor parte se transporta hacia el interior del tejido (Mayes y Botham, 2004).

Los ácidos grasos libres (AGL) se eliminan con extrema rapidez de la sangre y se oxidan con lo que aportan 25 a 50% de la cantidad necesaria de energía en el estado de ayuno. En el ayuno, los lípidos no esterificados en la circulación o en los tejidos se oxidan también, en particular en el corazón y las células del músculo esquelético, donde se encuentran reservas considerables de lípidos. La captación de AGL por los tejidos se relaciona en forma directa con la concentración plasmática de ácidos grasos libres, la cual está determinada, a su vez, por la tasa de lipólisis en el tejido adiposo. Después de la disociación del complejo ácido graso-albúmina en la membrana plasmática, los ácidos grasos se unen con una proteína transportadora de ácidos grasos de la membrana que actúa como un cotransportador transmembrana con sodio. Los ácidos grasos libres se enlazan, al entrar al citosol, mediante las proteínas de enlace de ácidos grasos intracelulares (Mayes y Botham, 2004).

En las células de la mucosa intestinal, los triacilgliceroles se resintetizan a partir de ácidos grasos y monoacilgliceroles y, posteriormente, se empaquetan en las partículas de lipoproteínas transportadoras denominadas quilomicrones, los cuales se liberan al sistema linfático y después pasan a la sangre. Estas partículas se unen a las lipoprotein lipasas ligadas a membrana, principalmente del tejido adiposo y del músculo, donde una vez más se degradan los triacilgliceroles a ácidos grasos y monoacilgliceroles para ser introducidos en el tejido. Dentro de la célula, los triacilgliceroles se vuelven a resintetizar y se almacenan. En el músculo pueden ser oxidados para proporcionar energía (Stryer, 1995).

Existen dos teorías en la forma en que los ovinos depositan las reservas energéticas, las cuales se podrían aplicar en ganado caprino donde se comenta que el tejido adiposo se acumula en diferentes depósitos corporales, pero ellos no aumentan

de la misma manera durante el periodo del crecimiento animal. Wood *et al* (1980) mencionan que el orden en que se depositan las grasas en el organismo animal es primero la intermuscular, seguida por la perirrenal, después se deposita la omental y por último la subcutánea. Sin embargo Hood (1982) comenta que la grasa intramuscular es el último depósito en desarrollarse totalmente.

### **2.13 COMPOSICIÓN DE ACIDOS GRASOS DEL TEJIDO GRASO EN CAPRINOS**

Las investigaciones concernientes a la composición del tejido adiposo en la canal de la cabra en cuanto a ácidos grasos presentes han sido muy escasas, comparadas con los estudios realizados en productos como la leche o la canal de otras especies animales (Banskalieva *et al.*, 2000). Sin embargo, en algunos estudios se ha evaluado la composición de la grasa en la cabra proveniente de diferentes músculos y partes de su cuerpo. El objetivo de algunos de estos experimentos ha sido el de determinar la composición de la grasa en términos de ácidos grasos (AG) presentes y su influencia en la calidad de la carne (Banskalieva *et al.*, 2000).

En cabras, los perfiles de AG provenientes del tejido adiposo están influidos por la dieta (Potchoiba *et al.*, 1990 y Mahgoub *et al.*, 2002) y por la edad (Zygoiannis *et al.*, 1992). La gran disparidad entre las grasas provenientes de la dieta y la de los tejidos en los rumiantes se presenta inicialmente por la hidrogenación de los lípidos de la dieta causada por las bacterias del rumen (Mendizábal *et al.*, 2006).

La composición de ácidos grasos de los tejidos provenientes de cabritos refleja la constitución de AG de la leche consumida por éstos (Sauvant *et al.*, 1979; Bas *et al.*, 1987a y Nitsan *et al.*, 1987), mientras que la composición de AG en animales de mayor edad resulta de la actividad de las bacterias ruminales, con un aumento en la cantidad de ácidos grasos saturados (AGS) e isómeros conjugados de ácido linoléico. Algunos estudios han demostrado que en las cabras y las ovejas, las dietas basadas en cereales producen un alto porcentaje de ácidos grasos saturados (AGS) en el tejido adiposo subcutáneo (Hervieu *et al.*, 1987 y Bas *et al.*, 1987b).

Similar a otras especies productoras de carne, la mayoría de los lípidos musculares encontrados en los caprinos son los ácidos oléico, palmítico, esteárico y linoléico. Los AGS incluyen primordialmente ácidos mirístico, palmítico y oléico; los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) son primordialmente los ácidos palmitoléico y

oléico y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) son los ácidos linoléico, linolénico y araquidónico (Banskalieva *et al.*, 2000).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Evaluar la utilidad de un método de calificación de condición corporal como estimador indirecto de la composición corporal en cabras de genotipo cárnico y lechero.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

Describir las características de medidas zoométricas y composición corporal de acuerdo a la calificación de condición corporal estimada a través de la técnica indirecta de palpación en la región lumbar en genotipos caprinos lecheros y cárnicos.

Evaluar la relación entre la calificación de la condición corporal lumbar con la esternal y con la deposición de grasa corporal en los genotipos estudiados.

Determinar la relación que existe entre la condición corporal, el genotipo y su interacción, en la deposición de ácidos grasos intramusculares del músculo *Longissimus dorsi*.

#### **4. HIPÓTESIS**

Las metodologías para calificar la condición corporal, basadas en la palpación de zonas específicas para valorar el volumen de tejidos graso y muscular presentes en ellas, tienen una confiabilidad limitada en cabras para estimar la composición corporal y a su vez esa confiabilidad se ve influida en forma importante por el genotipo (cárnico vs. lechero).

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1 Ubicación y espacio

El presente trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza Práctica, e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que se localiza en el km 28.5 de la carretera federal México-Cuernavaca, San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, a 19º latitud norte y 99º latitud oeste, a una altitud de 2740 msnm, con un clima Cw, templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura anual mínima de 7°C y una máxima de 24°C, y con precipitaciones pluviales que oscilan entre los 800 y 1200 mm anuales (García, 1988).

### 5.2 Unidad experimental y criterios de selección

Para el estudio se utilizaron 24 cabras que no estaban en ninguna actividad productiva entre 2 y 5 partos, de las cuales 12 eran de tipo lechero (Alpina Francesa) y 12 de tipo cárnico (Boer). Dentro de cada genotipo se formaron 3 grupos de 4 cabras cada uno, de acuerdo con su calificación de condición corporal lumbar, según el método propuesto por Hervieu *et al* (1991), donde el grupo uno estuvo conformado por animales con una evaluación de la CC lumbar menor a 2, el grupo dos, por animales con una evaluación lumbar entre 2 y 3 y el tercer grupo, conformado por animales con una evaluación lumbar mayor a 3.



**Figura 1. Animal con una condición corporal lumbar menor a 2**



**Figura 2. Animal con una condición corporal lumbar entre 2 y 3**



**Figura 3. Animal con una condición corporal lumbar mayor a 3**

A todos los animales se les tomaron las siguientes medidas zoométricas con un metro elástico: largo del animal, el cual fue medido desde la cruz a la base de la cola, altura a la cruz, perímetro mayor del tórax, perímetro abdominal entre la 3 y 4 vértebra lumbar y el hemiperímetro, el cual es medido desde el inicio del esternón hasta el cartílago xifoideos.

Una vez realizadas las mediciones antes mencionadas, las cabras se dietaron durante un periodo de 18 a 24 horas para evitar que el alimento consumido fuera a alterar los pesos reales de los animales y se pesaron antes para obtener su peso vivo. Las animales fueron insensibilizados mediante destrucción del encéfalo por medio de una pistola de émbolo oculto y luego se sacrificaron por corte en las venas yugulares. Se procedió a retirar y pesar la cabeza, los miembros anteriores al nivel de la articulación carpo metacarpiana, los miembros posteriores a nivel de la articulación

tarso metatarsiana y la piel. Luego los animales se evisceraron, dejando en la canal los riñones y su cubierta adiposa.

Posteriormente las canales fueron lavadas con agua fría y dejadas escurrir por un tiempo aproximado de 10 minutos para después ser pesadas y así determinar el peso de la canal caliente. Una vez que todos los animales fueron sacrificados y eviscerados, las canales se refrigeraron a una temperatura de 4°C durante 24 horas. Se procedió a pesar la canal para determinar el peso de la canal fría y poder obtener el rendimiento de la canal en matadero y el rendimiento verdadero (Colomer-Rocher *et al.*, 1992; Ruvuna *et al.*, 1992).

Después de determinar el peso de las canales, se procedió a retirar los riñones y su envoltura adiposa y se pesaron. La canal fue dividida en dos porciones y para el presente estudio se dejó la media canal izquierda, la cual fue despiezada según el método americano (USDA, 2001), para obtener ocho porciones: cuello, espalda, pecho, chambarete, costillar, lomo, falda y pierna.

A las piezas obtenidas se les realizó la disección correspondiente; se midieron el peso total, los pesos de músculo, hueso, grasa (la cual fue dividida en subcutánea, intermuscular e interna, esta última es la remanente de grasa superficial en la cara opuesta a la que da hacia la piel que queda en la canal después de retirar la cubierta adiposa de la riñonada) y el peso de otros (fascia, tendones, ligamentos) y se determinó la diferencia del peso de la pieza completa y el peso total de los tejidos después de la disección. Al realizar la disección del lomo se dejó el músculo *Longissimus dorsi*, en donde inicialmente en una porción se realizó la prueba de corte de Warner-Bratzler, la cual consiste en medir la fuerza de resistencia al corte de la carne en kg/cm<sup>2</sup>, y al músculo restante se le extrajo la grasa intramuscular para posteriormente realizar un perfil de ácidos grasos.

Las pruebas de laboratorio se realizaron en dos fases: la primera, para la extracción de la grasa del músculo *Longissimus dorsi*, según metodología del AOAC (1990), se efectuó en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM. La segunda, para obtener el perfil de ácidos grasos, según el procedimiento propuesto por Folch *et al* (1957) se realizó en el Laboratorio 101 de Química Analítica de la Facultad de Química (UNAM).



### **5.3 Análisis estadístico**

La información resultante fue evaluada mediante análisis de varianza, para un modelo factorial, incluyendo los efectos de genotipo (cárnico, lechero), condición corporal (menor a 2, entre 2 y 3 y mayor a 3) y su interacción, los porcentajes se transformaron en arcoseno para su interpretación. Dichos análisis se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico JMP (SAS, 1989-2003).

## 6. RESULTADOS

En el cuadro 7 se muestran las medias de cuadrados mínimos para los genotipos, grupos de condición corporal y la interacción CC x genotipo evaluados. Se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) por condición corporal en las variables CC lumbar, peso de la canal fría y perímetro abdominal. En estas variables, los animales con CC3 mostraron promedios mayores ( $P < 0.01$ ) seguidos por los de CC2 y, finalmente, por los de CC1. Para el perímetro torácico a nivel del codo, los animales con CC3 presentaron una diferencia marginal ( $P = 0.06$ ) con un valor promedio mayor a los otros dos grupos de CC. Para la variable perímetro abdominal, las cabras con CC1 tuvieron un promedio menor ( $P < 0.01$ ) a los otros 2 grupos de condición corporal.

Hubo diferencias por genotipo en las variables, altura a la cruz y largo del animal medido desde la cruz a la base de la cola, el genotipo lechero presentó promedios marginales mayores ( $P = 0.06$ ) y ( $P = 0.07$ ) al compararlo con el genotipo cárnico, respectivamente.

Por último en la variable peso vivo, se presenta una interacción que fue marginalmente significativa ( $P = 0.07$ ) donde el diferencial de peso entre CC1 y CC2 es +23 kg en GC y +9 kg en GL (es decir el efecto de CC depende del nivel de genotipo; no hay paralelismo), después entre CC2 y CC3 las diferencias por genotipo son similares +10 y +15 kg). En el hemiperímetro, el GC tuvo un incremento gradual a medida que aumenta la CC, a diferencia del GL en el cual prácticamente no hay diferencia de hemiperímetro entre los grupos de CC1 y CC2, y después, hay un aumento importante +5 cm en CC3 ( $P = 0.06$ )

**Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos para las calificaciones de condición corporal, pesos y mediciones morfométricas en los genotipos y grupos de condición corporal y sus interacciones.**

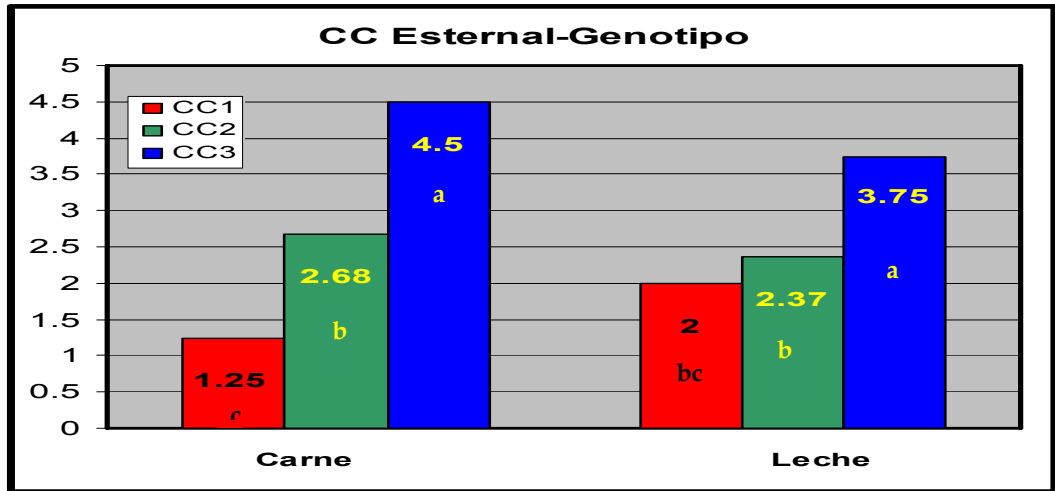
Variable	Genotipo	CC 1 <sup>1</sup>	CC 2	CC 3	EE	Genotipo	Media
<b>CC<sup>2</sup> lumbar</b>		1.37 <sup>a*</sup>	2.53 <sup>b*</sup>	3.86 <sup>c*</sup>	0.21		
	C	1.00	2.43	4.16	0.31	Carne	2.53
	L	1.75	2.62	3.56		Leche	2.64
<b>Peso Vivo (kg)</b>		38.25	54.40	66.84	2.16		
	C	33.01 <sup>a*</sup>	56.57 <sup>cb*</sup>	66.58 <sup>c*</sup>	3.05	Carne	52.05
	L	43.50 <sup>ba*</sup>	52.23 <sup>b*</sup>	67.10 <sup>c*</sup>		Leche	54.27
<b>Altura cruz (cm)</b>		65.50	68.50	67.06	1.23		
	C	64.50	67.62	64.75	1.75	Carne	65.62 <sup>*</sup>
	L	66.50	69.37	69.37		Leche	68.41 <sup>*</sup>
<b>Largo C-BC (cm)</b>		65.12	68.12	72.87	2.17		
	C	63.25	65.75	70.12	3.07	Carne	66.37 <sup>*</sup>
	L	67.00	70.50	75.62		Leche	71.04 <sup>*</sup>
<b>PCF (kg)</b>		19.55 <sup>a*</sup>	26.13 <sup>b*</sup>	35.27 <sup>c*</sup>	1.67		
	C	18.10	27.01	35.00	2.36	Carne	26.70
	L	21.00	25.25	35.53		Leche	27.26
<b>PTC (cm)</b>		84.87 <sup>a*</sup>	90.75 <sup>b*</sup>	99.43 <sup>c*</sup>	2.82		
	C	79.25	95.25	99.75	3.99	Carne	91.41
	L	90.50	86.25	99.12		Leche	91.95
<b>PA 3-4 L (cm)</b>		91.18 <sup>a*</sup>	100.62 <sup>b*</sup>	111.43 <sup>b</sup>	2.92		
	C	86.75	100.25	113.25	4.13	Carne	100.08
	L	95.62	101.00	109.63		Leche	102.08
<b>HMP</b>		39.50	41.50	45.40	0.89		
	C	36.87 <sup>a*</sup>	42.00 <sup>ab*</sup>	44.75 <sup>b*</sup>	1.26	Carne	41.20
	L	42.12 <sup>ab*</sup>	41.00 <sup>ab*</sup>	46.05 <sup>c*</sup>	0.89	Leche	43.20

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por renglón indican diferencias estadísticas entre los grupos de condición corporal, genotipo e interacciones para cada variable.

<sup>2</sup>CC: condición corporal; C: carne; L: leche; C-BC: cruz-base de la cola; PCF: peso canal fría; PTC: perímetro torácico en codo; PA3-4L: perímetro abdominal medido entre la 3 y 4 vértebra lumbar y; HMP: hemiperímetro; \* = (P<0.01); • = (P>0.05).

Cuando se consideró como variable de respuesta la recalificación de CC, utilizando la metodología que se basa principalmente en la cobertura de grasa a nivel externo según el método propuesto por Santucci, se encontró un efecto de interacción (P<0.01) entre CC y genotipo. Las medias correspondientes se muestran en la figura 4. Como puede observarse, en el GC existe una clara separación entre los valores de recalificación con la metodología externa entre los grupos CC1, CC2 y CC3, es decir existe buena concordancia entre las calificaciones de CC obtenidas con la metodología externa y lumbar. A diferencia del GC, en el GL prácticamente no existe separación en los valores de CC externa entre los grupos clasificados como de CC1 y CC2 de acuerdo a la metodología lumbar, es decir en las condiciones baja y media no

existe concordancia entre las calificaciones de CC obtenidas con la metodología esternal y lumbar.



(P<0.01)

Figura 4. Interacción de la CC-genotipo medida a nivel esternal.

En el cuadro 8 se muestran las medias de cuadrados mínimos de los pesos de las grasas abdominal y perirrenal y de sus porcentajes con respecto al peso de la canal fría en las combinaciones genotipo x condición corporal. En dicho cuadro se observa que el peso de la grasa perirrenal del GC presenta un aumento importante (P<0.05) de +1.45g entre el grupo de CC1 y CC2 para luego disminuir -1.55g entre éste grupo frente al de CC3, mientras que para el GL hubo una disminución gradual de peso a medida que aumenta la CC. Mientras que el peso de la grasa abdominal presenta un incremento gradual a medida que aumenta la CC, tanto para el GC como para el GL (P=0.06). En tanto que para los porcentajes de de la grasa perirrenal en el GC, el grupo de CC1 aumentó 8% con respecto al grupo de CC2 para luego disminuir 7% (P=0.06), en tanto que en el GL hay una disminución gradual al ir aumentando la CC; mientras que en el porcentaje de grasa abdominal, el GC la interacción es significativa (P<0.05) y se presenta porque el diferencial entre CC1 y CC2 fue de 10.1%, mientras que entre el grupo de CC2 y de CC3 no existió diferencia, en tanto que para el GL hubo un aumento gradual al ir mejorando la CC (P<0.05).

**Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos para la grasa abdominal y perirrenal, de sus porcentajes y pesos en gramos, para las combinaciones de genotipos x CC evaluados.**

Variable	Genotipo	CC 1 <sup>1</sup>	CC 2	CC 3	Error Estándar	P
<b>GPR (g)<sup>2</sup></b>	C	0.50 <sup>c</sup>	2.95 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>bc</sup>	0.41	*
	L	3.38 <sup>a</sup>	2.18 <sup>abc</sup>	1.84 <sup>abc</sup>		
<b>GPR (%)</b>	C	3.0 <sup>c</sup>	10.9 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>bc</sup>	0.01	0.06
	L	15.7 <sup>a</sup>	8.3 <sup>abc</sup>	5.0 <sup>bc</sup>		
<b>GA (g)</b>	C	1.99 <sup>e</sup>	4.58 <sup>cd</sup>	8.25 <sup>ab</sup>	0.40	0.06
	L	2.96 <sup>de</sup>	6.23 <sup>bc</sup>	8.92 <sup>a</sup>		
<b>GA (%)</b>	C	12.1 <sup>e</sup>	22.2 <sup>bc</sup>	23.9 <sup>ab</sup>	0.02	*
	L	13.6 <sup>de</sup>	17.3 <sup>cd</sup>	24.5 <sup>a</sup>		

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por renglón indican diferencias estadísticas entre los grupos de condición corporal, genotipo e interacciones para cada variable.

<sup>2</sup>GPR: grasa perirrenal; GA: grasa abdominal; % GA: porcentaje grasa abdominal; % GPR: porcentaje grasa perirrenal; \*=(P<0.05).

En el cuadro 9 se presenta el efecto de la condición corporal, el genotipo y su interacción en la prueba de fuerza de corte Warner-Bratzler, en cuyo análisis no se observaron efectos significativos (P>0.05).

**Cuadro 9. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de los valores obtenidos en la prueba de Warner-Bratzler**

Warner-Bratzler (kg/cm <sup>2</sup> )*					
Genotipo	Media	Error Estándar	CC-Genotipo	Media	Error Estándar
<b>Carne</b>	4.22	0.32	<b>1-Carne</b>	5.03	0.58
<b>Leche</b>	4.78	0.29	<b>1-Leche</b>	5.08	0.51
<b>Condición corporal</b>			<b>2-Carne</b>	4.43	0.58
<b>1</b>	5.05	0.39	<b>2-Leche</b>	4.43	0.51
<b>2</b>	4.43	0.39	<b>3-Carne</b>	3.20	0.51
<b>3</b>	4.01	0.36	<b>3-Leche</b>	4.83	0.51

\*No se observaron efectos significativos entre los grupos de CC, genotipo y su interacción. (P>0.05)

En los cuadros 10a y 10b se presentan las medias de cuadrados mínimos para los pesos de las piezas de la canal evaluadas por genotipo. En la variable músculo, el costillar del GL presentó una mayor media ajustada (720.33±40.66g) frente a lo observado en el GC; en la espalda, el GL presentó una mayor media ajustada (1204.91±65.29g) al compararla con el GC, en tanto que para el lomo, el GL tuvo un valor mayor (P<0.05) al confrontarlo contra el GC. El músculo de la pierna del GL presentó un promedio marginal mayor (P=0.07) frente a la pierna del GC. En la variable hueso no se encontró diferencia significativa en las piezas de la canal (P>0.05). Para la variable grasa subcutánea, el cuello del GC fue diferente (P<0.05) al GL. En la grasa interna no se encontró diferencia en ninguna de las medias de las piezas de la canal. La grasa intermuscular del chambarete, la falda y la pierna del GC fueron diferentes (P<0.05) frente al GL. Para la variable grasa total, la falda del GC presentó una diferencia (P<0.05) al compararlo con el GL. El peso final de la falda del

GC tuvo una mayor media ajustada ( $408.91 \pm 25.93g$ ) al compararla con el GL ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 10a. Medias de cuadrados mínimos de los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas de la canal por genotipo.**

Pieza	Genotipo	Músculo (g)	Error Estándar	Hueso (g)	Error Estándar	Grasa subcutánea(g)	Error Estándar	Grasa interna (g)	Error Estándar
Chambarete	C	174.33	11.82	150.00	6.58	3.75	1.35	0.00	1.17
	L	180.75		160.66		3.16		1.66	
Costillar	C	586.25 <sup>b***</sup>	40.66	260.75	22.37	8.66	2.79	51.16	25.42
	L	720.33 <sup>a</sup>		307.50		12.08		19.50	
Cuello	C	507.66	57.40	197.58	21.17	57.83 <sup>a***</sup>	10.24	0.00	0
	L	554.08		209.83		24.41 <sup>b</sup>		0.00	
Espalda	C	1043.66 <sup>b•</sup>	65.29	381.50	26.16	31.50	14.93	48.25	13.65
	L	1204.91 <sup>a</sup>		434.33		41.08		19.66	
Falda	C	181.16	13.55	5.41	3.54	66.08	12.06	0.00	2.06
	L	167.91		0.00		47.61		2.91	
Lomo	C	625.08 <sup>b***</sup>	39.28	188.41	24.00	25.91	9.11	77.50	14.06
	L	737.50 <sup>a</sup>		179.16		7.00		45.25	
Pecho	C	556.66	48.98	253.66	18.44	135.58	16.46	12.16	2.44
	L	625.58		290.75		89.66		7.75	
Pierna	C	1911.66 <sup>b•</sup>	91.30	680.66	37.15	109.33	22.47	176.91	20.21
	L	2160.41 <sup>a</sup>		731.58		160.58		179.08	

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por pieza indican diferencias estadísticas entre los grupos de genotipo para cada variable.

<sup>2</sup>CC: condición corporal; C: carne; L: leche.

\*=(P<0.0001); \*\*=(P<0.001); \*\*\*=(P<0.05); •=(P>0.05)

**Cuadro 10b. Medias de cuadrados mínimos de los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas de la canal por genotipo.**

Pieza	Genotipo	Grasa intermuscular(g)	Error Estándar	Grasa total (g)	Error Estándar	Peso final (g)	Error Estándar
Chambarete	C	10.75	2.26	14.50	2.37	399.41	20.11
	L	6.08		10.91		412.33	
Costillar	C	416.75	57.84	476.58	53.67	1432.41	86.33
	L	380.66		412.25		1564.00	
Cuello	C	133.66	24.02	191.50	29.46	998.41	84.30
	L	83.41		107.83		1013.50	
Espalda	C	309.50	44.01	389.75	48.82	1972.00	123.82
	L	286.33		347.08		2155.08	
Falda	C	81.75 <sup>a***</sup>	8.85	147.83 <sup>a***</sup>	16.30	408.91 <sup>a***</sup>	25.93
	L	55.00 <sup>b</sup>		101.25 <sup>b</sup>		327.50 <sup>b</sup>	
Lomo	C	289.75	37.12	393.16	35.99	1328.91	75.81
	L	256.25		308.50		1317.33	
Pecho	C	246.50	38.37	394.25	34.62	1296.08	83.58
	L	239.16		336.58		1356.33	
Pierna	C	423.50 <sup>a***</sup>	41.55	709.75	58.34	3611.08	152.29
	L	289.83 <sup>b</sup>		629.50		3854.08	

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por pieza indican diferencias estadísticas entre los grupos de genotipo para cada variable.

<sup>2</sup>CC: condición corporal; C: carne; L: leche.

\*=(P<0.0001); \*\*=(P<0.001); \*\*\*=(P<0.05)



En los cuadros 11a y 11b se presentan las medias de cuadrados mínimos para los pesos de acuerdo a los grupos de CC evaluados. Las cabras de CC3 tuvieron más músculo ( $P<0.001$ ) en el chambarete, el costillar, la espalda, el lomo, el pecho y la pierna que los de CC2 y éstas que los de CC1. La cantidad de músculo en el cuello de las cabras de CC3 fue mayor ( $P<0.05$ ) que las de CC1 y CC2.

En la variable hueso, en el chambarete, la CC3 tuvo una mayor media ajustada ( $173.25\pm 7.83\text{g}$ ) frente al grupo de CC1 y en la pierna hubo diferencia ( $P<0.001$ ) entre los 3 grupos de CC evaluados. En el lomo, el grupo de CC3 tuvo una mayor media ajustada ( $245\pm 29.49\text{g}$ ) frente a los otros 2 grupos de CC valorados. En el pecho los grupos de CC2 y CC3 presentaron un promedio marginal mayor ( $P=0.07$ ) al compararlo con el grupo de CC1.

Las cabras de CC3 tuvieron más grasa subcutánea ( $P<0.01$ ) en el costillar, que las de CC2 y éstas que las de CC1. En el cuello y la pierna, las cabras de CC3 tuvieron más grasa subcutánea ( $P<0.05$ ) que las de CC1 y CC2. La grasa interna del lomo de CC3 fue mayor ( $P<0.01$ ) que la de los otros 2 grupos de CC valorados, mientras que en la pierna el grupo de CC3 tuvo más grasa ( $P<0.05$ ) que los otros dos grupos de CC.

En la grasa intermuscular se observaron diferencias entre los 3 grupos de CC ( $P<0.01$ ) en el costillar, la falda, el lomo, el pecho y la pierna, mientras que la grasa intermuscular en la espalda de las cabras de CC3 presentó un promedio mayor ( $P<0.05$ ) que los animales de los otros dos grupos de CC. Lo mismo sucedió con la grasa total de las cabras de CC3, la cual fue mayor ( $P<0.001$ ) en el costillar, el lomo y la pierna, que en las cabras de CC2 y éstas que las de CC1. La grasa total de la espalda del grupo de CC3 presentó un promedio mayor ( $P<0.05$ ) al compararlo con los otros dos grupos de CC, mientras que la falda del grupo de CC3 tuvo un promedio mayor ( $P<0.01$ ) que los grupos de CC1 y CC2.

El peso final fue mayor en el costillar, la falda, el lomo, el pecho y la pierna de las cabras de CC3 ( $P<0.001$ ) que en las de CC2 y éstas que las de CC1, mientras que el peso final en el chambarete y la espalda de las cabras de CC3 fue mayor ( $P<0.01$ ) que en las de CC2 y éstas que las de CC1. El peso final del cuello de la CC3 fue mayor ( $P<0.05$ ) a los otros dos grupos de CC.

**Cuadro 11a. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas de la canal por condición corporal.**

Pieza	CC	Músculo (g)	Error Estándar	Hueso (g)	Error Estándar	Grasa subcutánea (g)	Error Estándar	Grasa interna (g)	Error Estándar
<b>Chambarete</b>	1	126.37 <sup>a*</sup>	14.47	139.87 <sup>a***</sup>	8.06	3.87	1.66	0.00	1.44
	2	172.87 <sup>a</sup>		152.87 <sup>ab</sup>		5.87		2.50	
	3	233.37 <sup>b</sup>		173.25 <sup>b</sup>		0.62		0.00	
<b>Costillar</b>	1	454.25 <sup>a*</sup>	49.79	268.62	27.40	2.12 <sup>c**</sup>	3.42	12.50	31.13
	2	622.62 <sup>b</sup>		288.37		10.37 <sup>b</sup>		72.50	
	3	883.00 <sup>c</sup>		295.37		18.62 <sup>a</sup>		21.00	
<b>Cuello</b>	1	424.75 <sup>a***</sup>	70.31	194.62 <sup>a***</sup>	25.93	22.62 <sup>b***</sup>	12.54	0.00	0
	2	480.12 <sup>b</sup>		228.37 <sup>a</sup>		29.25 <sup>b</sup>		0.00	
	3	687.75 <sup>c</sup>		188.12 <sup>b</sup>		71.50 <sup>a</sup>		0.00	
<b>Espalda</b>	1	823.12 <sup>a*</sup>	79.96	396.62	32.04	20.37	18.29	22.37	16.72
	2	1095.50 <sup>b</sup>		376.00		32.37		27.00	
	3	1454.25 <sup>c</sup>		451.12		56.12		52.50	
<b>Falda</b>	1	104.62	16.60	0.62	4.34	37.04	14.71	0.00	2.52
	2	176.87		7.50		30.75		4.37	
	3	242.12		0.00		102.75		0.00	
<b>Lomo</b>	1	405.62 <sup>a*</sup>	48.11	146.12 <sup>a***</sup>	29.40	5.12	11.16	17.62 <sup>c**</sup>	17.22
	2	639.37 <sup>b</sup>		160.25 <sup>a</sup>		33.12		66.00 <sup>b</sup>	
	3	998.87 <sup>c</sup>		245.00 <sup>b</sup>		11.12		100.50 <sup>a</sup>	
<b>Pecho</b>	1	368.75 <sup>a*</sup>	59.99	227.00 <sup>a*</sup>	22.58	59.62	20.16	6.62	2.99
	2	641.75 <sup>b</sup>		289.87 <sup>b</sup>		113.37		11.75	
	3	762.87 <sup>c</sup>		299.75 <sup>b</sup>		164.87		11.50	
<b>Pierna</b>	1	1405.00 <sup>a*</sup>	111.82	599.87 <sup>a*</sup>	45.50	78.25 <sup>c***</sup>	27.52	66.87 <sup>c*</sup>	24.76
	2	1957.50 <sup>b</sup>		665.12 <sup>b</sup>		137.62 <sup>b</sup>		159.25 <sup>b</sup>	
	3	2745.62 <sup>c</sup>		861.37 <sup>c</sup>		189.00 <sup>a</sup>		307.87 <sup>a</sup>	

\*Superíndices diferentes por pieza indican diferencias estadísticas entre los grupos de condición corporal para cada variable.  
 \*=(P<0.001); \*\*=(P<0.01); \*\*\*=(P<0.05); ●=(P>0.05)

**Cuadro 11b. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los pesos en gramos de los componentes de las piezas evaluadas de la canal por condición corporal.**

Pieza	CC	Grasa intermuscular (g)	Error Estándar	Grasa total (g)	Error Estándar	Peso final (g)	Error Estándar
<b>Chambarete</b>	1	6.62	2.77	10.50	2.90	333.37 <sup>b**</sup>	24.63
	2	6.25		14.62		396.50 <sup>b</sup>	
	3	12.37		13.00		487.75 <sup>a</sup>	
<b>Costillar</b>	1	194.75 <sup>a**</sup>	70.84	209.37 <sup>a*</sup>	65.73	1023.00 <sup>c*</sup>	105.73
	2	313.00 <sup>b</sup>		395.87 <sup>b</sup>		1428.37 <sup>b</sup>	
	3	688.37 <sup>c</sup>		728.00 <sup>c</sup>		2043.25 <sup>a</sup>	
<b>Cuello</b>	1	59.00	31.30	81.62	36.08	815.37 <sup>c***</sup>	103.25
	2	106.87		136.12		955.25 <sup>b</sup>	
	3	159.75		231.25		1247.25 <sup>a</sup>	
<b>Espalda</b>	1	184.62 <sup>a***</sup>	53.91	228.12 <sup>a***</sup>	59.79	1579.37 <sup>c**</sup>	151.65
	2	291.50 <sup>b</sup>		350.87 <sup>b</sup>		1993.12 <sup>b</sup>	
	3	417.62 <sup>c</sup>		526.25 <sup>c</sup>		2618.12 <sup>a</sup>	
<b>Falda</b>	1	28.25 <sup>a**</sup>	10.84	58.87 <sup>a**</sup>	19.97	213.62 <sup>c*</sup>	31.75
	2	70.50 <sup>b</sup>		105.62 <sup>b</sup>		353.75 <sup>b</sup>	
	3	106.37 <sup>c</sup>		209.12 <sup>c</sup>		537.25 <sup>a</sup>	
<b>Lomo</b>	1	103.37 <sup>a**</sup>	45.47	126.12 <sup>a*</sup>	44.08	761.12 <sup>c*</sup>	92.84
	2	277.87 <sup>b</sup>		377.00 <sup>b</sup>		1285.62 <sup>b</sup>	
	3	437.75 <sup>c</sup>		549.37 <sup>c</sup>		1922.62 <sup>a</sup>	
<b>Pecho</b>	1	135.12 <sup>a**</sup>	47.00	201.37	42.40	877.37 <sup>c*</sup>	102.37
	2	241.50 <sup>b</sup>		366.62		1428.25 <sup>b</sup>	
	3	351.87 <sup>c</sup>		528.25		1673.00 <sup>a</sup>	
<b>Pierna</b>	1	174.25 <sup>a**</sup>	50.89	319.37 <sup>a*</sup>	71.46	2655.87 <sup>c*</sup>	186.52
	2	373.25 <sup>b</sup>		670.12 <sup>b</sup>		3602.25 <sup>b</sup>	
	3	522.50 <sup>c</sup>		1019.37 <sup>c</sup>		4939.62 <sup>a</sup>	

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por pieza indican diferencias estadísticas entre los grupos de condición corporal y genotipo para cada variable.  
 \*=(P<0.0001); \*\*=(P<0.001); \*\*\*=(P<0.05)

En el cuadro 12 se presentan las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los pesos de los componentes de la canal de las piezas evaluadas por la interacción CC x genotipo. Se presentó mayor cantidad de grasa intermuscular en el cuello, con promedios marginales mayores (P=0.08) en la combinación CC3 de GC, seguida de la CC2 también de GC. Independientemente de la CC, todas las cabras de GL tuvieron una cantidad similar de grasa intermuscular, en tanto que los grupos de CC2 y CC3 de GC mostraron promedios mayores de grasa total (P<0.05) al compararlos con las demás combinaciones.

El músculo de la falda, el grupo CC3 de GC fue mayor (P<0.01) al compararlo con las demás combinaciones, mientras que la grasa subcutánea de la falda fue más abundante en el grupo de CC3 de GC (P<0.05) seguida de las combinaciones de GL de CC1 y CC3.

La grasa subcutánea del pecho en el grupo de CC3 de GC presentó un promedio marginal mayor (P=0.06), seguida de la CC2 del GC y la CC3 del GL. Para la grasa total del pecho, los promedios del GC y GL de CC3 fueron marginalmente mayores (P=0.06), seguidos del grupo de CC2 de GC y del resto de combinaciones.

**Cuadro 12. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de los pesos en gramos de los componentes de las piezas de la canal evaluadas por su interacción.**

PIEZA/PORCIÓN ANATÓMICA (g)	GENOTIPO	CC1	CC2	CC3	EE	P
<b>Cuello (grasa intermuscular)</b>	Carne	32.50 <sup>d</sup>	136.75 <sup>b</sup>	231.75 <sup>a</sup>	41.60	0.08
	Leche	85.50 <sup>c</sup>	77.00 <sup>c</sup>	87.75 <sup>c</sup>		
<b>Cuello (grasa total)</b>	Carne	57.00 <sup>d</sup>	179.25 <sup>b</sup>	338.25 <sup>a</sup>	51.03	**
	Leche	106.25 <sup>c</sup>	93.00 <sup>c</sup>	124.25 <sup>bc</sup>		
<b>Falda (músculo)</b>	Carne	69.50 <sup>d</sup>	197.50 <sup>b</sup>	276.50 <sup>a</sup>	23.48	*
	Leche	139.75 <sup>c</sup>	156.25 <sup>c</sup>	207.75 <sup>b</sup>		
<b>Falda (grasa subcutánea)</b>	Carne	22.75 <sup>c</sup>	27.00 <sup>c</sup>	148.50 <sup>a</sup>	20.81	**
	Leche	51.33 <sup>b</sup>	34.50 <sup>c</sup>	57.00 <sup>b</sup>		
<b>Pecho (grasa subcutánea)</b>	Carne	41.75 <sup>d</sup>	159.75 <sup>b</sup>	205.25 <sup>a</sup>	28.52	0.06
	Leche	77.50 <sup>c</sup>	67.00 <sup>c</sup>	124.50 <sup>b</sup>		
<b>Pecho (grasa total)</b>	Carne	167.25 <sup>d</sup>	478.25 <sup>b</sup>	537.25 <sup>a</sup>	59.97	0.06
	Leche	235.50 <sup>c</sup>	255.00 <sup>c</sup>	519.25 <sup>a</sup>		

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por pieza/porción anatómica indican diferencias estadísticas entre las combinaciones para cada variable. \*=(P<0.01); \*\*=(P<0.05).

En el cuadro 13 se presentan las medias de cuadrados mínimos del genotipo y la condición corporal sobre los variables de la composición de la canal en porcentaje, donde se observa que el músculo del costillar en el grupo de cabras de GL tuvo un porcentaje promedio mayor ( $P=0.07$ ) que el de las de GC, en tanto que las cabras de GL tuvieron un mayor porcentaje promedio muscular ( $P<0.005$ ) en la falda y en el lomo que las de GC. En el chambarete, las cabras de CC3 tuvieron un mayor promedio muscular ( $P<0.005$ ) que las cabras de CC1.

El porcentaje promedio de hueso fue menor en el cuello de la CC3 ( $P<0.005$ ) que los grupos de CC1 y CC2; en la espalda, el porcentaje de hueso de la CC1 fue mayor ( $P<0.005$ ) que el grupo de CC3 y en el lomo se observó un promedio marginal mayor ( $P=0.06$ ) en la CC1 frente a los otros dos grupos de CC. El porcentaje medio de hueso en la pierna fue mayor ( $P<0.01$ ) en la CC1 que en las cabras de CC2 y CC3. En el costillar, el porcentaje de hueso fue mayor ( $P<0.01$ ) en el grupo de CC1 que en el grupo de CC3. Por último, el porcentaje promedio de hueso en la pecho fue mayor ( $P<0.05$ ) en la CC1 que en las cabras de CC3.

El porcentaje promedio de grasa subcutánea fue menor ( $P<0.05$ ) en el chambarete de las cabras con CC3 que en las cabras de CC2 y CC1, en el costillar de las cabras de CC2 y CC3 se presentó un valor promedio marginal mayor ( $P=0.07$ ) a las del grupo de CC1 y en el lomo, el GC presentó un promedio mayor ( $P<0.05$ ) que en las cabras de GL. En la variable grasa interna el grupo de CC1 tuvo un promedio marginal menor ( $P=0.08$ ) frente a los grupos de CC2 y CC3.

En el porcentaje promedio de grasa intermuscular del chambarete, las cabras de GC presentaron valores marginales mayores ( $P=0.07$ ) que las cabras de GL, en tanto que en la pierna fue mayor en las cabras de GC ( $P<0.01$ ) al compararlo con las de GL. Para el costillar y la pierna, el porcentaje promedio de grasa intermuscular fue menor en las cabras de CC1 ( $P<0.05$ ) que los animales de CC3, mientras que el porcentaje promedio en el lomo de las cabras de CC1 fue marginalmente menor ( $P=0.07$ ) a los grupos de CC2 y CC3.

El porcentaje de grasa total en la pierna en el grupo de cabras de GC presentó un valor promedio marginalmente mayor ( $P=0.09$ ) que en las cabras de GL, y por CC,

el grupo de CC1 tuvo menos grasa en el costillar, el lomo y la pierna ( $P < 0.01$ ) que los grupos de CC2 y CC3.

**Cuadro 13. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los porcentajes de los componentes de las piezas evaluadas por genotipo y condición corporal.**

COMPONENTE/PIEZA (%)	GENOTIPO				CONDICIÓN CORPORAL				
	Carne	Leche	EE	P	1	2	3	EE	P
<b>Músculo</b>									
Chambarete	42.48	43.26	0.01		37.45 <sup>b</sup>	43.55 <sup>ab</sup>	47.61 <sup>a</sup>	0.01	*
Costillar	40.56 <sup>a</sup>	46.53 <sup>b</sup>	0.01	0.07	43.47	44.00	43.17	0.02	
Cuello	49.12	53.81	0.02		51.30	49.03	54.06	0.02	
Espalda	52.52	56.10	0.01		52.02	55.16	55.75	0.02	
Falda	42.50 <sup>a</sup>	52.48 <sup>b</sup>	0.02	*	45.94	51.24	45.28	0.03	
Lomo	46.45 <sup>a</sup>	56.58 <sup>b</sup>	0.02	*	51.71	50.37	52.46	0.02	
Pecho	41.97	45.24	0.02		40.59	44.84	45.39	0.02	
Pierna	53.55	51.83	0.03		45.73	54.28	58.00	0.04	
<b>Hueso</b>									
Chambarete	38.67	39.25	0.01		42.43	38.69	35.77	0.01	
Costillar	21.90	20.66	0.02		27.65 <sup>a</sup>	20.23 <sup>ab</sup>	14.89 <sup>b</sup>	0.03	**
Cuello	21.62	21.35	0.02		24.89 <sup>a</sup>	24.99 <sup>a</sup>	14.58 <sup>b</sup>	0.02	*
Espalda	20.81	20.43	0.01		25.46 <sup>a</sup>	18.93 <sup>ab</sup>	17.46 <sup>b</sup>	0.02	*
Falda	1.16	0.00	0.01		0.26	1.49	0.00	0.01	
Lomo	15.83	13.98	0.02		19.63 <sup>a</sup>	12.65 <sup>b</sup>	12.44 <sup>b</sup>	0.02	0.06
Pecho	21.43	22.29	0.02		26.77 <sup>a</sup>	20.77 <sup>ab</sup>	18.04 <sup>b</sup>	0.02	***
Pierna	19.98	19.33	0.02		23.14 <sup>a</sup>	18.40 <sup>b</sup>	17.42 <sup>b</sup>	0.02	**
<b>Grasa subcutánea</b>									
Chambarete	0.99	0.78	0.00		1.10 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.00	***
Costillar	0.57	0.65	0.00		0.18 <sup>a</sup>	0.77 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b</sup>	0.00	0.07
Cuello	5.83	2.19	0.01		2.70	2.74	6.58	0.01	
Espalda	1.44	1.79	0.01		1.19	1.66	2.00	0.01	
Falda	14.22	13.10	0.03		13.88	9.58	17.51	0.04	
Lomo	2.35 <sup>a</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.01	***	0.82	2.89	0.85	0.01	
Pecho	10.24	6.75	0.02		6.62	8.53	10.32	0.02	
Pierna	2.78	4.05	0.01		2.70	3.77	3.78	0.01	

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por columna indican diferencias estadísticas de cada variable por genotipo y/o condición corporal. \*=(P<0.005); \*\*=(P<0.01); \*\*\*=(P<0.05).

Continuación cuadro 13.

COMPONENTE/PIEZA (%)	GENOTIPO				CONDICIÓN CORPORAL				
	Carne	Leche	EE	P	1	2	3	EE	P
<b>Grasa interna</b>									
Chambarete	0.00	0.43	0.00		0.00	0.64	0.00	0.01	
Costillar	3.91	1.22	0.03		1.24	5.44	1.01	0.04	
Cuello	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	
Espalda	2.45	0.85	0.01		1.28	1.38	2.29	0.02	
Falda	0.00	0.87	0.02		0.00	1.30	0.00	0.03	
Lomo	5.16	3.12	0.02		2.20 <sup>a</sup>	5.10 <sup>b</sup>	5.10 <sup>b</sup>	0.03	0.08
Pecho	0.90	0.63	0.02		0.77	0.84	0.67	0.03	
Pierna	4.60	4.15	0.01		5.96	10.25	10.96	0.01	
<b>Grasa intermuscular</b>									
Chambarete	2.46 <sup>a</sup>	1.34 <sup>b</sup>	0.00	0.07	1.87	1.43	2.40	0.01	
Costillar	25.03	22.82	0.03		17.65 <sup>a</sup>	21.09 <sup>ab</sup>	33.03 <sup>b</sup>	0.04	***
Cuello	12.12	8.04	0.02		6.85	10.90	12.64	0.02	
Espalda	14.61	12.80	0.01		11.46	14.55	15.10	0.02	
Falda	18.16	15.00	0.02		11.62	17.48	20.65	0.03	
Lomo	19.05	18.22	0.02		12.55 <sup>a</sup>	20.69 <sup>b</sup>	22.68 <sup>b</sup>	0.03	0.07
Pecho	17.61	17.42	0.02		16.08	16.00	20.47	0.03	
Pierna	10.91 <sup>a</sup>	7.24 <sup>b</sup>	0.01	**	6.49 <sup>a</sup>	10.28 <sup>b</sup>	10.45 <sup>b</sup>	0.01	***
<b>Grasa total</b>									
Chambarete	3.46	2.56	0.00		2.97	3.52	2.53	0.01	
Costillar	29.52	24.69	0.03		19.08 <sup>a</sup>	27.32 <sup>ab</sup>	34.93 <sup>b</sup>	0.03	**
Cuello	18.05	10.23	0.02		9.55	13.64	19.23	0.03	
Espalda	18.58	15.45	0.02		14.05	17.61	19.40	0.02	
Falda	32.38	28.98	0.04		25.50	28.37	38.17	0.05	
Lomo	26.68	21.86	0.02		15.58 <sup>a</sup>	28.69 <sup>b</sup>	28.37 <sup>b</sup>	0.03	**
Pecho	28.75	24.80	0.02		23.48	25.38	31.47	0.03	
Pierna	18.29 <sup>a</sup>	15.45 <sup>b</sup>	0.01	0.09	11.82 <sup>a</sup>	18.35 <sup>b</sup>	20.45 <sup>b</sup>	0.02	**

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por columna indican diferencias estadísticas de cada variable por genotipo y/o condición corporal. \*(P<0.005); \*\*(P<0.01); \*\*\* (P<0.05).



El cuadro 14 presenta las medias de cuadrados mínimos de los porcentajes promedios de las combinaciones de genotipo y la condición corporal. El promedio del hueso en el chambarete fue mayor en los grupos de CG de CC1 ( $P < 0.05$ ) que las restantes combinaciones.

El porcentaje promedio de músculo en el cuello fue marginalmente mayor en las cabras de GL de CC3 ( $P = 0.09$ ), seguido de los animales de CC1 y de la combinación del GC de CC2.

El porcentaje promedio de grasa intermuscular en la falda fue marginalmente mayor en las cabras de GC de CC2 y GL de CC3 ( $P = 0.07$ ), seguidos de la CC3 del GC. En la grasa subcutánea del pecho, los grupos de CC2 y CC3 de GC fueron marginalmente mayores ( $P = 0.08$ ) a los demás grupos.

El porcentaje promedio de músculo en la pierna fue marginalmente mayor en la combinación de GL de CC2 ( $P = 0.08$ ) que en los grupos de GC de CC1 y CC2.

El porcentaje promedio de grasa interna del grupo de CC3 de GL tuvo una diferencia ( $P < 0.01$ ) frente a las restantes combinaciones.

**Cuadro 14. Medias de cuadrados mínimos por genotipo y condición corporal para los porcentajes de músculo, hueso y grasas sobre la composición de la canal.**

PIEZA/COMPONENTE (%)	GENOTIPO	CC1	CC2	CC3	EE	P
<b>Chambarete (hueso)</b>	Carne	44.86 <sup>a</sup>	37.78 <sup>b</sup>	33.37 <sup>c</sup>	0.01	*
	Leche	39.99 <sup>b</sup>	39.60 <sup>b</sup>	38.17 <sup>b</sup>		
<b>Cuello (músculo)</b>	Carne	46.65 <sup>c</sup>	53.59 <sup>b</sup>	47.11 <sup>c</sup>	0.02	0.09
	Leche	55.94 <sup>b</sup>	44.47 <sup>c</sup>	61.02 <sup>a</sup>		
<b>Falda (grasa intermuscular)</b>	Carne	11.68 <sup>c</sup>	25.12 <sup>a</sup>	17.67 <sup>b</sup>	0.02	0.07
	Leche	11.55 <sup>c</sup>	9.84 <sup>c</sup>	23.63 <sup>a</sup>		
<b>Pecho (grasa subcutánea)</b>	Carne	5.40 <sup>c</sup>	12.02 <sup>a</sup>	13.27 <sup>a</sup>	0.01	0.08
	Leche	7.83 <sup>bc</sup>	5.04 <sup>c</sup>	7.36 <sup>bc</sup>		
<b>Pierna (músculo)</b>	Carne	49.41 <sup>b</sup>	49.98 <sup>b</sup>	56.61 <sup>ab</sup>	0.03	0.08
	Leche	54.65 <sup>ab</sup>	58.90 <sup>a</sup>	54.75 <sup>ab</sup>		
<b>Pierna (grasa interna)</b>	Carne	3.04 <sup>c</sup>	5.69 <sup>b</sup>	5.06 <sup>b</sup>	0.02	*
	Leche	2.19 <sup>d</sup>	2.90 <sup>c</sup>	7.36 <sup>a</sup>		

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por pieza/componente anatómica indican diferencias estadísticas entre las combinaciones para cada variable. \*=( $P \leq 0.05$ ).

En el cuadro 15 se presentan las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para los porcentajes de los ácidos grasos en el músculo L. dorsi de acuerdo a genotipo y grupo de condición corporal. Los ácidos grasos identificados en el tejido adiposo intramuscular que tuvieron mayores porcentajes promedio fueron el ácido oléico (C18:1 $\Delta$ 9), seguido del ácido palmítico (C16:0) y el ácido esteárico (C18:0), (P<0.05)

Las cabras de GL tuvieron un mayor porcentaje promedio de ácido oléico (P<0.05) y linoléico (P<0.01) que las cabras de GC. Las cabras de GC tuvieron un porcentaje promedio mayor (P=0.08) de ácido behénico que las de GL, mientras que los animales de GC tuvieron un mayor porcentaje de ácido eicosapentaenóico y docosahexaenóico (P<0.05) que los de GL.

El porcentaje medio de ácido oléico fue menor en las cabras de CC1 (P<0.05), pero éstas tuvieron un mayor porcentaje promedio de ácido araquidónico (P<0.05) que los otros dos grupos de CC.

En los ácidos grasos saturados (AGS) no se encontró efecto significativo (P>0.05) por genotipo, condición corporal o su interacción. Para los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), el GL tuvo una mayor media ajustada (48.89 $\pm$ 2.13%) que el GC, mientras que por CC, los grupos de CC2 y CC3 tuvieron mayores porcentajes promedio (P=0.06) que el grupo de CC1. En los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), el porcentaje medio de estos ácidos fue mayor en el GL (P<0.01) a lo encontrado en el GC.

**Cuadro 15. Medias de cuadrados mínimos para los porcentajes de los ácidos grasos en el músculo *L. dorsi* de acuerdo al genotipo y grupo de condición corporal.**

GENOTIPO				CONDICIÓN CORPORAL				
Grupo	Carne	Leche	Error Estándar	1	2	3	Error Estándar	P
<b>C14:0</b>	2.12	3.53	1.12	4.47	2.04	1.97	1.38	NS
<b>C16:0</b>	24.69	24.35	0.91	24.57	23.83	25.18	1.11	NS
<b>C16:1<math>\Delta</math>7</b>	2.81	2.58	0.25	2.90	2.63	2.56	0.31	NS
<b>C18:0</b>	13.23	12.56	0.81	13.32	12.44	11.93	0.99	NS
<b>C18:1<math>\Delta</math>9</b>	40.02 <sup>b</sup>	46.31 <sup>a</sup>	2.12	37.61 <sup>b</sup>	46.63 <sup>a</sup>	45.25 <sup>a</sup>	2.60	**
<b>C18:2<math>\Delta</math>9,12</b>	2.06 <sup>b</sup>	3.05 <sup>a</sup>	0.16	2.85	2.31	2.51	0.20	*
<b>C18:3<math>\Delta</math>9,12,15</b>	0.19	0.16	0.02	0.16	0.20	0.16	0.02	NS
<b>C20:4<math>\Delta</math>5,8,11,14</b>	0.30	0.35	0.06	0.52 <sup>a</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.08	**
<b>C22:0</b>	0.22 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.09	0.06	0.29	0.05	0.12	0.08
<b>C22:1</b>	0.21	0.05	0.09	0.07 <sup>b</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.11	*
<b>C22:5<math>\Delta</math>3</b>	0.28 <sup>a</sup>	0.17 <sup>b</sup>	0.04	0.30	0.19	0.19	0.04	**
<b>C22:6<math>\Delta</math>3</b>	0.69 <sup>a</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.18	0.46	0.40	0.41	0.22	**
<b>AGS</b>	40.05	40.45	1.71	42.36	39.31	39.09	2.09	NS
<b>AGMI</b>	42.84 <sup>b</sup>	48.89 <sup>a</sup>	2.13	40.51 <sup>b</sup>	49.27 <sup>a</sup>	47.81 <sup>a</sup>	2.61	0.06
<b>AGPI</b>	2.56 <sup>b</sup>	3.58 <sup>a</sup>	0.20	3.54	2.82	2.85	0.25	*

<sup>1</sup>Superíndices diferentes por renglón indican diferencias estadísticas entre los grupos de condición corporal, genotipo e interacciones para cada variable.

<sup>2</sup>CC: condición corporal; C: carne; L: leche; AGS: ácidos grasos saturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados; NS: no tiene significancia; \*=(P<0.01);\*\*=(P<0.05)

## 7. DISCUSIÓN

Los resultados en el cuadro 3 muestran que la condición corporal (CC) medida en la región lumbar aumentó debido al crecimiento muscular. En general se observó una diferencia de peso vivo entre grupos de CC (a mayor peso vivo mayor la calificación de CC); esa diferencia fue más clara al considerar el peso de la canal (es decir la diferencia se hace más evidente al excluir las vísceras); a su vez, la diferencia mencionada aparentemente estuvo asociada a volumen/cobertura de tejidos (si hubo diferencias en perímetro torácico y abdominal a nivel lumbar) y no a talla o estructura ósea (no hubo diferencias en altura o largo). Dado lo anterior, se podría inferir que la metodología para determinar CC con base a cobertura de tejidos a nivel lumbar, sirve para predecir el grado de acumulación de tejidos blandos en la canal. Esto está acorde a lo consignado por Colomer-Rocher *et al* (1992), quienes trabajaron con cabras Saanen neozelandesas de diferentes pesos para llegar a esta conclusión, así como con Delfa *et al* (1994), quienes estudiaron la relación entre los depósitos grasos, la composición de la canal y la evaluación de la condición corporal.

En la interacción que existió en el peso del animal vivo, el GC presentó un aumento de peso a medida que el animal mejoraba de CC, mientras que en el GL ese aumento se presentó entre los grupos de CC2 y CC3, lo cual fue causado por el acentuación del volumen muscular. Tahir *et al* (1994) concluyeron que el peso vivo se ve influido por la cantidad muscular, mientras que Aumont *et al* (1994) concluyeron que la cantidad de grasa influye en el peso vivo del animal. Asimismo, el peso de la grasa abdominal pudo haber influido en los resultados del peso vivo, ya que en ese mismo orden se presentan en la interacción de la variable grasa abdominal (como se verá mas adelante). Sin embargo, otros autores comentan que el peso de las vísceras puede influir directamente en el peso corporal de los animales, lo cual puede encontrarse en un rango de 7% a 17%. (Devendra, 1981; Van Niekerk, 1988; Ruvuna *et al.*, 1992; Hogg *et al.*, 1992 y Gibb *et al.*,1993); esta variación se debió primordialmente a la edad de los animales utilizados en esos trabajos, ya que en los trabajos de Hogg *et al* y Ruvuna *et al* los animales eran menores a un año, en tanto que la edad de los animales utilizada por los restantes investigadores eran superiores a los 2 años de edad.

En las variables de la altura medida a nivel de la cruz y el largo medido desde la cruz a la base de la cola se observó que los animales de GL son más altos y largos que los de GC, lo cual coincide con lo señalado por Colomer-Rocher *et al.*, (1992).

El peso de la canal fría estuvo directamente influido por el peso vivo, lo cual está acorde con lo encontrado por Gall (1982) y Gibb *et al* (1993).

En las mediciones realizadas al perímetro torácico a nivel del codo, los animales con mayor condición corporal fueron diferentes a los otros dos grupos evaluados, estas diferencias pudieron deberse al aumento en la musculatura y la cantidad de grasa subcutánea depositada a nivel del costillar y la espalda de los animales tanto en genotipo cárnico como en genotipo lechero, lo cual es muy semejante a lo publicado por Hogg *et al* (1992), donde trabajaron con diferentes razas de cabras en Nueva Zelanda, y Dhanda *et al* (2003a) quienes trabajaron con 5 diferentes genotipos.

En el perímetro abdominal medido a nivel de la 3 y 4 vértebras lumbares se observó que los animales con mayor condición corporal fueron diferentes a los otros dos grupos valorados, sin embargo, teniendo en cuenta que la pieza que se encuentra a este nivel es la falda, en los datos presentados para esta pieza (ver mas adelante), se observa que hubo una interacción entre la CC x genotipo, donde el genotipo cárnico de mayor CC presentó más cantidad de músculo y grasa subcutánea, que el resto de combinaciones, lo que puede indicar que este genotipo a medida que aumenta de CC así mismo va depositando mayor cantidad de músculo y grasa subcutánea; del mismo modo, el GC de menor CC es quien menos desarrollado se encuentra a nivel de esta pieza. Malan (2000), reportó que los animales de genotipo cárnico son compactos muscularmente y tienen un abdomen en forma de barril, en tanto que Gerhart (1931) explicó que los animales de genotipo lechero tienen una contextura corpulenta y ancha, sin embargo esto pudiera ser también bien por la percepción que se tiene entre el abdomen y el resto del cuerpo.

En la medición del hemiperímetro, los animales con la condición corporal más alta de genotipo lechero fueron diferentes al resto de combinaciones; sin embargo el crecimiento fue gradual entre genotipos y esto pudo deberse a que al mejorar de CC,

de la misma manera lo hicieron sus componentes anatómicos, primordialmente el componente muscular, como lo comentaron Tahir *et al* (1994) y Aumont *et al.* (1994).

Los resultados presentados en la figura 4 muestran que la medición de la CC a nivel de la región esternal puede ser un lugar propicio para estimar el aumento muscular y de grasa subcutánea en la raza Boer, debido a que en el GC hay una muy buena coincidencia entre las calificaciones de CC con el método lumbar vs. esternal (inferencia que se refuerza comparando los valores de CC lumbar en GC -cuadro 3- con los valores en GC de la fig. 4), se puede inferir que en este genotipo resulta indistinto usar uno u otro método para calificar la CC. Por otra parte, en el GL no hay buena coincidencia entre las calificaciones de CC con método lumbar vs. esternal (particularmente en las CC baja y media), por lo que no resulta indistinto usar uno u otro método. De la misma manera, Delfa *et al.* (1994), quienes trabajaron con cabras de raza Blanca Celtibérica, y Domingo *et al.* (2003), con razas criollas neuquínas, originarias del sur de la República Argentina concluyen que a medida que mejora el estado corporal de los animales se presenta un aumento muscular y una mayor deposición de grasa subcutánea a nivel de la región esternal.

Las diferencias en el peso de la grasa perirrenal presentaron que el GL de menor CC fue quien más cantidad de esta grasa depositó a nivel interno, mientras que el GC de menor CC fue quien presentó menos cantidad de esta grasa. Pudiera ser que las cabras al tener menor CC almacenan mayor cantidad de grasa a nivel perirrenal como depósitos energéticos, para poder suplir actividades de lactación o gestación, según la necesidad fisiológica que se requiera en el momento. Para el peso de la grasa abdominal se observó, que los animales tanto de GC como de GL a medida que mejoraron de condición corporal, asimismo fueron aumentando el peso de la grasa a nivel abdominal. Tahir *et al* (1994) trabajando con cabras originarias de Irak concluyeron que los animales al aumentar de talla y peso corporal, de esta misma manera lo hace la deposición de grasa a nivel abdominal. Warmington y Kirton (1990) y Colomer-Rocher *et al* (1992), comentaron que los genotipos de habilidad lechera depositan mayor cantidad de grasa a nivel interno que los genotipos cárnicos. Sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación contradicen lo expuesto en estas publicaciones, ya que tanto los genotipos cárnicos y lecheros al mejorar su estado corporal depositan similares cantidades de grasa a nivel abdominal.

El porcentaje de grasa abdominal fue menor en los animales de menor estado corporal, en tanto que el porcentaje de grasa perirrenal fue inferior para las cabras de habilidad cárnica, lo cual fue similar a lo reportado por Azamel *et al* (1992) y Hedrick *et al* (1994) quienes comentan que a menor proporción muscular mayor es la cantidad de deposición interna de grasa, como se presentó en estos animales además, porque al ser animales de la misma CC el genotipo lechero tiende a depositar mayor cantidad interna de grasa. Sin embargo esta conclusión, comentada por Warmington y Kirton (1990) y Colomer-Rocher *et al* (1992), aplica cuando los animales tienen una condición corporal menor, ya que como se observó en los animales de la presente investigación, a medida que los animales mejoran de condición corporal la deposición interna de grasa es similar en ambos genotipos.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la prueba de Warner-Bratzler, en la cual no se observaron efectos significativos entre los grupos de CC, genotipo y su interacción. Sin embargo, Kadim *et al* (2003) comentan que la variación en los valores en la fuerza de corte consignado por varios autores son atribuidos a diferencias en la nutrición, la edad y sexo de los animales, el tiempo y la temperatura de cocción, el último pH y el músculo al cual se le hace esta prueba. Los valores para la fuerza de corte del *Longissimus dorsi* estuvieron en el rango de 3.20-5.08 kg/cm<sup>2</sup> lo cual fue similar a lo publicado por Dhanda *et al.* (2003) y Kadim *et al.* (2003) que se encuentran en un rango de 3.7-4.6 y 3.88-9.96 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, aunque los valores fueron menores al valor más alto presentado en el trabajo de Kadim *et al.*, ya que ellos hicieron la prueba del Warner Blatzler en músculos como el *semimembranoso*, *semitendinoso*, *biceps femoral* y *longissimus dorsi*. Sin embargo, en la presente investigación es de destacar que las cabras Boer provenientes del grupo de mayor condición corporal presentaron un valor promedio de 3.20 kg/cm<sup>2</sup> en la prueba de corte, siendo similar a los que se presenta en bovinos y ovinos, los cuales en diferentes publicaciones han reportado valores menores a 4.0 kg/cm<sup>2</sup> y 4.5 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Esto pudo deberse a la diferencia en la edad y el peso vivo y al tipo de músculo utilizado.

En los cuadros 6a y 6b, en la variable músculo, los valores para el costillar, la espalda y la pierna fueron diferentes entre genotipos, lo cual está acorde a lo manifestado por Colomer-Rocher *et al.* (1992), quienes trabajaron con cabras Saanen neozelandesas de diferentes pesos, y con Dhanda *et al.* (1999a), quienes trabajaron

con 5 cruces de genotipos caprinos diferentes (Boer x Angora, Boer x Saanen, Feral x Feral, Saanen x Angora y Saanen x Feral). Estos autores comentan que existe un efecto significativo por genotipo en el contenido muscular en estas piezas. Estos resultados demuestran que los genotipos de habilidad lechera presentan mayor cantidad muscular que los genotipos cárnicos en estas piezas, ya que estos últimos presentan mayor cantidad adiposa intermuscular (como se verá mas adelante), y hace que el peso muscular sea menor en estos animales. Sin embargo, Mahgoub y Lu (1998), trabajando con cabras Omani, Batina y Dhofari, concluyeron que, al igual que otras especies al comparar las cabras por diferentes tallas corporales y genotipos del mismo peso pueden existir diferencias que se relacionan más con el estado de madurez que con la raza o genotipo *per se*.

El cuello de las cabras de GC presentó mayores promedios de grasa subcutánea que en las cabras de habilidad lechera, lo cual también está acorde a lo reportado por Gibb *et al.* (1993) y Dhanda *et al.* (1999b), quienes señalan que la deposición de grasa subcutánea está directamente influida por el genotipo, y son los animales de habilidad cárnica quienes más depositan grasa subcutánea a nivel de esta región.

La grasa intermuscular de la falda y la pierna del genotipo cárnico presentó mayores promedios que la de los genotipos lecheros. Colomer-Rocher *et al.* (1992), Gibb *et al.* (1993) y Dhanda *et al.* (2003a) reportaron diferencias significativas en la grasa intermuscular entre genotipos caprinos. Este trabajo demostró que los animales de raza Boer depositan porcentualmente (18.3 vs. 15.4% de grasa intermuscular con respecto al peso total de la pierna) mayor cantidad de tejido adiposo a nivel de los miembros posteriores al compararlos con animales de habilidad lechera (cuadro 9).

El GC presentó mayor cantidad de grasa total en la falda que los genotipos lecheros, primordialmente debido a los resultados presentes en la grasa subcutánea y en mayor cantidad, por la grasa intermuscular (como se presentó anteriormente).

El peso final de la falda presentó diferencia entre genotipos, la cual se debió a los valores que presentó la falda en el músculo y a nivel de la grasa subcutánea y grasa intermuscular; estos fueron los factores que influyeron para que los Boer presentaran un mayor peso final que el genotipo lechero. Asimismo, Hogg *et al.* (1992) y Malan (2000) manifestaron que esta pieza de la canal está directamente influida por



el componente muscular, mientras que Colomer-Rocher *et al* (1992), Gibb *et al* (1993) y Dhanda *et al* (2003a) comentan que también se debe al componente de grasa intermuscular.

En los cuadros 7a y 7b, en los músculos del chambarete, el cuello y la pierna fueron mayores en los animales con mejor condición corporal, lo que concuerda con lo publicado por Dhanda *et al.* (1999b), quienes comentaron que el desarrollo muscular en estas piezas va aumentando a medida que mejora su estado corporal, estos valores fueron influidos en su mayoría por los valores presentados en los GL. En la espalda, hubo diferencia entre los 3 grupos de CC y fue porque en esta pieza fue más marcada la influencia del GL, ya que sus valores comparativamente con el GC fueron mayores. En el pecho y el lomo, todos los grupos de CC fueron diferentes. Kadim *et al.* (2003), trabajando con cabras de 3 razas diferentes de habilidad cárnica originarias de Omán, explican que existe un efecto significativo del genotipo y el peso vivo sobre el contenido muscular del pecho y del lomo; sin embargo los resultados aquí reportados difieren a los presentados por Kadim *et al.*, ya que en la presente investigación presentó mayores valores en los genotipos lecheros, y los genotipos cárnicos obtuvieron mayores valores en otras variables (como se verá mas adelante).

En el hueso del chambarete, los animales con mejor estado corporal presentaron mayores promedios que las cabras con menor CC, y en la pierna, hubo una diferencia entre los tres grupos de CC. El lomo y el pecho de los animales de mayor condición corporal fueron diferentes a los otros dos grupos evaluados. Sin embargo Mahgoub y Lu (1998), comentan que al igual que otras especies al comparar las cabras por diferentes tallas corporales y genotipos del mismo peso pueden existir diferencias que se relacionan más con el estado de madurez que con la raza o genotipo *per se*.

La grasa subcutánea en el cuello, el costillar y la pierna de los animales con mejor condición corporal presentaron mayores promedios que los otros dos grupos de CC evaluados. Mahgoub *et al.* (1996), Colomer-Rocher *et al.* (1987) y Hogg *et al.* (1992) comentan que la deposición de grasa subcutánea aumenta conforme los animales aumentan de peso y mejoran de estado corporal.

Los animales con mayor condición corporal depositaron mayor cantidad de grasa interna en el lomo y la pierna. Hasta la fecha no existen reportes que discutan sobre esto, sin embargo, esta variable podría estar íntimamente ligada a la cantidad de grasa encontrada a nivel del abdomen y al retirar la mayoría de esta grasa en la canal fría, una porción de ella queda fijada a la canal (como se comentó en la parte de material y métodos) y es considerada parte de la grasa interna del lomo o de la pierna, según sea el caso.

En el costillar, la espalda, la falda y el lomo, la deposición de grasa intermuscular fue diferente entre los 3 grupos de condición corporal valorados. Hogg *et al.* (1992), trabajando con caprinos entre uno y cinco años en Nueva Zelanda, concluyen que la distribución de depósitos grasos a nivel de estas 4 piezas depende de la raza y el estado de desarrollo corporal de los animales. En el pecho y la pierna se presentó diferencia entre los 3 grupos de CC estimados. Johnson *et al.* (1995), quienes estudiaron el efecto del genotipo y el sexo de los caprinos sobre la canal concluyen que la distribución de los depósitos grasos se debe primordialmente por la condición corporal y al desarrollo general de los animales. Estos resultados fueron marcadamente influidos por los promedios obtenidos en la raza Boer en los diferentes niveles de CC, y aportaron mayor peso de esta grasa que los genotipos de habilidad lechera.

A medida que mejoró la condición corporal de los animales se depositó mayor cantidad de grasa total en el costillar, la falda, el lomo, la pierna y la espalda. Es importante recordar que los valores de la grasa total son debidos a la suma de la grasa subcutánea, la grasa interna y la grasa intermuscular. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Gall (1982), Colomer-Rocher *et al.* (1992) y Hogg *et al.* (1992) quienes señalan que estas diferencias son en su mayoría una consecuencia de los contrastes en el patrón de deposición de la grasa, así como que la grasa total se debe en gran parte a los valores reportados por la grasa intermuscular.

El peso final para el cuello, el chambarete, el costillar, la espalda, la falda, el lomo, el pecho y la pierna del grupo de mayor condición corporal fue más pesado y está acorde con lo publicado por Colomer-Rocher *et al.* (1992); Tahir *et al.* (1994) y Simela *et al.* (1999) comentan que los pesos de hueso, grasa y músculo aumentan significativamente conforme aumenta la CC y el peso corporal de los animales.

En el cuadro 8 se observó que en el cuello, las variables de grasa intermuscular y de grasa total de los grupos de CC2 y CC3 del GC fueron diferentes al resto de combinaciones. Hogg *et al.* (1992), trabajando con cruza de cabras Angora x Saanen menores a 5 años, reportan que mientras mayor sea la CC de los animales se tenderá a depositar mayor cantidad de grasa a nivel del cuello. Sin embargo, en la presente investigación quedó demostrado que los genotipos cárnicos, a medida que mejoran su estado corporal, tienden a depositar mayor cantidad de grasa a nivel de esta pieza y es por eso que presentan un cuello más ancho que las cabras de habilidad lechera.

En la falda, el músculo y la grasa subcutánea de los animales con mejor estado corporal de ambos genotipos, fueron mayores al resto de combinaciones. Tahir *et al.* (1994) quienes estudiaron la influencia del peso vivo sobre la distribución de la carne, del hueso y de la grasa en la canal de caprinos, concluyeron que a medida que el animal aumenta de tamaño y de peso, también lo hace el músculo, mientras que Kadim *et al.* (2004) trabajando con cabras de raza Omani originarias de Omán, explican, que existe un efecto significativo del genotipo y el peso vivo sobre el contenido de grasa subcutánea en la falda.

La grasa subcutánea del pecho de los animales de mejor condición corporal de genotipo cárnico fue diferente al resto de combinaciones, demostrando así que los genotipos cárnicos tienen la facultad de depositar mayor cantidad de grasa a nivel de esta región anatómica que los genotipos de habilidad lechera. Gallo *et al.* (1996), quienes trabajaron con cabras criollas chilenas, y Domingo *et al.* (2003) utilizando cabras criollas Neuquinas, concluyeron que la grasa subcutánea a nivel esternal se acumula en mayor cantidad en los genotipos de habilidad cárnica; de esta manera estos resultados ratifican los valores presentados en la figura 4, demostrando que la medición de la CC a nivel de la región esternal puede ser el lugar propicio para hacer la estimación del estado corporal en la raza Boer.

En lo concerniente a la grasa total del pecho, (la cual es la suma de la grasa subcutánea y grasa intermuscular), los animales con mejor estado corporal, tanto los de genotipo cárnico como los de habilidad lechera, presentaron mayores valores que los demás grupos. Esto fue debido a que el crecimiento de la grasa subcutánea en el genotipo cárnico fue de manera lineal, en tanto que en el genotipo de habilidad lechera

el aumento entre los animales de CC1 y CC2 fue moderado, pero de la CC2 a CC3 el crecimiento de la grasa subcutánea fue mayor. Esto podría demostrar que los caprinos al tener un buen estado corporal acumulan gran cantidad de tejido adiposo a nivel esternal, sin importar el genotipo. Johnson *et al.* (1995) quienes estudiaron el efecto del genotipo y condición corporal de los caprinos sobre la canal, concluyen que la deposición de grasa está dada primordialmente por el aumento en la condición corporal de los animales.

En el cuadro 9 se observó que el porcentaje muscular del chambarete fue diferente por efecto de condición corporal y presentó un rango del 37-48%. Los animales de Dhanda *et al.* (1999b), quienes trabajaron con 5 diferentes genotipos caprinos menores a un año en Australia, presentaron un rango muscular de 64-71% y los de Colomer-Rocher *et al.* (1992) quienes trabajaron con caprinos Saanen Neozelandeses presentaron un rango muscular de 58-66%. Los resultados encontrados en este trabajo fueron inferiores a los de estos autores y se debieron, primordialmente, a que en estas dos publicaciones las canales se dividieron en 5 cortes, según el método de Colomer-Rocher *et al.* (1987) y contemplaron al pecho y al chambarete en una sola pieza, además que los animales utilizados en la presente investigación eran mayores en edad a los de las 2 publicaciones antes mencionadas y desarrollan tejido adiposo a nivel intermuscular y subcutáneo en mayor cantidad a medida que mejoran de estado corporal lo que hace que disminuya el porcentaje muscular. Hedrick *et al.* (1994) comentaban que el incremento en la proporción de uno de los componentes de la canal puede resultar en una disminución en la proporción de uno o los demás componentes.

Los resultados obtenidos para el porcentaje muscular del costillar, la falda y el lomo fueron mayores en los genotipos de habilidad lechera; sin embargo, difieren a lo publicado por Dhanda *et al.* (2003b), quienes señalan que los genotipos de habilidad cárnica presentaron mayor porcentaje muscular a nivel de estas piezas que los genotipos lecheros. Estas diferencias pudieron deberse a que los animales utilizados en esa investigación fueron menores a un año de edad y sus masas musculares no estaban desarrolladas. Sin embargo este estudio demuestra que al comparar estos genotipos sin importar su calificación corporal, el GL lechero en estas 3 piezas presenta más porcentaje muscular que los GC.

En la variable hueso se observó que para el costillar, el cuello, la espalda, el lomo, el pecho y la pierna, a medida que la condición corporal iba aumentando, el porcentaje de esta variable fue disminuyendo. Mahgoub y Lodge (1996), quienes trabajaron con caprinos de raza Omani Batina originarios de Omán, reportan que el porcentaje óseo en la canal va disminuyendo a medida que el animal va desarrollando una mayor condición corporal, y esto se debe primordialmente, a que los animales van depositando mayor cantidad de tejido adiposo y aumentando su musculatura.

La grasa subcutánea del chambarete fue disminuyendo a medida que mejoró la CC de los animales, mientras que para el costillar se observó que el patrón de deposición de grasa subcutánea a nivel de esta pieza fue aumentando en una pequeña cantidad. La pequeña diferencia que se presenta en el chambarete entre los grupos de CC2 y CC3 pudo deberse a que los grupos estaban conformados por animales de diferentes edades y posiblemente el grupo de CC3 estuvo constituido por animales de menor edad que los animales del grupo de CC1 y CC2. Dhanda *et al.* (1999b) publicaron datos superiores a los encontrados en la presente investigación, siendo extraño, ya que ellos utilizaron animales de menor edad y de cierto modo contradice la teoría de Wood *et al* (1980), quienes mencionan que el orden en que se depositan las grasas en el organismo animal lo hace primero la intermuscular, seguida por la perirrenal, después se deposita la omental y por último la subcutánea. De igual forma Dhanda *et al* que el incremento de esta grasa aumenta con la edad de una manera poco significativa, mientras que Kirton (1988) expresa que las canales de cabras notablemente tienen menos contenido de grasa subcutánea que las canales de ovinos de genotipos cárnicos, tal como se demuestra en la presente investigación en estas dos piezas. En el lomo, los genotipos cárnicos depositaron mayor porcentaje de grasa subcutánea que los de habilidad lechera, lo que confirma la hipótesis que la palpación de depósitos grasos externos en cabras se ve influida en forma importante por el genotipo. Delfa *et al.* (1994), trabajando con cabras de raza Blanca Celtibérica, el cual es un genotipo de habilidad cárnica en España, reportaron un efecto significativo del genotipo sobre la deposición de grasa subcutánea a nivel del lomo.

La grasa interna a nivel del lomo aumentó del grupo de CC1 a CC2, pero entre la CC2 y la CC3 no hubo diferencia. Estos resultados guardan relación con los datos que se presentaron anteriormente de la proporción y peso de la grasa a nivel abdominal y perirrenal, donde no existió diferencia estadística entre los grupos de CC2 y CC3, pero estos 2 grupos si la tenían con el grupo de CC1.

Los genotipos cárnicos acumularon mayor cantidad de grasa intermuscular en el chambarete y la pierna. Dhanda *et al.* (1999b), trabajaron con 5 cruza de caprinos menores a un año, disertan que la raza Boer presenta mayor porcentaje de grasa intermuscular en los miembros anteriores y posteriores al compararlo con los genotipos de habilidad lechera. Para el costillar, el lomo y la pierna, a medida que mejoró la condición corporal, estas piezas depositaron mayor proporción de grasa a nivel intermuscular, lo cual está acorde con Colomer-Rocher *et al.* (1992). Estos hallazgos confirman que la raza Boer, al compararla con caprinos de habilidad lechera, acumulan mayor cantidad de grasa intermuscular a nivel de los miembros, lo que hace que se presente menor cantidad de músculo a nivel del chambarete y la pierna, mientras que los genotipos lecheros presentan mayor cantidad de músculo en estas regiones, como se comentó anteriormente.

La grasa total de la pierna fue mayor en los genotipos cárnicos, presentando un rango de 15-19%, siendo inferior a lo publicado por Colomer-Rocher *et al.* (1992) y Hogg *et al.* (1992), quienes reportaron hallazgos en un rango de 28-34%, y superiores a lo reportado por Dhanda *et al.* (1999b), quienes publican un rango de 7-12%. Esto último se debió a que los animales utilizados en el trabajo de Dhanda *et al.* fueron cabritos menores a 1 año de edad, lo cual hace que no tengan una cantidad porcentual tan alta en la deposición adiposa. Colomer-Rocher *et al.* trabajando con caprinos de raza Saanen de diferentes edades presentaron datos superiores a los de este trabajo debido a que esos animales obtuvieron mayor porcentaje a nivel del músculo, lo que hace que la grasa total presente menor proporción. Para el costillar, el lomo y la pierna, a medida que mejoró la CC, fue mayor fue el porcentaje de grasa total. Gibb *et al.* (1993), quienes trabajaron con cabritos de diferentes CC y razas Saanen británica, Boer y Anglonubiana, comentan que las diferencias por condición corporal en el porcentaje de grasa total se deben primordialmente a los resultados obtenidos en los porcentajes de grasa intermuscular. Sin embargo los resultados obtenidos en este trabajo presentan que la acumulación de grasa total entre los grupos de CC2 y CC3 no varía, indicando que la deposición de grasa a nivel de estas regiones no varía significativamente a medida que mejoran su estado corporal de CC2 a CC3.

El porcentaje óseo en el chambarete del grupo de genotipo cárnico de la CC más baja (Cuadro 10) fue superior a los resultados presentados por Colomer-Rocher *et al* (1992). Sin embargo, como lo comentan estos mismos autores, a medida que mejora el peso y la CC de los animales, el porcentaje óseo a nivel del chambarete va disminuyendo. Del mismo modo, los resultados presentan que el GC a medida que fue mejorando de estado corporal fue disminuyendo el porcentaje óseo, lo cual pudo deberse a que en esta pieza aumentó la proporción de músculo a nivel de esta región.

El porcentaje muscular en el cuello, en este caso, la interacción implica que el efecto de la CC no es el mismo en los 2 genotipos. En GL, el porcentaje de músculo disminuye entre CC baja y media (-12 %) y luego aumenta para llegar a su máximo valor en CC alta (+5 y +17 % con respecto a la CC baja y media). En el GC, el porcentaje de músculo en cuello es similar entre las CC baja y alta y ligeramente menor que en la CC media (-7 %). El genotipo de habilidad lechera del grupo de mejor CC fue mayor al resto de combinaciones, lo cual confirma que los genotipos lecheros presentan mayor porcentaje muscular que la raza Boer a nivel de esta pieza. Esto también pudo ser debido a que esta raza deposita más cantidad de grasa total que los genotipos de habilidad lechera en el cuello.

La grasa intermuscular de la falda presentó menores porcentajes en los grupos de menor CC de ambos genotipos y en el GL de CC2, que el resto de combinaciones, sin embargo, no se presenta una diferencia uniforme en estos resultados, ya que el porcentaje no aumenta o disminuye al mejorar la CC, ni las diferencias entre genotipos se mantuvieron. Mahgoub y Lu (1998) comentaron que, al igual que otras especies, al comparar las cabras por diferentes tallas corporales y genotipos, pueden existir diferencias que se relacionan más con el estado de madurez que con la raza o genotipo *per se*.

Los genotipos cárnicos de los más altos grupos de CC presentaron mayores porcentajes de grasa subcutánea a nivel del pecho que el resto de combinaciones. Domingo *et al.* (2003) concluyen que la deposición de grasa subcutánea a nivel esternal está influida por el genotipo. Del mismo modo, Arana *et al.* (2005), trabajando en ovinos de raza Aragonesa, comentan que la grasa subcutánea es la que tiene la mayor capacidad de almacenarse y movilizarse al compararse con otras grasas corporales y que varía de acuerdo con la condición corporal de los animales. Esto

confirma que la raza Boer acumula mayor cantidad de grasa subcutánea a nivel external al compararla con los genotipos de habilidad lechera y a su vez estos resultados están ligados con los resultados expuestos en el cuadro 8.

El porcentaje muscular de la pierna indicó que el genotipo de habilidad lechera del grupo de CC intermedio fue mayor al resto de las combinaciones, pero en el porcentaje de grasa interna este mismo grupo fue menor que los otros grupos evaluados. Sin embargo, de acuerdo con lo comentado por Hedrick *et al.* (1994), el incremento en la proporción de uno de los componentes de la canal puede resultar en una disminución en la proporción de uno o los demás componentes. Sen *et al.* (2004), señalaron mayores medias musculares a nivel de la pierna que los valores presentados en esta investigación, esta diferencia se debe a que estos investigadores utilizaron animales menores a un año, en tanto que en el presente trabajo se usaron animales de mayor edad (entre 2 y 5 partos), lo que hace que no sólo se presente aumento en el porcentaje muscular, sino también en la deposición de grasa a nivel intermuscular.

Se observó un mayor contenido de ácido oléico en los genotipos de habilidad lechera frente a lo encontrado en los genotipos cárnicos (cuadro 11), lo cual coincide con lo encontrado por Banskalieva *et al.* (2000) y Dhanda *et al.* (1999a y 2003b), quienes expresaron que el ácido oléico difiere por genotipo. Los porcentajes de este ácido fueron similares a lo publicado por Park y Washington (1993), quienes trabajaron con cabras Alpinas y Anglonubianas, y con Werdi Pratiwi *et al.* (2006) quienes trabajaron con genotipos Boer y ferales australianas. La proporción de este ácido en el presente estudio incrementó por efecto de la condición corporal, lo cual es similar a lo reportado por Werdi Pratiwi *et al.* (2006). La carne caprina ofrece una atractiva alternativa frente a otros tipos de carnes rojas, según Grundy (1989), el ácido oléico ha demostrado tener efectos benéficos, como el de reducir el colesterol total sanguíneo y el total de las lipoproteínas de muy baja densidad en humanos.

Los genotipos lecheros presentaron un mayor porcentaje de ácido linoléico frente al extraído del GC. Dhanda *et al.* (1999b) expresan que existen diferencias entre la craza de Boer x Angora con las restantes cruzas empleadas para este ácido. En un estudio realizado en bovinos por Lengyel *et al.* (2003), hallaron diferencias para este ácido en la craza Holstein-Friesian. Estos investigadores aducen que ese contraste se



debió al concentrado ofrecido, ya que éste disminuye la biohidrogenación que se efectúa en el rumen. Esto es reforzado por Enser *et al.* (1998) quienes realizaron un perfil de ácidos grasos en novillos de cruza Hereford x Friesian y Angus x Friesian, donde comparaban la dieta de estos animales con concentrado y en pastoreo. Es de particular interés que los hallazgos encontrados tanto para este ácido como para el ácido oléico, demuestran que los genotipos de habilidad lechera depositan mayor cantidad de estos ácidos que los genotipos cárnicos. Banskalieva *et al.* (2000) comentan que el consumo de ácido linoléico aumenta factores anticarcinogénicos, mientras que el ácido araquidónico incrementa la agregación plaquetaria. Gagliostro (2004), reporta que el ácido linoléico es esencial para el crecimiento y la reproducción, y el ácido linolénico es fundamental para las funciones de la retina y del cerebro, mientras que MacRae *et al.* (2005) dicen que el ácido linoléico ayuda a reducir la respuesta inflamatoria.

En cuanto al ácido araquidónico, a medida que mejoró la CC, la deposición de este ácido fue disminuyendo. Sin embargo, en las publicaciones de Johnson *et al.* (1995), quienes trabajaron con cabritos menores de un año de la raza Florida, y Mahgoub *et al.* (2002), quienes trabajaron con cabras de raza Omani Jebel Akhdar de diferentes pesos y sexos, comentan que, aunque este ácido aparece publicado no presenta ninguna diferencia significativa. Induraín *et al.* (2006), quienes hicieron una evaluación de la composición de ácidos grasos provenientes de toros españoles de raza Pirenaica, comentan que cuando el porcentaje de grasa intramuscular a nivel del lomo aumenta, la deposición del ácido araquidónico va disminuyendo. Lengyel *et al.* (2003), trabajando con toros húngaros de cruce Holstein-Friesian de 7, 14 y 19 meses, comentan que a medida que los animales aumentan de edad y, por consiguiente de condición corporal, se va reduciendo la deposición de este ácido.

La proporción de los ácidos behénico, eicosapentaenóico y docosahexaenóico extraídos de genotipos cárnicos, tuvieron un porcentaje mayor a lo encontrado en los genotipos de habilidad lechera. La proporción de ácido erúico del grupo de CC2 fue mayor que en los otros dos grupos de condición corporal valorados. Estos hallazgos no pueden compararse con otras publicaciones, ya que no existen reportes hasta la fecha y cuando aparecen nombrados en la literatura, es debido a trabajos que hablan sobre la manipulación de estos ácidos en la composición de ácidos grasos y sus efectos sobre la calidad de la carne. Lo realmente importante de estos hallazgos es

que bajo condiciones de mantenimiento, los animales de raza Boer presentan mayor cantidad de estos ácidos que los genotipos lecheros, lo cual es de interés por las bondades que presentan al consumirlos para la salud humana. Williams, citado por Gagliostro (2004), comenta que estudios epidemiológicos y experimentales han demostrado que los ácidos eicosapentaenóico y docosahexaenoico presentan propiedades hipo-colesterolémicas, anti-trómbicas, anti-inflamatorias e inmunosupresoras.

Los genotipos lecheros depositaron mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) que los genotipos cárnicos, guardando relación primordialmente con los valores hallados para el ácido oléico. Estos porcentajes fueron inferiores a los encontrados en cabritos por Nitsan *et al.* (1987), que fue de 57.79%, y a los encontrados por Werdi Pratiwi *et al.* (2005), que presentaron una media de 53.2%. Esto último es debido a que los machos tienen mayores concentraciones de ácido palmitoléico que las hembras, sexo utilizado en la presente investigación, y lo cual ha sido explicado por Johnson *et al.* (1995) y Mahgoub *et al.* (2002), y a su vez fueron superiores a los encontrados en el músculo *L. dorsi* por Potchoiba *et al.* (1990) quienes reportaron 33.6%. Los grupos de CC2 y CC3 depositaron porcentualmente mayor cantidad de AGMI que los del grupo de CC1. De Smet *et al.* (2004) comentan, que al aumentar el peso corporal de los animales, así mismo lo hace la deposición del ácido oléico en el músculo, lo cual influye directamente en la proporción de AGMI.

El GL depositó mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) que el GC. Esta diferencia se debe a la mayor cantidad de ácido linoléico encontrado en el GL, lo cual concuerda con lo expuesto por Dhanda *et al.* (2003b), quienes comentan que la cantidad de ácido linoléico influye directamente en la proporción de los AGPI. Sin embargo, Eichhorn *et al.* (1986), trabajando con hembras bovinas, disertan que la proporción de AGPI incrementa con la disminución de los niveles de grasa intramuscular, lo cual está relacionado con la alta proporción de fosfolípidos. Estos componentes estructurales de las membranas celulares tienen un alto contenido de AGPI, mientras los triglicéridos tienen una función de almacenamiento de lípidos y bajo contenido de AGPI.

Los ácidos grasos identificados del tejido adiposo intramuscular que tuvieron mayores proporciones fueron los ácidos oléico (C18:1 $\Delta$ 9), palmítico (C16:0), esteárico

(C18:0) y mirístico (C14:0), aunque para los tres últimos ácidos no se observaron diferencias por efectos de genotipo y condición corporal en la presente investigación. Publicaciones de Potchoiba *et al.* (1990), Park y Washington (1993), Johnson *et al.* (1995), Dhanda *et al.* (1999b), Banskalieva *et al.* (2000), Mahgoub *et al.* (2003) y Werdi Pratiwi *et al.* (2006) confirman que, en este orden se encuentran estos ácidos grasos en diferentes depósitos adiposos en la especie caprina. En la presente investigación estos ácidos grasos hicieron un total de 88.03%, lo cual se encuentra dentro del rango presentado por los anteriores investigadores, quienes consignaron un rango de 74-91%.

## 8. CONCLUSIONES

El estado corporal de las cabras es un indicador del nivel de sus reservas corporales, las cuales están constituidas principalmente por el tejido adiposo fácilmente movilizable que debe ser considerado como una estructura de almacenamiento energético. La valoración del estado corporal en el genotipo cárnico a nivel esternal guarda relación con la realizada a nivel lumbar, no tanto así en el genotipo de habilidad lechera de condición corporal baja y condición corporal media. Sin embargo, esta relación se debe a la interacción entre el genotipo y la condición corporal medida a nivel del esternón en el genotipo cárnico, debido a que al incrementar la calificación del estado corporal se deposita una mayor cantidad de grasa subcutánea y un aumento del volumen muscular, sugiriendo que la región del esternón puede ser el lugar más indicado para realizar la medición del estado corporal en las cabras de raza Boer.

Dentro de cada grupo de condición corporal los pesos y cantidades porcentuales de grasa perirrenal (GPR) y grasa abdominal (GA) fueron similares entre genotipos, excepto en GPR (peso) y (porcentaje) dentro de CC1, en donde el GC fue mayor que el GL (0.5 vs. 3.38g y 3.0 vs. 15.7%), lo que contradice las conclusiones propuestas por Warmington y Kirton (1990) y Colomer-Rocher *et al* (1992), quienes comentaron que eran los genotipos lecheros los que comparativamente presentaban mayor cantidad de grasa a nivel de estas regiones que los genotipos cárnicos.

En relación a la distribución de la grasa intermuscular, se observaron diferencias entre los dos grupos genéticos evaluados, en donde el cárnico presentó mayor porcentaje de esta grasa a nivel de los miembros anteriores y posteriores. En contraste, el genotipo de habilidad lechera presentó mayor porcentaje muscular en el costillar, la falda y el lomo. Estas diferencias entre genotipos pueden deberse a la influencia que este presenta en la distribución de tejidos corporales bien sea como reservas adiposas energéticas o musculares.

En la valoración de las proporciones de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* se encontró mayor porcentaje de ácido oléico en los animales de genotipo lechero, lo cual podría estar relacionado con características de las razas caprinas empleadas en el estudio. Esta aseveración está

fundamenta por trabajos en composición de ácidos grasos de grasa intramuscular realizados por Kemp y Lander (1984); Enser *et al* (1998) y Werdi Pratiwi *et al* (2005). Así mismo, el genotipo lechero evaluado fue depositando mayor cantidad de este ácido, a medida que su calificación de condición corporal fue incrementándose. Los porcentajes del ácido oleico influyeron en los resultados de los ácidos grasos monoinsaturados por ser éste el que más porcentaje presenta en un perfil lipídico, como lo confirman otros hallazgos reportados en la literatura.

El perfil de ácidos grasos demostró que el ácido araquidónico disminuyó en la medida que los animales presentaron una mayor calificación de condición corporal, lo cual pudo deberse a que el porcentaje de grasa intramuscular a nivel del lomo aumentó conforme también los hacia la valoración de condición corporal, lo que hizo que la deposición de dicho ácido fuera disminuyendo; esta observación deberá ser confirmada en estudios subsecuentes. Así mismo, el estudio demostró que los animales de raza Boer presentaron mayor cantidad de los ácidos behénico, eicosapentanóico y docosahexanóico, los cuales traen beneficios a la salud humana.

Partiendo de la idea de que los caprinos producen carnes relativamente magras, se hace necesario seguir estudiando los aspectos relacionados a la composición de ácidos grasos de la carne caprina y, en especial, en las concentraciones de ácidos mono y poliinsaturados, los cuales han demostrado presentar beneficios a la salud humana al ingerirlos, como son el de tener propiedades hipocolesterolémicas, inmunosupresoras, antiinflamatorias, anticarcinogénicas y aumentar la agregación plaquetaria.

La confiabilidad para estimar la condición corporal esta directamente influida por el genotipo ya que los resultados presentados muestran que el predecir el estado corporal de las cabras, bien sea por el método esternal o lumbar en el genotipo cárnico dan el mismo resultado, en tanto que para el genotipo lechero existe variabilidad y poca confiabilidad entre estos dos métodos.

Del mismo modo, se requiere seguir validando estrategias de calificación del estado corporal a nivel de la región esternal en cualquier estado fisiológico y para así poder predecir el nivel de reservas adiposas energéticas, el grado de engrasamiento y la composición de la canal en la raza Boer.

## 9. LITERATURA CITADA

- AOAC. 2002. Methyl esters of fatty acids in oils and fats 969.33. In Official methods of analysis 17<sup>th</sup>ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical chemist. pp.19-20.
- Arana, A., Mendizabal, J.A., Delfa, R., Eguinoa, P., Soret, B., Alzon, M., Purroy, A. 2005. Lipogenic activity in Aragonese ewes of different body condition scores. *Can. J. Anim. Sci.* 85, 101–105.
- Arbiza, S. I. 1993. Producción caprina. Editorial Trillas. México. pp. 42-43.
- Aumont, G., Poisot, F., Saminadin, G., Borel, H., Alexandre, G., 1994. Body composition score and adipose cell size determination for in vivo assessment of body composition and post-mortem predictors of carcass components of Creole goats. *Small Rumin. Res.* 15, 77–85.
- Azamel, A. A., El Sherbiny, A. A., Bata, S. S., Mokhtar, M. M., Shehata, M. F. 1992. Effect of early castration on performance, carcass characteristics and meat acceptability in Baladi goat kids. *Ind. J. Anim. Sci.* 62, 723–727.
- Banskalieva, V., Sahlou, T., Goetsch, A.L. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Rumin. Res.* 37, 255–268.
- Barry, L. 1999. Digestión en el estómago de los rumiantes. En: Sweson y Reece (compiladores). *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*. Ed. Uteha. Noriega editores. México. pp. 387-416.
- Bas, P., Chilliard, Y., Morand-Fehr, P., Rouzeau, A., Mandran, N., 1987a. Composition of adipose tissue in Alpine goats during late lactation. *Ann. Zootech.* 36, 361-374.
- Bas, P., Galloin, F., Morand-Fehr, P., Rouzeau, A., Hervieu, J., 1987b. Variations de composition et d'activite LPL des tissus adipeux abdominaux selon le lieu de prelevement chez la chevre en fin de gestation. *Reprod. Nutr. Develop.* 27, 311-312.
- Bejarano, S. M. 1992. Manual práctico de la carne. Ediciones Martín Macias. (Madrid) España. pp. 66-70.

Blum, J. W., Reding, T., Jans, F., Wanner, M., Zemp, M., Bachmann, V. 1985. Variations in 3-methylhistidine in blood of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68, 2580–2587.

Boyazoglu, J. Hatziminaoglou, I., Morand-Fehr, P. 2005. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. *Small Rumin. Res.* 60, 13–23.

Byers, F. M., Shelling, G. T. 1993. Los lípidos en la alimentación de los rumiantes. En: Church, D.C (editor). *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. Ed. Acrbia. Zaragoza (España). pp. 339-356.

Cabiddu, A., Branca., Decandia, M., Pes, A., Santucci, P., Masoero, M. F Calamari, L. 1999. Relationship between body condition score, metabolic profile, milk yield and milk composition in goats browsing a Mediterranean shrubland. *Livestock Prod. Sci.* 61, 267–27.

Casey, N., Van Niekerk, W. A. 1988. The Boer goat I. *Small Rumin. Res.* 1, 191-203.

Chilliard, Y., Sauvant, D., Bas, P., Pascal, G., Morand-Fehr, P. 1981. Importance relative et activités métaboliques des différents tissus adipeux de la chèvre laitière. En: *Nutrition et Systèmes d’Alimentation de Chèvres*. Ed: P. Morand-Fher, A. Bourbouze et M. de Simiane. Symp. International tours. France. pp. 80-89.

Chilliard, Y. 1993. Dietary Fat and Adipose Tissue Metabolism in Ruminants, Pigs, and Rodents: A Review. *J. Dairy Sci.* 76, 3897-3931.

Church, D. C. 1976. Rumen metabolism of lipids. In: *Digestive physiology and nutrition of ruminants*. Vol. I. 2<sup>o</sup> ed. Metropolitan Printing Co. pp. 253-265.

Cissé, M., M'Baye, M., Sane, I., Correa, A., N'Diaye, I. 1992. Seasonal changes in body condition of the Senegalese Sahel goat: relationship to reproductive performance. *Proceedings of the Second Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network*. Arusha, (Tanzania). pp. 69-73.

Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P., Kirton, A. H. 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livestock Prod. Sci.* 17, 149–159.

Colomer-Rocher, F., Kirton, A. H., Mercer, G. J. K., Duganzich, D. M. 1992. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughter at different weights. *Small Rumin. Res.* 7, 161-173.

De Smet, S., Raes, K., Demeyer, D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53, 81–98.

Delfa, R.C., González, A., Teixeira, L.F., Gonçalves, M., Tor, M. 1995. Relationships between body fat depots, carcass composition and body condition scores in Blanca Celtibérica goats. *Options Méditerran. Sér. A: Semin.* 27, 109-119.

Devendra, C. 1981. Meat production from goats in Developing Countries. *British Society of animal Production.* pp. 406-407.

Devendra, C., Burns, M. 1983. *Goat Production in the Tropics.* Commonwealth Agricultural Bureaux. United Kingdom. pp. 55-63.

Dhanda J. S., Taylor D. G., McCosker J. E., Murray, P. J. 1999a. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 1. Growth and carcass characteristics. *Meat Sci.* 52, 355-361.

Dhanda J. S., Taylor D. G., McCosker J. E., Murray, P. J. 1999b. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 3. Dissected carcass composition. *Meat Sci.* 52, 369-374.

Dhanda J. S., Taylor D. G., Murray, P. J. 2003a. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rumin. Res.* 50, 57-66.

Dhanda J. S., Taylor D. G., Murray, P. J. 2003b. Part 2. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rumin. Res.* 50, 67-74.

Domingo, E., Abad, M., Lanari, M. R., Raiman, R. Composición corporal de cabras criollas neuquinas en distintas notas de condición corporal. 2003. VI Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas. IV Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos. Recife (Brasil). pp. 39-42.

Dubeuf, J. P., Rubino, R., Morand-Fehr, P. 2004. Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Rumin. Res.* 51, 165–173.

Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D. Farve, T., Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68–78.



Eichhorn, J. M., Coleman, L. J., Wakayama, E. J., Blomquist, G. J., Bailey, C. M., Jenkins, T. G. 1986. Effects of breed type and restricted versus ad libitum feeding on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature bovine females. *J. Anim. Sci.* 63, 781–794.

Enser, M., Hallett, K. G., Hewett, B., Fursey, G. A. J., Wood, O. J. D., Harrington, G. 1998. Fatty Acid Content and Composition of UK Beef and Lamb Muscle in Relation to Production System and Implications for Human Nutrition. *Meat Sci.* 49, 32-341.

Fahmy, M. H., Shrestha, J.N.B. 2000. Genetics for the improvement of goat meat production. In: *Proceedings of the Seventh International Conference on Goats, France.* pp. 187–190.

FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Producción mundial de carne caprina. y cantidad de cabezas de ganadocaprino. Disponible: <http://faostat.fao.org/faostat/servlet/XteServlet3?Areas=%3E329&Items=1017&Elements=51&Years=2005&Format=Table&Xaxis=Years&Yaxis=Countries&Aggregate=&Calculate=&Domain=SUA&ItemTypes=Production.Livestock.Primary&language=ES>.

Fenster, R., Pfeffer, E. 1982. Studies of N metabolism in female goats by use of <sup>15</sup>N. II. Synthesis and breakdown of body protein during lactation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 48,168–175.

Ferlay, A., Chilliard, Y., Doreau, M. 1992. Effects of calcium salts differing in fatty acid composition on duodenal and milk fatty acid profiles in dairy cows. *J. Sci. Food Agric.* 60, 31-37.

Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley., G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.

Fonseca, R. 1995. Evaluación productiva del proceso de transformación de la leche (Tesis de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.

Frutos, P., Mantecón, A. R., Revesado, P. R., González, J. S. 1995. Body fat depots and body condition store relationship: a comparison of two Spanish sheep breeds (Churra vs Merina). *Options Méditerr. Sér A: Semin.* 27, 19-23.

Gagliostro, G. 2004. Manejo nutricional para la producción de leches de vaca y de cabra con alto impacto sobre la salud humana. Editorial EEA Balcarce. Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. pp. 121-123.

Galal, S. Biodiversity in goats. 2005. *Small Rumin. Res.* 60, 75–81.

Gall, C. Carcass composition. 1982. Third International conference on goat production and disease. Tucson, Arizona. USA. pp. 472-487.

Gallo, C., Le Breton, Y., Wainright, I., Berkhoff, M. 1996. Body and carcass composition of male and female Criollo goats in the South of Chile. *Small Rumin. Res.* 23, 163-169.

García M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4° edición. Enriqueta García de Miranda. México D. F. pp. 108-109.

Garton, G. A., Oxford, A. E. 1955. The nature of bacterial lipids in the rumen of hay fed sheep. *J. Sci. Food Agric.* 3, 142-148.

Garton, G. A. 1977. Fatty acid metabolism in ruminants. In *Biochemistry of lipids II*, Vol. 14, ed. T. W. Goodwin. University Park Press, Baltimore. pp. 337-370.

Gearhart, M. A., Curtis, C. R., Erb, H. N., Smith, R. D., Sniffen, C. J., Chase, L. E., Cooper, V. 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 73, 3132–3140.

Gerhart, D. 1931. Breve esbozo de la teoría racial. 4 edición. Editorial J.F Lehmann. Munich (Alemania). pp. 30-31.

Gibb, M. J., Ivings, W. E., Dhanoa, M. S., Sutton, J. D. 1992. Changes in the body components of autumn-calving Holstein-Friesian cows over the first 29 weeks of lactation. *Anim. Prod.* 5, 339–360.

Gibb, M. J., Cook, J. E., Treacher, T. 1993. Performance of British Saanen, Boer x British Saanen and Anglo-Nubian castrated male kids from 8 weeks to slaughter at 28, 33 or 38 kg live weight. *Animal Prod. Sci.* 57, 263-271.

Gipson, T. 1985. La cabra Boer. El establecimiento de la industria de la carne de la cabra. Feed Grain Council U.S.A. pp. 90-93.

González, J. R. 1996. El Boer, base del mejoramiento caprino en San Luis Potosí. Confederación Nacional Ganadera. México Ganadero. Abril. pp 6-10.

Grunmer, R. R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74:3244.

Grundy, S. M. 1989. Monounsaturated fatty acids and cholesterol metabolism: implications for dietary recommendations. *J. Nutr.* 119, 529–533.

Harfoot, C. G., Noble, R. c., Moore, J. H. 1975. The role of plant particles, bacteria and cell-free supernatant fractions of rumen contents in the hydrolysis of trilinolein and the subsequent hydrogenation of linoleic acie. *Ant. van Leeuwenhoek J. Microbiol. Serol.* 41, 533-542.

Haenlein, G. F. W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin. Res.* 51, 155–163.

Harfoot., Hazlewood, G. P. 1988. Lipid metabolism in the rumen. In: *The rumen microbial ecosystem*. Ed by P. N. Hanson Elsevier Applied Science. London (UK). pp. 285-322.

Hazlewood, G. P., Dawson, R. M. C. 1976. A phospholipid deacylating system of bacteria active in a frozen medium. *Biochem. J.* 153, 49-53.

Hedrick, H. B., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Judge, M. D., Merkel, R. A. 1994. *Principles of Meat Science*. Third ed. Kendall and Hunt. Iowa. USA. pp. 66-69.

Hervieu, J., Colomer, F., Branca, A., Delfa, R., Morand-Fehr, P. 1989. Définition des notes d'état corporel des caprins (assessment of body condition score in goats). Réseaux Agrimed et FAO de recherches coopératives sur les productions ovines et caprines, p. 5.

Hervieu, J., Morand-Fehr, P., Schmidely, P. H., Fedele, V., Delfa, R. 1991. Mesures anatomiques permettant d'expliquer les variations des notes sternales, lombaires et caudales utilisées pour estimer l'état corporel des chèvres laitières. *Options Méditerran. Série Sémin.* 13, 43 – 56.

Hervieu, J., Morand-Fehr, P., Delfa, R. 1995. Mise en place d'une échelle de notes caudales pour estimer l'état corporel des chèvres. *Options Méditerran. Série A: Sémin.* 27, 133 -140.

Hood, R. L. 1982. Relationships among growth, adipose cell size and lipid metabolism in ruminant adipose tissue. *Fed. Proc.* 41, 2555-2561.

Hogg, B. W., Mercer, G. J. K., Mortimer, B. J., Kirton, A. H., Duganzich, D. M. 1992. Carcass and meat quality attributes of commercial goats in New Zealand. *Small Rumin. Res.* 8, 243-256.

Huerta-Leiding N. O., Cross, H. R. Lunt, D. K. Pelton, L. S. Savell, J. W. Smith, S. B. 1991. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. *J. Ani. Sci.* 69: 3665-3694.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005. Estadísticas sobre población de ganadería caprina en México. Disponible en [http://www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/agenda/2006/Agenda2006.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/agenda/2006/Agenda2006.pdf)

Indurain, G., Beriain, M. J., Gofñi, M. V., Arana, A., Purroy, A. 2006. Composition and estimation of intramuscular and subcutaneous fatty acid composition in Spanish young bulls. *Meat Sci.* 73, 326–334

Íñiguez, L. 2004. Goats in resource-poor systems in the dry environments of West India. Central Asia and the inter-Andean valleys. *Small Rumin. Res.* 51, 137–144.

Iruegas, E., Castro, C., Avalos, L. 1999. Situación Nacional. Oportunidades de desarrollo en la industria de leche y carne de cabra en México. FIRA. Boletín informativo. Número 3134. Vol XXXII. pp. 23-24.

Izquierdo, E. 1990. Situación de la caprinocultura colimense. VII Congreso Nacional de la Asociación de Zootecnistas y Técnicos en caprinocultura, A. C. U. A. S. Sinaloa. México. Diciembre. pp. 13-17.

Jenkins, T. C. 1993. Symposium: advances in ruminant lipid metabolism. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76, 3851 – 3863.

Johnson, D.D., McGowan, C.H., Nurse, G., Anous, M. R. 1995. Breed type and sex effects on carcass traits, composition and tenderness of young goats. *Small Rumin. Res.* 17, 57–63.

Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D. S., Al-Maqbaly, R. S., Al-Saqri, N. M., Ritchie, A. 2003. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. *Meat Sci.* 66, 203–210.

Kemp, P., Lander, D. J. 1984. Hydrogenation *in vitro* of  $\alpha$  linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. . Gen. Microbiol. 130, 527-533.

Kirton, A. H. 1988. Characteristics of goat meat including carcass quality and methods of slaughter. In: C. Devendra (Editor), Goat Meat Production in Asia. International Development Research Centre, P. O. Box 8500, Ottawa, Canada, pp. 97-99.

Komaragiri Madhav, V. S., Casper, D. P., Erdman, R. A. 1998. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat on mobilization of body fat and protein. J. Dairy. Sci. 81, 169–175.

Kunsman, J. E. 1973. Characterisation of the lipids of six strains of *Bacteroides rumenicola*. J. Bacteriol. 113, 1121-1126.

Leek, B. 1999. Digestión en el estómago de los rumiantes. En: Swenson, M. J., Reece, W. O (compiladores). Fisiología de los animales domésticos. Tomo I. 2 edición. Ed. Uthea. México. pp. 391-398.

Le Frileux, Y., Pommaret, B., Hervieu, J., Morand-Fehr, P., Brousseau, J. Y., Contineau, H., Dunord, M., Dupont, J. P., Grimault, Y., Broqua, B., Vanquackebecke E. 1995. Analyse de profils de l'état corporel des chèvres conduites dans différents systèmes d'alimentation. Options Méditerran. Série A: Sem. 27, 151-160.

Lengyel, Z., Husvéth, F., Polgár, P., F. Szabó, F., Magyar, L. 2003. Fatty acid composition of intramuscular lipids in various muscles of Holstein-Friesian bulls slaughtered at different ages. Meat Sci. 65, 593–598.

Lucy, M. C., Staples, C. R., Michel, F. M. Thatcher, W. W. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. J. Dairy Sci. 74, 473–482.

McNamara, J. P. 2000. Integrating the effects of genotype and nutrition on utilization of body reserved during lactation of dairy cows. In Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. P. B. Cronje, ed. CABI Publishing, New York, NY. pp. 353–369.

MacRae, J., O'Reilly, L., Morgan, P. 2005. Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. Livestock Prod. Sci. 94, 95–103.

Mahgoub, O., Lodge, G. A. 1996. Growth and body composition in meat production of Omani Batina goats. *Small Rumin. Res.* 19, 233-246.

Mahgoub, O., Lu, C. D. 1998. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes. *Small Rumin. Res.* 27, 267–278.

Mahgoub, O., Khan, A. J., Al-Maqbaly, R. S., Al-Sabahi, J. N., Annamalai, K., Al-Sakry, N. M. 2002. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani, Jebel and Akhdar goats of different sexes and weights. *Meat Sci.* 61, 381-387.

Malan, S. W. 2000. The improved Boer goat. *Small Rumin. Res.* 36, 165–170.

Manfredini, M., Massari, M., Cavan, C., Falaschini, A. F. 1988. Carcass characteristics of male Alpine kids slaughtered at different weights. *Small Rumin. Res.* 1, 49-58.

Maqueda, J. L., Valencia, E., Rojas, C. 1996. La cabra Boer una alternativa en la producción de carne. *México Ganadero. Enero.* pp. 10-12.

Mayes, P., Botham, K. 2004. Biosíntesis de ácidos grasos. En: Murray, R., Mayes, M., Granner, D., Rodwell, V. (editores). *Harper Bioquímica ilustrada. 16ª edición.* Editorial Manual Moderno. México. pp. 197-203.

McGregor, B. A. 1985. Growth, development and carcass composition of goats: a review. In: Copland, J.W. (Ed.), *Goat Production and Research in the Tropics.* ACIAR, University of Queensland, Brisbane. pp. 82–93.

Mendizabal, J. A., Delfa, R., Arana, A., Eguinoa, P., Purroy, A. 2006. Lipogenic activity in goats (*Blanca celtiberica*) with different body condition scores. *Small Rumin. Res.* *In press.*

Moorby, J. M., Dewhurst, R. J., Tweed, J.K.S., Dhanoa, V., Beck, N.F.G. 2000. Effects of Altering the Energy and Protein Supply to Dairy Cows During the Dry Period. 2. Metabolic and Hormonal Responses. *J. Dairy Sci.* 83,1795–1805.

Morand-Fehr, P. 1981. Growth. In: Gall, C. (Ed.), *Goat Production.* Academic Press, London, UK, pp. 253–283.

Morand-Fehr, P. 1988. Capacité d'adaptation des chèvres en milieu difficile. *Ethnozootecnie* 41, 63–86.

Morand-Fehr, P., Boutonnet., Devendra, C., Dubeuf., Haenlein, G.F.W., Holst, P., Capote, J. 2004. Strategy for goat farming in the 21<sup>st</sup> century. *Small Rumin. Res.* 51, 175–183.

Murray, J.A. 1919. Meat production. *J. Agric. Sci.* 9, 174-181.

Murray, P. J., Dhanda, J. S., Taylor, D. G. 1997. Goat meat production and its consequences for human nutrition. In: *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, vol. 21, pp. 28–36.

Neill C. 1994. Landcorp Boer Goats-Breeding for results. Landcorp Farming Limited. New Zeland. pp. 23-24.

Nitsan, Z., Carasso, Y., Zoref, Z., Nir, I. 1987. Effect of diet on fatty acid profile of adipose tissues and muscle fat of kids. *Ann. Zootech.* 36, 339-341.

Owens, F. N., Goetsh, A. L. 1993. Fermentación ruminal. En: Church, D.C (editor). *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. Ed. Acrbia. Zaragoza (España). pp. 145-171.

Patton, R. A., McCarthy, R. D., Griel, L. C. 1970. Lipid synthesis by rumen microorganism. II. Further characterization of the effects of methionine. *J. Dairy Sci.* 53, 460-465.

Park, Y. W., Washington, A. C. 1993. Fatty acid composition of goat organ and muscle meat of Alpine and Nubian breeds. *J. Food Sci.* 58, 245-253.

Pérez, L. M., de Souza, S., Pérez, M., Martínez, A., Fernández G. 1997. Calcium soaps of olive fatty acids in the diets of Manchega dairy ewes : effects on digestibility and production. *J. Dairy. Sci.* 80, 3316 – 3324.

Potchoiba, M. J., Lu, C. D., Pinkerton, F., Sahlu, T. 1990. Effects of all-milk diet on weight gain, organ development, carcass characteristics and tissue composition, including fatty acids and cholesterol contents, of growing male goats. *Small Rumin. Res.* 3, 583-592.

Pryce, J. E., Coffey, M. P. Simm, G. 2001. The relationship between body condition score and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 84,1509–1515.

Randall, D.1998. Adquisición de energía: alimentación, digestión y metabolismo. En: Randall, D., Burggren, W., French, K (editores). *Eckert. Fisiología animal*. 4 edición. McGraw Hill-Interamericana. Madrid (España). 1998. pp. 697-712.

Rusell, A. J. F., Doney, J. M., Gunn, R. G. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci.* 72, 451-454.

Ruvuna, F., Taylor J. F., Okeyo, M., Wanyoike, M., Ahuya, C. 1992. Effect of breed and castration on slaughter weight and carcass composition of goats. *Small Rumin. Res.* 7, 175-183.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Coordinación general de de comunicación social. 2006. México, D.F. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/CNAcap.htm>

Santucci, P. M. 1984. L'état corporel des chèvres laitières dans les systèmes d'élevage corses: méthodes d'estimation. Réunion de sous-réseau de recherches caprines. FAO. Grangeneuve, Switzerland. pp. 70-73.

Sauvant, D., Bas, P., Morand-Fehr, P. 1979. Heavy kids production. II. Influence of milk ingestion and weaning on performances and adipose tissue composition of kids. *Ann. Zootech.* 28, 73-92.

Schroder., U. J., Staufenbiel, R. 2006. *Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness.* *J. Dairy Sci.* 89, 1-14.

Sen, A. R., Santra, A., Karim. S. A. 2004. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Sci.* 66, 757-763.

Shrestha, J. N. B., Fahmy, M. H. 2005. Review Breeding goats for meat production 2. Crossbreeding and formation of composite population. *Small Rumin. Res.* *In press.*

Sklan, D., E. Bogin, Y. Avidar, and S. Gur-Arie. 1989. Feeding calcium soaps of fatty acids to lactating cows: effect on production, body condition and blood lipids. *J. Dairy Res.* 56, 675-680.

Sklan, D., U. Modem, and Y. Folman. 1991. Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. *J. Dairy Sci.* 745-755.

Simela, L., Ndlovu, L. R., Sobanda, L. M. 1999. Carcass characteristics of the marketed Metable goat from south-western Zimbabwe. *Small Rumin. Res.* 32, 173-179.



Smith, T. R., McNamara, J. P. 1990. Regulation of bovine adipose tissue metabolism during lactation. 6. Cellularity and hormonesensitive lipase activity as affected by genetic merit and energy intake. *J. Dairy Sci.* 73, 772–783.

Statistical Analysis System, SAS Institute Inc. SAS Software: changes and enhancements through release 6.11. Cary, NC, USA SAS Institute Inc. 1996.

Stryer, L., Berg, J.M., Tynoczko, J. Bioquímica. 2003. 5ª edición. Editorial Reverté S. A. España. pp. 603-628.

Tahir, M. A., Al-Jassim A. F., Abdulla, A. H. H. 1994. Influence of live weight and castration on distribution of meat, fat and bone in the carcass of goats. *Small Rumin. Res.* 14, 219-223.

Tamminga, S., Doreau, M. 1991. Lipids and rumen digestion. In *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*. J. P. Jouany, ed. Inst. Natl. Rech. Agron., Paris, France. pp. 151-152.

Tedeschi, L. O., Seo, S., Fox, D. G., Ruiz, R. 2006. Accounting for Energy and Protein Reserve Changes in Predicting Diet Allowable Milk Production in Cattle. *J. Dairy Sci.* 89, 4795–4807.

Teixeira, A., Delfa, R., Colomer-Rocher, F. 1989. Relationships between fat depots and body condition score or tail fatness in Aragonesa breed. *Animal Production*. 49, 270-280.

Teixeira, A., Delfa, R., González, C., Gonsalvez, S., Tor, M. 1995. Use of three joints as predictors of carcass and body fat depots in Blanca Celtibérica goats. *Options Méditerr. Sér. A: Semin.* 27, 121-131.

Trujillo, A. 1995. Introducción de cabras raza Boer para producción de carne en México. V Congreso Nacional de estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. Agosto. pp. 54-55.

Trujillo, A. 1999. Comportamiento productivo de cabritos alpino francés y cruza de alpino con Boer bajo condiciones de pastoreo. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

USDA. 2001. Official United States standards for grades of carcass beef. AMS. USDA. Washington D.C.

Van Niekerk, W. A., Casey N. H. 1988. The Boer goat. II. Growth, nutrient requirements, carcass and meat quality. *Small Rumin. Res.* 1, 355-368.

Van Soest, P. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press. pp. 260-275.

Vatta, A. F., Krecek, R. C., Letty, B. A., Van der Linde, M. J., Motswatswe, P., Hansen, J. W. 2002. Effect of nematode burden as assessed by means of faecal egg counts on body condition in goats farmed under resource-poor conditions in South Africa. *Vet. Parasitol.* 108, 247–254.

Viviani, R., Borgatti, A. R. 1967. Micro-organismi del rumine e biodrogenazione degli acidi grassi poliinsaturi. *Atti Soc. Ital. Sci. Vet.* 21, 254-259.

de Vries M. J., Veerkamp, R. F. 2000. Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility. *J. Dairy Sci.* 83, 62–69.

Waltner, S. S., McNamara, J. P., Hillers, J. K. 1993. Relationships of body condition score to milk production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76, 3410–3419.

Warmington, B. G., Kirton, A. H. 1990. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats. *Small Rumin. Res.* 3, 147-165.

Webb, E. C., Casey, N. H., Simela, L. 2005 Goat meat quality. *Small Rumin. Res.* 60, 153–166.

Wardi Pratiwi, N. M., Murray, P. J., Taylor, D. G., Zhang, J. 2006. Comparison of breed, slaughter weight and castration on fatty acid profiles in the Longissimus thoracic muscle from male Boer and Australian feral goats. *Small Rumin. Res.* 64, 94-100.

Wilson, G. F., Mackenzie, D.D.S. Brookes, I. M. Lyon, G. L. 1988. Importance of body tissues as sources of nutrients for milk synthesis, using <sup>13</sup>C as a marker. *Br. J. Nutr.* 60, 236–244.

Wood, J. D., McFie, H. J. H., Pomeroy, R. W., Twinn, D. J. 1980. Carcass composition in four sheep breeds: the importance of type of breed and stage of maturity. *Anim. Prod.* 30, 135-152.

Zygoyiannis, D., Kufidis, D., Katsaounis, N., Phillips, P. 1992. Fatty acid composition of carcass fat of indigenous (*Capra prisca*) suckled Greek kids and milk of their does. *Small Rumin. Res.* 8, 83-95.