

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UTILIZACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL Y MEDICIÓN DEL  
DIÁMETRO Y NÚMERO DE ADIPOCITOS PARA DETERMINAR  
LAS RESERVAS GRASAS Y SU DISTRIBUCIÓN EN CANAL DE  
CABRAS DE GENOTIPO CÁRNICO.

Tesis  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Presenta  
SAÚL PAZ HERNÁNDEZ

Asesores:  
Dr. Andrés Ducoing Watty  
Dra. Eugenia Candanosa Aranda  
MVZ MC Javier Gutiérrez Molotla

México, D.F.

2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 padres por su apoyo y ejemplo de vida.

A mi gran compañera de vida Gaby, por la fuerza y apoyo que necesitaba.

A la gente que me ha brindado su amistad y de los cuales he aprendido mucho.

A mis amigos que no me abandonaron en el tiempo que era fácil hacerlo, sin su apoyo no estaría aquí.

## AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias Dios por que todo depende de él, y nada resulta si su  
consentimiento.

El presente estudio se realizó con financiamiento otorgado al proyecto  
IN202503 por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación  
Tecnológica (PAPIIT), de la Dirección General de Asuntos del Personal  
Académico, UNAM.

A mis sinodales por su valioso tiempo y apoyo desinteresado.

A la Dra. Eugenia Candanosa por su fe en mí y en este trabajo.

Al Dr. Andres Ducoing por su valiosa asesoría y el tiempo dedicado.

Al Dr. Javier Gutiérrez por su amistad y apoyo.

Al departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia, a los técnicos Alfredo, Luís y Guadalupe por el tiempo que me  
regalaron.

A mis amigos, Humberto, Marta, Adrián, Efrén, Guadalupe.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	9
HIPÓTESIS.....	10
OBJETIVOS.....	10
MATERIAL Y METODOS.....	11
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN .....	18
CONCLUSIONES.....	21
REFERENCIAS .....	22
FIGURAS .....	26
CUADROS.....	27

## RESUMEN

PAZ HERNÁNDEZ SAÚL. UTILIZACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL Y MEDICIÓN DEL DIÁMETRO Y NÚMERO DE ADIPOCITOS PARA DETERMINAR LAS RESERVAS GRASAS Y SU DISTRIBUCIÓN EN CANAL DE CABRAS DE GENOTIPO CÁRNICO (Bajo la dirección de Dr. Andrés Ducoing Watty, Dra. Eugenia Candanosa Aranda y MVZ MC Javier Gutiérrez Molotla).

El objetivo de este trabajo fue el utilizar la escala de condición corporal descrita para cabras de genotipo lechero, el uso del diámetro y número de los adipocitos y el uso de medidas anatómicas para determinar la deposición y distribución de los depósitos grasos y su relación con el diámetro de los adipocitos. Para lo que se utilizaron 12 cabras en mantenimiento entre 2 y 6 partos, ubicadas en 3 grupos de condición corporal lumbar con 4 cabras cada uno. El grupo de condición baja (Cc1), se formó por cabras con una condición menor a 2, el grupo de condición media (Cc2) por cabras con una condición entre 2 y 3, y el grupo condición alta (Cc3) por cabras con una condición mayor a 3. Como resultados se observó que para la condición corporal los tres grupos de condición fueron diferentes ( $P < 0.05$ ). Las medidas morfométricas fueron iguales para los grupos, excepto las correspondientes a perímetros, donde el grupo (Cc3) fue el mayor al los demás grupos. En la evaluación del diámetro de adipocitos, en la región esternal los tres grupos fueron diferentes ( $P < 0.05$ ); en el área caudal, omental y perirrenal el grupo (Cc3) tuvo mayor diámetro ( $P < 0.05$ ); en el área mesentérica el grupo (Cc1) fue el menor ( $P < 0.05$ ). Concluyendo que el diámetro de los adipocitos en los sitios caudal, omental, perirrenal y mesentérico se relacionan con el estado de condición corporal alto (Cc3) y bajo (Cc1).

## INTRODUCCIÓN

El caprino ha sido aprovechado durante mucho tiempo para diversos propósitos como la producción de carne, producción de leche y sus derivados, fibras, piel e incluso para trabajo físico. Esta especie ha contribuido al desarrollo económico en diversas zonas consideradas como pobres en aporte forrajero, bajo condiciones ambientales adversas para cualquier otra especie animal. Gracias a su capacidad para adaptarse, su habilidad para alimentarse de gran variedad de forrajes y su eficiencia en la producción de leche. Se sabe que la especie caprina fue la primera en ser domesticada, cerca del año 8000 a. C. Desde entonces ha formado parte importante de la humanidad, estando presente en la economía, religión, costumbres y hábitos diarios. Ha sido considerada como símbolo de abundancia e incluso a su piel se le han atribuido propiedades milagrosas.<sup>1</sup>

A partir de 1985, el inventario mundial caprino ha venido aumentando. La FAO estima en un 48% este incremento, siendo los países en desarrollo en donde más se ha observado, debido a que pueden ser integrados a sistemas extensivos y semi intensivos, en donde no es necesaria una gran infraestructura.<sup>1</sup> La población caprina mexicana se estima al rededor de nueve millones de cabezas, México ocupa el segundo lugar en población caprina a nivel continental y el décimo tercero a nivel mundial<sup>2</sup>.

La producción caprina en México está basada primordialmente en sistemas extensivos, los cuales son desarrollados en ambientes de marginación y en tierras poco productivas, representando una opción importante para las poblaciones rurales y de escasos recursos. México ocupa el primer lugar en producción de carne de origen caprino en el continente americano con el 30.5% de la producción total.<sup>2</sup>

Sin embargo, este producto participa únicamente con cerca del 3% de la producción total de carne a nivel nacional. La producción de carne en el 2004 fue de 41,626 tons, y se estima que en el 2005 la producción caprina tuvo un crecimiento de 7.8%.<sup>2</sup> En México, el consumo de carne y leche de cabra varía mucho dependiendo la zona del país, estados del centro y norte están más habituados al consumo de carne de cabra que regiones del sur; siendo el estado de Coahuila el mayor productor de carne de cabra de la republica.<sup>2</sup> En México, gran parte del territorio es apto para la producción, aproximadamente 40.9 millones de hectáreas, lo que equivale al 20.8% de la superficie total del país.<sup>3</sup>

El mercado de la carne caprina se caracteriza por estar sujeto fuertemente a esquemas de intermediarismo enfocado a abastecer los grandes objetivos que son las ciudades de México y Monterrey. Los Estados de Coahuila, San Luis Potosí, Zacatecas y Nuevo León se enfocan mayormente a la producción de cabrito, mientras que Puebla, Oaxaca y Guerrero producen principalmente carne de animal adulto.<sup>2</sup>

De la totalidad de carne roja que se consume en el mundo, el 6% es carne de cabra. Este indicador se puede explicar tomando en cuenta las propiedades que tiene la carne de cabra en relación con carne de otras especies como lo son la res o el cerdo. Por lo que, no resulta extraño que profesionales en la salud y la sociedad en general comience a comer carne de cabra debido a su menor contenido de grasa subcutánea y a la menor cantidad de colesterol y ácidos grasos saturados en cortes similares en carne de res.<sup>4</sup>

Existen diferentes tipos de razas caprinas que son dirigidas hacia un fin productivo específico. En producción de carne, la raza Boer es la más especializada, ya que ha sido sometida por años a procesos de selección. Esta raza surgió del cruzamiento de diferentes razas en los años 20's en Sudáfrica, donde fue seleccionada específicamente por sus características productivas.<sup>5</sup> Ingresó en las opciones ganaderas de México en el año de 1993, en forma de embriones congelados importados de Nueva Zelanda. En la clasificación de las cabras dada por Mason, esta raza pertenece al grupo V, que se caracteriza por tener perfil convexo, orejas largas y pendulosas y cuernos cortos en forma de sable.<sup>6</sup> El color de estas cabras, este es blanco, con excepción de la parte craneal del cuello, la parte lateral de la cara y orejas, las cuales presentan manchas de un color café rojizo, aunque en ocasiones la totalidad del cuerpo puede ser color café con áreas blancas pequeñas.<sup>7</sup>

#### Estado corporal

En la producción caprina, el crecimiento y desarrollo de un animal es la base de la producción de carne, ya que estos factores, sumados a la alimentación, determinan el desarrollo y porcentaje que tendrán los tejidos en la canal animal, lo que puede ser traducido en rendimiento de la canal. La deposición de tejido adiposo fisiológicamente es importante ya que representa reservas energéticas, las cuales podrían determinar la supervivencia del animal en periodos de escasez alimenticia, sin embargo, se debe de tomar en cuenta que la grasa intermuscular es más deseable que la interna, esta diferencia en la deposición grasa es importante para establecer el momento óptimo del sacrificio.<sup>8</sup>

Para poder llenar las expectativas del mercado es necesario poder evaluar la composición de la canal en vivo, lo que está determinando por el peso vivo, el genotipo y el estado corporal del animal, la suma de estas variables se ve reflejado en la deposición de tejido adiposo. En general, la comercialización de la carne se realiza por cortes de la canal, y cada corte obtiene un valor que es determinado por sus características. Una canal excesivamente grasa, al ser procesada le serán removidos los depósitos de grasa internos y tendrá por lo tanto una pérdida mayor de su peso lo que se verá traducido en un menor valor comercial.<sup>5</sup>

La composición de los depósitos de grasa en los rumiantes, a diferencia de animales no rumiantes, no esta influenciada por los ácidos grasos que componen la dieta, sino por la proporción de carbohidratos fermentables en rumen, debido a la acción de la microflora ruminal. Todos los tejidos del cuerpo son capaces de tener deposición grasa, siendo el tejido adiposo el almacén más común.<sup>9</sup>

Debido a que el tejido adiposo es una fuente de energía, la deposición y movilización de este es constante, por lo que la composición de la canal no es estable. El estado corporal proporciona una perspectiva de la condición nutricional ya que se ha demostrado que un cambio en el peso corporal tiene como consecuencia una variación en la composición de la canal, por lo que en consecuencia se verá reflejado en cambios de condición corporal.<sup>10</sup> Se ha observado que un estado de delgadez o estado corporal bajo, tiene repercusión importante en los parámetros reproductivos como la duración del anestro, resorciones embrionarias y abortos, y parámetros productivos como producción de leche principalmente.<sup>11</sup>

La estimación subjetiva de la condición corporal se ha usado durante un tiempo considerable para determinar la proporción de grasa de un animal, por lo que diversos autores la han utilizado como la interpretación del estado nutricional de los animales. La condición corporal en los caprinos y su interpretación representa una herramienta valiosa para la toma de decisiones relacionadas al manejo nutricional del rebaño que puede ser traducido en un incremento de su productividad. Los métodos y las técnicas que son empleadas para hacer una evaluación en vivo de las reservas corporales son numerosas y varían en su complejidad, costo y eficacia. Desde la más sencilla, como la técnica manual de evaluación de la condición corporal o más complejas como la medida de espacio de difusión de isótopos en agua<sup>12</sup>.

#### ANTECEDENTES

##### Evaluación de la condición corporal.

La evaluación manual de la condición corporal es una técnica poco costosa para apreciar las reservas corporales de los animales. Consiste en juzgar, por medio de palpación de una región anatómica específica, la cantidad de grasa y músculo.

Morand-Fehr et al<sup>13</sup>, propusieron una escala de condición corporal, otorgando valores de unidad a los diferentes estados de condición, medidos en una escala con rango de 0 a 5, en la palpación de la región lumbar de cabras de genotipo lechero (Figura 1).

- Grado cero: Corresponde a cabras de delgadez extrema, los huesos son prominentes al tacto.

- Grado uno: Cabras con una conformación delgada, y las apófisis transversas de las vértebras lumbares son perceptibles solo hasta la mitad de las mismas.
- Grado dos: Cabras cuya apófisis mamilo-articular de las vértebras lumbares casi no es palpable.
- Grado tres: Incluye a cabras en las cuales se puede trazar una línea recta de la apófisis transversa a la apófisis espinosa de las vértebras lumbares, las apófisis transversas son detectables.
- Grado cuatro: Encierra a cabras cuyas apófisis espinosas son poco detectables y sus espacios intervertebrales son muy difíciles de palpar.
- Grado cinco: Es el punto más alto de la escala, comprende a las cabras donde las apófisis transversas de las vértebras lumbares son imperceptibles y las masas de los músculos lumbares forman un surco llamado "surco lumbar".

Se ha demostrado que el peso vivo del animal y la condición corporal están íntimamente relacionados con la productividad de los rumiantes productores de carne, principalmente en productores de leche, siendo el estado de condición corporal mejor predictor que el peso vivo.<sup>14</sup>

### Medición de adipocitos

La medición de adipocitos es una técnica que ha sido estudiada en diferentes especies para la determinación y predicción de las reservas grasas, esta técnica esta basada en el crecimiento del tejido adiposo el cual está determinado por la hiperplasia e hipertrofia de los adipocitos, dicha reserva se va almacenando o removiendo dependiendo del balance energético del animal. Cuando el animal se

encuentra en un balance energético positivo, incrementa sus reservas energéticas, incrementando así los depósitos de tejido adiposo, lo que es entendido como una hiperplasia de la célula. Este incremento de tamaño provoca un incremento en las células adiposas. Así, la hiperplasia de estas nuevas células se traduce en un aumento de los depósitos grasos.<sup>14,15</sup>

La masa de tejido adiposo varía en tamaño con los cambios en el número y tamaño promedio de los adipocitos.<sup>15</sup> En los rumiantes adultos, la mayoría de los cambios en el tamaño de los depósitos de tejido adiposo se debe a los cambios en el tamaño promedio de la célula.<sup>16</sup> En trabajos realizados en ovinos, se ha encontrado que el diámetro de los adipocitos de muestras obtenidas de la base de la cola tiene correlación elevada con la cantidad de grasa corporal y en la canal.<sup>16</sup> El método ha permitido estimar la proporción de grasa corporal total, a partir de muestras obtenidas de depósitos de grasa corporal y de la canal, así como la apreciación de la evolución de sus reservas grasas corporales durante determinados periodos de tiempo y bajo diferentes necesidades energéticas.<sup>17</sup>

## JUSTIFICACIÓN

Debido a las condiciones medioambientales favorables para el desarrollo de la caprinocultura en nuestro país, es necesaria la implementación de programas de manejo y alimentación que sean enfocados a lograr altos niveles de eficiencia.

Para la producción de carne, la determinación del tiempo óptimo de sacrificio es fundamental, el uso de la escala de condición corporal es una buena herramienta para la determinación de las reservas, sin embargo, no está diseñada para evaluar animales destinados a la producción de carne, por lo que es necesario, a través de otros métodos, estandarizar esta escala para animales cárnicos.

## HIPÓTESIS

1. El conteo y la medición del diámetro de adipocitos permite estimar la cantidad de reservas grasas y su distribución anatómica en la canal de cabras de genotipo cárnico.
2. La medición de la condición corporal propuesta en cabras de genotipo lechero puede ser implementada en animales de genotipo cárnico para la determinación de las reservas grasas y su distribución en la canal.

## OBJETIVOS

Evaluar la eficacia del sistema de calificación de condición corporal empleado para caprinos de genotipo lechero y la medición del número y diámetro de los adipocitos en la estimación de las reservas grasas y su distribución corporal en cabras adultas de genotipo cárnico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ubicado en el Km 28.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, a 19° latitud norte y 99° longitud oeste, a una altura de 2760 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 una precipitación pluvial de 800 a 1200 mm anuales,<sup>18</sup> y bajo la aprobación del Comité Institucional para el cuidado y uso de los animales experimentales (28 de octubre 2004).

Se utilizaron 12 cabras en mantenimiento de entre 2 y 6 partos, de genotipo cárnico (Boer), las cuales se dividieron en 3 grupos de 4 cabras cada uno. El grupo 1 de “condición baja”, estuvo formado por cabras con una condición corporal menor a 2, el grupo 2 de “condición media”, se integró por cabras con una condición corporal de 2 a 3 y el grupo 3 de “condición alta” por cabras con una condición corporal mayor a 3.

Se tomaron medidas anatómicas correspondientes a altura al hombro, a la cruz, a la cresta ilíaca y altura al isquion; largo de la cruz a la base de la cola, largo lateral de isquion a codo; ancho de hombros, de espalda (a mitad de la escápula), de la cadera de ilion a ilion y ancho de pelvis de isquion a isquion, perímetros torácico en codo, torácico a la 13<sup>a</sup> costilla, abdominal en 3 y 4 vértebra lumbar y abdominal en punto más ancho de los diferentes grupos de condición corporal lumbar. También se tomaron los pesos de los animales en vivo, previo período de dietado de 18 a 24 hrs. Para posteriormente efectuar el sacrificio, el cual se efectuó por personal entrenado, de acuerdo a lo

especificado por la Norma Oficial Mexicana, utilizando para la insensibilización una pistola de émbolo oculto para proceder al desangrado por corte de yugulares, dentro de los treinta segundos posteriores. Para la obtención de la canal, los animales fueron eviscerados de las cavidades torácica y abdominal, dejando los riñones cubiertos en su envoltura adiposa y los tejidos adiposos en la hoja parietal del peritoneo, los cuales al momento de evaluar la canal fueron desprendidos de ésta y liberados de su cobertura de grasa. Esta última se pesó para ser clasificada como porcentaje de grasa interna, así mismo, se pesó la grasa omental y pericárdica. Inmediatamente después del sacrificio, la canal pesó en caliente, para permanecer 24 horas en refrigeración a 4 C, una vez pasado este tiempo, las canales fueron pesadas nuevamente para poder registrar el peso frío.

La canal se dividió en dos mitades, la media canal izquierda se despiezó según el método americano.<sup>19</sup> Las ocho piezas anatómicas que se obtuvieron fueron: cuello ( comprende las 7 vértebras cervicales), espalda ( de la 6<sup>a</sup> a 12<sup>a</sup> costilla con sus vértebras torácicas), pierna ( el corte craneal se realiza a nivel de la ultima vértebra lumbar, comprende las vértebras sacras y lumbares al igual que el fémur, tibia y fíbula), costillar ( desde la 1<sup>a</sup> costilla hasta la 5<sup>a</sup> costilla con sus vértebras torácicas, el límite caudal se proyecta con una línea recta que surge a nivel de la unión costocondral de la primera costilla ), pecho (el corte comprende el esternón y las costillas, el límite dorsal se traza a nivel de la unión costocondral de la primera costilla, el límite caudal es la cara caudal de la 13<sup>a</sup> costilla), falda (el limite craneal es la cara caudal de la 13<sup>a</sup> costilla, el límite dorsal es la continuación de la línea trazada para dividir el pecho y el limite caudal es la unión del músculo con la pierna ) , lomo (el corte

va desde la 13<sup>a</sup> vértebra torácica hasta la 5<sup>a</sup> vértebra lumbar) y chambarete (radio y ulna), permaneciendo todas ellas en congelación hasta su disección. De las piezas obtenidas de cada media canal, se diseccionó el músculo, hueso y grasa; la grasa fue dividida a su vez en grasa subcutánea, interna e intermuscular. El peso del tejido conjuntivo y el externo distal de los tendones y ligamentos se sumó al peso del hueso. Los músculos fueron separados individualmente, desprovistos de grasa subcutánea e intermuscular. Los huesos conservaron las inserciones tendinosas de los músculos y cartílagos.

Las muestras para la medición del número y diámetro de los adipocitos fueron tomadas inmediatamente después del sacrificio, aproximadamente 1 g de grasa de cada sección; tomando las muestras del tejido subcutáneo esternal, de la base de la cola, omental, perirrenal y mesentérica. Las muestras de tejido adiposo fueron fijadas con formalina al 35% por 7 minutos. Las muestras una vez fijadas se mantuvieron en congelación en nitrógeno líquido, a -20 °C hasta su procesamiento. A cada muestra de tejido se le realizaron varios cortes con una medida de 5 µm, los cortes fueron efectuados en un criostato Leica CM 1800MR. Cada corte se colocó en un portaobjetos y fue teñido con Sudán y hematoxilina-eosina para su posterior evaluación.<sup>19</sup> Para medir 100 adipocitos de cada sección de tejido adiposo, se empleó el programa Image Pro Plus versión 4.5.1 para windows MR 98/2000 y un microscopio óptico Zeiss MC 80. Fueron utilizadas 200 mediciones de cada muestra de tejido, utilizando dos secciones diferentes por cada sitio anatómico.

La información obtenida en el presente estudio fue evaluada por análisis de varianza para un modelo completamente aleatorizado con una separación de medias de Tukey, considerando como variable explicativa el nivel de

condición corporal, con el objeto de establecer su efecto sobre las variables estudiadas. El análisis de la información se llevó a cabo utilizando el programa estadístico JMP (SAS Corp, 1997).<sup>21</sup>

## RESULTADOS

Para el diámetro de los adipocitos de la región esternal los tres grupos fueron diferentes ( $P < 0.05$ ), siendo mayor el de la condición baja y el menor el grupo de condición media. Para las variables de las medias de los adipocitos de la región caudal, región omental y de la región perirrenal, el grupo de condición corporal alta mostró mayores medias ( $P < 0.05$ ) que los otros dos grupos de condición corporal. En el diámetro de los adipocitos de la región mesentérica, el grupo de condición corporal baja fue menor en promedio ( $P < 0.05$ ) que los otros dos grupos de condición corporal (Cuadro 1).

El Cuadro 2 muestra las medias de mínimos cuadrados para los pesos de las grasas abdominal, pericárdica, del intestino delgado, de intestino grueso, así como del tracto genital, peso de la canal caliente y canal fría para los tres grupos de condición corporal evaluados. En la variable peso de grasa abdominal el promedio del grupo de condición alta fue mayor ( $P < 0.05$ ) que el promedio del grupo de condición baja. El grupo de condición intermedia no mostró diferencia alguna con los otros dos grupos. Para la variable peso de intestino grueso, la media del grupo de condición alta fue mayor ( $P < 0.05$ ) a la de los grupos de condición baja y media. En los pesos de grasa pericárdica, de intestino delgado y de tracto genital no se observaron diferencias entre los grupos ( $P > 0.05$ ). En la variable peso de la canal fría no se encontró diferencia entre los tres grupos de condición corporal ( $P > 0.05$ ).

En el porcentaje de hueso y grasa interna total se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre los grupos de condición alta y baja. Para el porcentaje de

músculo, porcentaje de otros, porcentaje de grasa subcutánea, porcentaje de grasa intermuscular, porcentaje de grasa externa total, porcentaje de grasa intermuscular y porcentaje de grasa total no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre los tres grupos de condición corporal (Cuadro 3).

En el Cuadro 8 se muestran las medias de mínimos cuadrados para las variables porcentaje de grasa subcutánea, porcentaje de grasa interna, porcentaje de otros y porcentaje de músculo para cada grupo de condición corporal evaluado, en ninguna de estas variables se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre cada uno de los grupos de condición corporal lumbar.

El Cuadro 4 muestra las medias ajustadas para las variables condición corporal lumbar y condición corporal esternal. Para la variable condición corporal lumbar y esternal los tres grupos de condición corporal también fueron estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ), siendo el grupo de condición corporal alta, el que presentó más altos valores.

El Cuadro 5 muestra las medias de mínimos cuadrados para las variables altura al hombro, a la cruz, a la cresta ilíaca y altura al isquion; largo de la cruz a la base de la cola y lateral de isquion a codo; ancho de hombros, de espalda (a mitad de la escápula), de la cadera de ilion a ilion y de pelvis de isquion a isquion de los diferentes grupos de condición corporal. En ninguna de estas variables se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ) entre los grupos de condición corporal lumbar.

En los perímetros torácico en codo y perímetro abdominal en 3 y 4 vértebra lumbar, el grupo de condición corporal alta tuvo una media mayor ( $P<0.05$ ) al grupo de condición baja. En el perímetro abdominal en el punto más ancho, el

grupo de condición corporal alta fue superior ( $P < 0.05$ ) a los grupos de condición baja y media. En la variable perímetro torácico a la 13ª costilla no se observó diferencia entre los tres grupos de condición corporal lumbar (Cuadro 6).

## DISCUSIÓN

El diámetro de los adipocitos para las regiones caudal, omental, perirrenal y mesentérica fue mayor para los grupos de condición corporal alta y menor para los grupos de condición baja, lo que concuerda con lo obtenido por Mendizabal et al.<sup>22</sup> en cabras Celtibéricas, donde observaron un aumento del diámetro de los adipocitos en relación al aumento de la condición corporal, y Aumont et al.<sup>23</sup> que concluyeron que el tamaño de los adipocitos varía en relación a la calificación de condición corporal pero no resulta ser buen predictor para la distribución de grasa en la canal en cabras Mediterraneas. En ovinos se ha observado relación entre el tamaño de los adipocitos y la condición corporal.<sup>14</sup> En corderos Lacaun Mendizábal et al.<sup>14</sup> observaron aumento del tamaño de los adipocitos de las áreas mesentérica, omental, perirrenal, base de la cola e intermuscular con un aumento en la condición corporal. En la raza Bergamasca Susmel et al.<sup>16</sup> observaron relación lineal entre la condición corporal y el tamaño de los adipocitos principalmente en el área de la base de la cola.

El diámetro de los adipocitos en la región esternal no mostró relación con la calificación de la condición corporal lumbar realizada. Se sugiere que esta variación depende de la movilización de tejido adiposo, que comienza principalmente en regiones de tejido subcutáneo. Mendizábal et al.<sup>22</sup> concluyeron que la proliferación de los adipocitos se inicia en los tejidos subcutáneos, en los cuales la variación está determinada por el cambio en el diámetro de las células y es la primera que tiende a mobilizarse.

En este estudio se observó que existía relación entre el peso de la canal y la condición corporal, resultados que concuerdan con los estudios realizados por Mendizabal et al.<sup>22</sup> quienes encontraron relación entre el peso y el estado corporal en cabras Celtibéricas. Del mismo modo, Treacher et al.<sup>24</sup> que trabajaron con ovinos, observaron variaciones lineales entre el peso corporal y la condición corporal, es decir, a mayor peso mayor calificación en la condición corporal.

En este trabajo se observó variación en el porcentaje de grasa interna total en los grupos de condición baja y alta, resultados que concuerdan con Mendizabal et al. quienes observaron mayor cantidad de grasa en el área omental en cabras Celtibéricas cuando los grupos de condición corporal eran más altos.<sup>22</sup>

La evaluación de la condición corporal lumbar y external fue empleada en este estudio para determinar las reservas grasas y sus distribución en la raza Boer como representativa de un grupo genético con propósito cárnico, Mendizabal et al.<sup>22</sup> demostraron que el uso de la condición corporal external y lumbar permite estimar la distribución de los depósitos grasos en cabras blanca Celtibéricas.

No se obtuvieron diferencias en las medidas anatómicas correspondientes a altura y largos en cabras Boer, lo que sugiere que las variaciones de la condición corporal dependen únicamente de las reservas de grasa y músculo y no por medidas anatómicas, viéndose únicamente reflejadas en las medidas de los perímetros anatómicos.

En general, los promedios relacionados con altos y anchos de las medidas anatómicas son similares con los promedios de alto a la cruz y alto a la grupa encontrados por Vargas et al.<sup>25</sup> en cabras productoras de carne (Raza criolla).

Las diferencias observadas en los perímetros de las regiones torácicas y abdominales evaluadas fueron explicadas por la calificación de la condición corporal, resultado de la deposición de las reservas grasas en las regiones en donde se hicieron las mediciones. Las medias de las variables perímetro torácico y abdominal fueron mayores a las encontradas por Bedotti et al.<sup>26</sup> quienes caracterizaron rebaños de cabras de regiones Argentinas, y a las referidas por Vargas et al.<sup>23</sup> que realizaron estudios anatómicos en cabras criollas productoras de carne. Por otro lado, los resultados de este estudio no concordaron con las medidas encontradas por Herrera et al.<sup>27</sup> en cabras de genotipo lechero donde todos sus resultados fueron inferiores a los observados en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

La medición del diámetro de los adipocitos en los sitios caudal, omental, perirrenal y mesentéricos se relaciona con el estado de condición corporal alta y baja.

El grupo de condición corporal media no presenta relación con el diámetro de los adipocitos en los seis sitios estudiados en el presente estudio.

La calificación de la condición corporal desarrollada y utilizada para cabras se puede emplear para la determinación de los depósitos grasos internos de cabras con genotipo cárnico Boer. La cantidad de grasa interna es la que se relaciona mejor con la condición corporal.

Los perímetros torácicos y abdominales de las diferentes áreas se relacionan con la calificación de condición corporal alta y baja. En las medidas de altos y largos no se observa relación con la calificación de la condición corporal.

## BIBLIOGRAFÍA

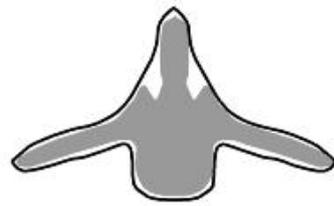
1. Boyazoglu J, Hatziminaoglou I, Morand-Fehr P. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. *Small Rum Res.* 2005; 60:13-23.
2. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/cifra/progpec05a.pdf>
3. Trujillo GA. Introducción de cabras raza Boer para producción de carne en México. V Congreso Nacional de Estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia México D.F. 1995.
4. Webb EC, Casey NH, Simela L. Goat meat quality. *Small Rum Res.* 2005; 60:153-166.
5. Malan SW. The improved Boer goat. *Small Rum Res.* 2000; 36:165-170.
6. Arbiza AS. Producción de caprinos. Primera edición ed. AGT, 1989. México DF
7. Bautista SA. Características productivas del nacimiento al destete en cabritos Boer en un sistema de producción semiintensivo (Tesis de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. D.F. México: UNAM, 2002.
8. Potchoiba MJ, Lu CD, Pinkerton F, Sahlou T. Effects of all-milk diet on weight gain, organ development, carcass characteristics and the tissue composition, including fatty acids and cholesterol content, of growing male goat. *Small Rum Res.* 1990; 3: 583-592.

9. Nurnberg K, Wegner J, Ender K. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Small Rum Res.* 1998; 56: 145-156.
10. Frutos P, Mantecon A R, Revesado PR, Gonzalez J S. Body fat depots and body condition store relationship: a comparison of two Spanish sheep breeds (Charuua vs Merina). *Serie A: Options Méditerranéennes* 1995; 27: 59-66.
11. Majele-Sibanda L, Bryant MJ, Ndlovu LR. Live weight and body condition changes of matebele does during their breeding cycle in a semi-arid environment. *Small Rum Res.* 2000; 35: 271-275.
12. Waltner, S.S. McNamara, J. P. Hillers, J. K. and Brown, D. L.: Validation of indirect measures of body fat in lactating cows. *J. Dairy Sci.* **77**:2570-2579 (1994).
13. Morand-Fehr P and Hervieu J. Body condition scoring of goats : use and method. *Chevre* 1999; 23: 22-33.
14. Mendizabal JA, Thériez M, Basc P, Normandc J, Aurousseau B , Purroy A. Fat firmness of subcutaneous adipose tissue in intensively reared lambs. *Small Rum Res.* 2004; 53: 173–180.
15. Waltner SS, McNamara JP, Hillers JK. and Brown DL. Validation of indirect measures of body fat in lactating cows. *J Dairy Sci* 1994; 77:2570-2579.
16. Susmel P, Canavese B, Filacorda S, Paisentier E. Prediction of body fat in lactating ewes using the diameter of subcutaneous adipocyte cells or body condition score. *Options Méditerranéennes, Serie A:* 1995; 27: 59-66.

17. Bas P, Morand-Fehr P, Rouzeau A, Chilliard Y. Weight and metabolism of goat adipose tissues during pregnancy and lactation. *Ann. Zootec* 1985; 34: 483-484.
18. García E. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1988.
19. USDA. Corte de canales.  
<http://capraiespana.es/capra//cortes/cortes.htm>
20. Sobin, L. Prophet, E. Mills, B. Arrington, J.: Instituto de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América. (AFIP). *Metodos Histológicos. Registro de los Estados Unidos de América.* Washington, D. C. 1995.
21. Lentner M, Bishop T. *Experimental Design and Analysis.* Valley Book Co. 2<sup>nd</sup>. Ed. Blacksburg, VA, 1993.
22. Mendizábal JA, Delfa R, Arana A, Eguinoa P, Purroy A. Lipogenic activity in goats (Blanca celtiberica) with different body condition scores. *Small Rum Res.* 2006; Article in press.
23. Aumont G, Poisot , Saminadin , Borel H, Alexandre G. Body condition score and adipose cell size determination for in vivo assessment of body composition and post-mortem predictors of carcass components of Creole goats. *Small Rum Res.* 1994; 15: 77-85.
24. Treacher TT, Filo S. Relationships between fat depots and body condition score or live weight in Awassi ewes. *Serie A: Options Méditerranéennes* 1995; 13-17.

25. Vargas S, Sánchez M, Rodríguez JJ, Hernández JS y Casiano MA.  
La cabra para carne y su respuesta a la mejora del manejo. Archivos de zootecnia 2005; 54: 529-534.
26. Bedotti D, Gómez AG, Sánchez M y Martos JP. Caracterización morfológica y fanerotípica de la cabra colorada pampeana. Archivos de zootecnia 2004; 53: 261-271.
27. Herrera M, Rodero E, Gutierrez MJ, Pefia F, Rodero JM. Application of multifactorial discriminant analysis in the morphostructural differentiation of Andalusian caprine breeds. Small Rum Res.1996; 22: 39-47.

# Escala de Condición Corporal



Grado 0



Grado 1



Grado 2



Grado 3



Grado 4



Grado 5

Figura 1. Esquema de los grados de condición corporal lumbar.

Cuadro 1

MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA EL DIÁMETRO DE LOS ADIPOCITOS EN LAS SEIS REGIONES ANATÓMICAS EVALUADAS PARA LOS TRES GRUPOS DE CONDICIÓN CORPORAL EN CABRAS DE GENOTIPO CÁRNICO ( $\mu\text{m}$ ).

	Condición baja	Condición media	Condición alta	EE
	Media	Media	Media	
Región esternal	63.80 <sup>a</sup>	28.76 <sup>b</sup>	56.56 <sup>c</sup>	2.08
Región caudal	25.96 <sup>a</sup>	30.06 <sup>a</sup>	73.79 <sup>b</sup>	2.24
Región omental	42.90 <sup>a</sup>	46.43 <sup>a</sup>	82.00 <sup>b</sup>	2.47
Región perirrenal	44.15 <sup>a</sup>	42.13 <sup>a</sup>	60.60 <sup>b</sup>	2.10
Región mesentérica	30.82 <sup>a</sup>	73.18 <sup>b</sup>	76.91 <sup>b</sup>	1.81

EE: Error estándar.

Las diferentes literales muestran que existe una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los grupos de condición corporal.

Cuadro 2

MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE GRASA, ASÍ COMO EL PESO DE DIFERENTES ÓRGANOS EN CABRAS DE GENOTIPO CÁRNICO.

	Condición baja	Condición media	Condición alta	
	Media	Media	Media	EE
Grasa abdominal (kg)	2.49 <sup>b</sup>	5.737 <sup>ab</sup>	8.27 <sup>a</sup>	1.8
Grasa pericárdica (kg)	0.04	0.19	0.09	0.16
Peso del intestino delgado (kg)	0.55	0.41	0.55	0.17
Peso del intestino grueso (kg)	0.30 <sup>b</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.11
Peso del tracto genital (kg)	0.065	0.11	0.09	0.03
Peso de la canal caliente (kg)	16.97 <sup>a</sup>	26.38 <sup>ab</sup>	35.75 <sup>b</sup>	4.78
Peso de la canal fría (kg)	16.42	25.73	35.00	4.78

EE: Error estándar.

Las diferentes literales muestran que existe una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los grupos de condición corporal.

Cuadro 3

MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA EL PORCENTAJE DE HUESO, PORCENTAJE DE GRASA INTERMUSCULAR, PORCENTAJE DE GRASA TOTAL Y TOTAL DE GRASA EXTERNA E INTERNA EN CANAL PARA LOS TRES GRUPOS DE CONDICIÓN CORPORAL EN CABRAS DE GENOTIPO CÁRNICO.

	Condición baja	Condición media	Condición alta	
	Media	Media	Media	EE
Hueso (%)	26.92 <sup>a</sup>	21.86 <sup>ab</sup>	15.80 <sup>b</sup>	0.03
Músculo (%)	45.08	45.77	50.83	0.02
Otros (%)	12.98	08.38	07.88	0.03
Grasa subcutánea (%)	02.73	03.11	04.57	0.03
Grasa intermuscular (%)	10.18	17.15	17.82	0.03
Grasa interna total (%)	03.64 <sup>a</sup>	09.13 <sup>ab</sup>	11.79 <sup>b</sup>	0.03
Grasa externa total (%)	02.10	04.94	07.08	0.03
Grasa total (%)	15.03	23.99	25.49	0.04

Las diferentes literales muestran que existe una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los grupos de condición corporal.

EE: Error estándar.

Cuadro 4

MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL DEL ÁREA LUMBAR Y EL ÁREA ESTERNAL EN CABRAS DE GENOTIPO CÁRNICO

	Condición baja	Condición media	Condición alta	
	Media	Media	Media	EE
Evaluación lumbar	0.9 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	4.1 <sup>c</sup>	0.55
Evaluación esternal	1.2 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	4.5 <sup>c</sup>	0.45

Las diferentes literales muestran que existe una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los grupos de condición corporal.

EE: Error estándar.

Cuadro 5

MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LA EVALUACIÓN DE MEDIDAS MORFOLÓGICAS REFERENTES A ALTURA, LARGO Y ANCHO DE DIFERENTES REGIONES ANATÓMICAS EN CABRAS DE GENOTIPO CÁRNICO (cm).

	Condición baja	Condición media	Condición alta	
	Media	Media	Media	EE
Altura al hombro	48.25	46.87	47.75	4.42
Altura a cruz	67.25	64.87	64.75	3.44
Altura a cresta iliaca	66.25	61.62	66.00	3.86
Altura al isquion	52.37	50.12	54.37	4.98
Largo cruz-base de la cola	62.00	67.00	70.12	8.02
Largo lateral de isquion a codo	49.25	56.37	49.12	7.72
Ancho de hombros	13.17	14.37	17.00	2.25
Ancho de espalda (a la mitad de la escápula)	14.50	19.12	23.87	5.19
Ancho de la cadera de ilion a ilion	14.62	15.25	17.62	3.13
Ancho de pelvis de isquion a isquion	03.37	04.05	06.05	1.85

Cuadro 6

Medias de mínimos cuadrados para la evaluación de medidas morfológicas referentes a diferentes perímetros de algunas regiones anatómicas en cabras de genotipo cárnico.

	Condición baja	Condición media	Condición alta	
	Media	Media	Media	EE
Perímetro torácico en codo (cm)	80.50 <sup>a</sup>	94.00 <sup>ab</sup>	99.75 <sup>b</sup>	7.73
Perímetro torácico a la 13 costilla (cm)	93.50	114.50	117.5	12.3
Perímetro abdominal en 3 y 4 lumbar (cm)	87.25 <sup>a</sup>	101.75 <sup>ab</sup>	113.25 <sup>b</sup>	9.60
Perímetro abdominal en punto mas ancho (cm)	94.75 <sup>a</sup>	120.00 <sup>a</sup>	127.12 <sup>b</sup>	0.98

Las diferentes literales muestran que existe una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los grupos de condición corporal.

EE: Error estándar.

Las diferentes literales muestran que existe una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los grupos de condición corporal.