



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**DETERMINACIÓN DE LEPTINA SÉRICA, CONDICIÓN
CORPORAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN
CABRITOS DE GENOTIPO CÁRNICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

MAYRA SIERRA GARCÍA

ASESORES

Dra. Irma Eugenia Candanosa Aranda
MVZ MPA Abel Manuel Trujillo García
Dr. Andrés Ernesto Ducoing Watty



México, D.F.

2008



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.

DEDICATORIAS

A mi Familia que es el tesoro más grande de mi vida. Gracias por todos sus esfuerzos, consejos y sobre todo la confianza para realizar una de mis grandes metas.

A mis padres a quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Porque gracias a su apoyo y consejo, he llegado a realizar la mas grande de mis metas la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Deseo de todo corazón que mi triunfo profesional lo sientan como suyo.

A mis asesores por todo su apoyo, consejos brindados y sobre todo por creer en mí para llevar acabo este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Al del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Animal en el Altiplano (CEIEPAA) por brindarme todas las facilidades para la realización de este proyecto y sobre todo porque fue un gran reto y obtuve un enorme crecimiento personal y profesional.

Al Dr. José Luis Dávalos Flores director técnico del CEIEPAA.

A mis Asesores por toda su paciencia, consejos y aportación profesional para la realización de este proyecto.

A la Dra. Yesmín Domínguez, Dra. Alejandra Sánchez Cervantes y Dra. Irma Eugenia Candanosa que son grandes seres humanos y profesionales, gracias por todas sus enseñanzas, consejos, apoyo, por creer en mí y sobre todo por su amistad.

Al personal del departamento de Patología por darme su apoyo y facilidades para la realización de este trabajo.

A mis amigas Aleida, Alejandra, Norma y Paulina que siempre recibí su apoyo incondicional.

A José Manuel por su apoyo, consejos, cariño y por estar en los momentos más difíciles.

A todos los estudiantes de zootecnia caprina porque siempre estuvieron dispuestos ayudarme.

A Nachito, Rogelio, Ricardo, Juan, Doña Aurelia, Lupita, Rocío, Vicky, Inés e Irma por todos sus consejos, ayuda y sobre todo por su amistad que me brindaron.

CONTENIDO

	Página
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes.....	3
Justificación.....	14
Hipótesis.....	15
Objetivos.....	15
Material y Métodos.....	16
Resultados	21
Discusión.....	36
Conclusiones.....	40
Referencias.....	41

RESUMEN

SIERRA GARCIA MAYRA. Determinación de leptina sérica, condición corporal y características de la canal en cabritos de genotipo cárnico (Bajo la dirección Dra. Irma Eugenia Candanosa Aranda, MVZ MPA Abel Manuel Trujillo García y Dr. Andrés Ernesto Ducoing Watty).

Con la finalidad de determinar las concentraciones de leptina sérica, condición corporal y características de la canal se utilizaron 18 cabritos machos F1 (Boer con Alpino Francés) y castrados. Al mes de edad se dividieron en 2 grupos de condición corporal media (grado 3) y alta (grado 4), se pesaron y tomaron sueros para la determinación de leptina por radioinmunoensayo quincenalmente hasta los 210 días de edad. Los cabritos se sacrificaron para determinar el peso de la canal caliente, peso de la canal fría, rendimiento de la canal y posteriormente esta fue diseccionada para obtener el porcentaje de músculo, grasa y hueso. Se tomaron muestras de grasa subcutánea (esternal y caudal), omental, mesentérica y perirrenal para medir el diámetro de los adipocitos por medio de cortes por congelación. Los resultados obtenidos indican que no existe correlación entre las concentraciones de leptina a los 210 días y el rendimiento al matadero y comercial de la canal. Se observó que existe una correlación positiva entre el diámetro de los adipocitos, la condición corporal alta y las concentraciones de leptina. La leptina sérica del día 210 mostró una correlación positiva con la grasa subcutánea en ambos grupos de condición corporal. Se concluye que la leptina puede ser un buen predictor para determinar las reservas energéticas y la composición de la canal en cabritos.

INTRODUCCIÓN

La leptina es una hormona producida principalmente por el tejido adiposo blanco, cuya función principal es el control del peso corporal a través de la regulación del apetito actuando como factor de saciedad, desde su descubrimiento, esta ha cobrado gran interés por varios investigadores sobre todo en especies productivas como son bovinos, ovinos y porcinos.¹

Se ha visto, que las concentraciones de leptina juegan un papel importante en la condición corporal (CC) en los bovinos, ovinos y cerdos, ya que se ha demostrado que en animales sobrealimentados éstas son mayores que en animales desnutridos.² Esto se puede explicar, debido a que la condición corporal puede sugerir el balance energético del animal, entre la entrada de nutrientes (consumo, digestión y metabolismo) y salida de nutrientes (crecimiento, gestación, lactación y enfermedad).²

Estudios realizados en ovinos adultos y en corderos, se observó que el aumento de las concentraciones de leptina esta fuertemente relacionada con la hipertrofia de los adipocitos mas que con la hiperplasia. Además se ha observado que la expresión y secreción de la leptina varía de acuerdo a la localización de los depósitos grasos.^{3,4}

Se cree que la leptina puede ser un indicador *in vivo* práctico de la calidad de la canal en bovinos, ovinos y cerdos;⁴ por ejemplo en corderos se observo que la estimación de la grasa de la canal por medio de las concentraciones de leptina plasmática fue similar al método de ultrasonido.⁵ Sin embargo estas investigaciones no son consistentes, por lo que es necesario seguir realizando estudios antes de que la leptina pueda ser usada como un predictor de la composición de la canal.^{4,5}

ANTECEDENTES

Fisiología de la leptina

La leptina es una hormona proteica, descubierta por Zhang (1994), en el ratón *ob/ob*, es codificada por el gen *ob*, tiene un peso molecular de 16 kD.^{1,6,7} Su nombre deriva de la raíz griega *leptos* que significa delgado, lo que se debe a su importante función en el control del peso a través de la regulación del apetito y termogénesis.^{1,6} Es secretada y sintetizada en el tejido adiposo y la expresión de mRNA es proporcional al volumen del adipocito.⁸

El receptor de la leptina (ob-R) fue descubierto por Tartaglia (1997), en el plexo coroideo del ratón, y consiste en una proteína de membrana de unos 1200 aminoácidos con distintas isoformas (Ob-Ra, Ob-Rb, Ob-Rc, Ob-Rd, Ob-Re y Ob-Rf). La estructura de estos receptores es parecida a los receptores de las citoquinas (ej. receptor de la hormona de crecimiento). La isoforma Ob-Rb de mayor tamaño (forma larga) tiene la función de mediar las acciones de la leptina a nivel del sistema nervioso central (SNC), mientras que las isoformas cortas (Ob-Ra, Ob-Rc, Ob-Rd y Ob-Rf) se han relacionado con el transporte y la regulación del sistema inmune. La isoforma Ob-Re (forma soluble) podría estar implicada en el transporte de leptina a través de la barrera hematoencefálica.^{6,7} Los receptores de la leptina, además de encontrarse en el cerebro, se distribuyen por los órganos periféricos, lo que amplía el radio de acción de la leptina más allá de ser sólo un factor circulante de saciedad. Los receptores se expresan en el hipotálamo, hipocampo, cerebelo, tálamo, corteza cerebral, plexos coroideos y endotelio capilar. En los tejidos periféricos se expresa en pulmón, riñón, hígado, páncreas, corteza adrenal, ovarios, músculo esquelético, células madre hematopoyéticas, adipocitos y tracto

gastrointestinal. En borregos, los receptores son expresados en el hipotálamo, hipófisis anterior, tejido adiposo, glándula mamaria y células de la médula adrenal.^{6,7,9}

La leptina participa en la regulación de la homeostasis energética (apetito, gasto de energía, repartición de nutrientes y composición corporal) y en otras funciones fisiológicas, como son reproducción, función inmune y renal, hematopoyesis, angiogénesis, diferenciación y proliferación de células epiteliales.^{1, 9,10}

La leptina es secretada principalmente por el tejido adiposo blanco, el cual es un gran reservorio de energía. Una de las principales funciones del tejido adiposo es la de almacenar el triacilglicerol durante periodos de exceso calórico y movilizar estas reservas cuando el gasto energético excede al consumo. Poseen gran cantidad de enzimas y proteínas reguladoras para llevar a cabo la lipólisis y lipogénesis. El adipocito secreta también citocinas tales como la IL-6 y $TNF\alpha$; las cuales regulan la homeostasis energética.^{8, 11}

También se ha encontrado que la leptina es secretada en menor medida en placenta, tejido fetal, glándula mamaria, estómago, músculo y tejido adiposo pardo. En rumiantes, es sintetizada en rumen, abomaso, duodeno, glándula mamaria, placenta e hipófisis.^{1, 10}

Los principales factores que influyen en las concentraciones de leptina plasmática son los factores genéticos (especie y raza) y fisiológicos (edad, gestación, lactación, estado nutricional, consumo de alimento, y efectos hormonales) así como, condiciones ambientales tales como el fotoperíodo.^{9,10}

La leptina es un regulador de la deposición de grasa, y participa en la adaptación de animales desnutridos. La rápida disminución de leptina en los

animales subalimentados, puede ser una señal aguda para estimular el apetito, la secreción de glucocorticoides, disminución de la actividad tiroidea, gasto de energía, síntesis de proteínas y bloqueo de la reproducción.¹⁰

El hipotálamo es el principal órgano blanco de la leptina, mandando una señal de saciedad cuando los animales han cubierto sus requerimientos energéticos, inhibiendo así al neuropeptido Y (NPY) el cual es un estimulante del apetito. Las regiones hipotalámicas involucradas en la regulación del consumo de alimento y homeostasis energética son paraventricular (PVM), ventromedial (VMH) y núcleo arcuato (ARC).^{10,12,13}

Se ha demostrado en ratas y humanos que la secreción de leptina es pulsátil y muestra un ritmo circadiano ligado al tiempo de alimentación.¹⁰ Daniel et al. (2002), determino en ovinos que las concentraciones de leptina plasmática están influenciadas por el estado nutricional y condición corporal. Además mostró que la leptina presenta una secreción episódica pero no esta influenciada por el ritmo diurno como se presenta en las especies monogástricas.¹⁴

Marie et al. (2001), mostró que las concentraciones de leptina en borregos puede estar atribuida más a los cambios del peso vivo, engrasamiento corporal y consumo de alimento que a los efectos directos del fotoperíodo.¹⁵

En ovejas no preñadas y no lactantes se detectó que el ritmo pulsátil de la leptina fue de 4.8 periodos por día con una amplitud de pulso medio de 0.67 ng/ml y una longitud de pulso promedio de 1:13 h. Los cambios diurnos en las concentraciones de leptina en relación al ciclo de día:noche no están presentes en ovejas y vacas lecheras.¹⁰

La insulina es el principal regulador en la síntesis de leptina, aunque también se ha visto que los glucocorticoides y los estrógenos estimulan su síntesis, mientras que las catecolaminas a través de sus receptores beta adrenérgicos, hormona del crecimiento, hormonas tiroideas, los andrógenos y los ácidos grasos de cadena larga inhiben su síntesis.^{6,12}

Evaluación de la condición corporal (CC)

La condición corporal (CC) es la evaluación subjetiva de la cantidad de grasa o de la cantidad de energía almacenada. Mantener a los animales en una apropiada CC es esencial para un desempeño productivo óptimo y rentable. La evaluación manual de la CC, es una técnica poco costosa para apreciar las reservas corporales de los animales. Consiste en juzgar, por medio de la palpación una región anatómica específica, la cantidad de grasa y músculo.¹⁶

La evaluación de la condición corporal es útil para el cálculo de los cambios relativos en la composición corporal, puede brindar información sobre la evaluación del estado nutricional, la determinación del adecuado periodo de reproducción y un óptimo manejo de la alimentación.¹⁷

Russel¹⁸ y Morand-Fehr et al¹⁹, propusieron una técnica que consiste en palpar la región lumbar de ovinos y caprinos de genotipo lechero. En dicho procedimiento se asignan diferentes escalas de acuerdo a la cantidad de músculo y grasa sobre los procesos espinosos y transversos (Figura 1).

- Grado 0: Corresponde a animales extremadamente emaciados y en el punto de muerte, los huesos son prominentes al tacto, ya que no es posible palpar el músculo y la grasa.

- Grado 1: Animales delgados. Los procesos espinosos son prominentes y puntiagudos. Los procesos transversos también son puntiagudos y son perceptibles hasta la mitad de las mismas. Hay poco músculo y no tiene cobertura grasa.
- Grado 2: Los procesos espinosos se sienten suavemente prominentes y los procesos transversos casi no son palpables. Moderada cantidad de músculo y una pequeña capa de grasa.
- Grado 3: Los procesos espinosos y transversos se detectan únicamente como pequeñas elevaciones. Los espacios intervertebrales solo se palpan si se realiza cierta presión sobre ellos. Abundante masa muscular y moderada cantidad de grasa
- Grado 4: Los procesos espinosos son poco palpables y los procesos transversos no se pueden palpar. Abundante masa muscular y capa gruesa de grasa.
- Grado 5: Animales obesos. Procesos espinosos y transversos son imperceptibles, la masa muscular y la cubierta grasa es muy abundante y forman un surco llamado “surco lumbar”.

ESCALA DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN CABRAS

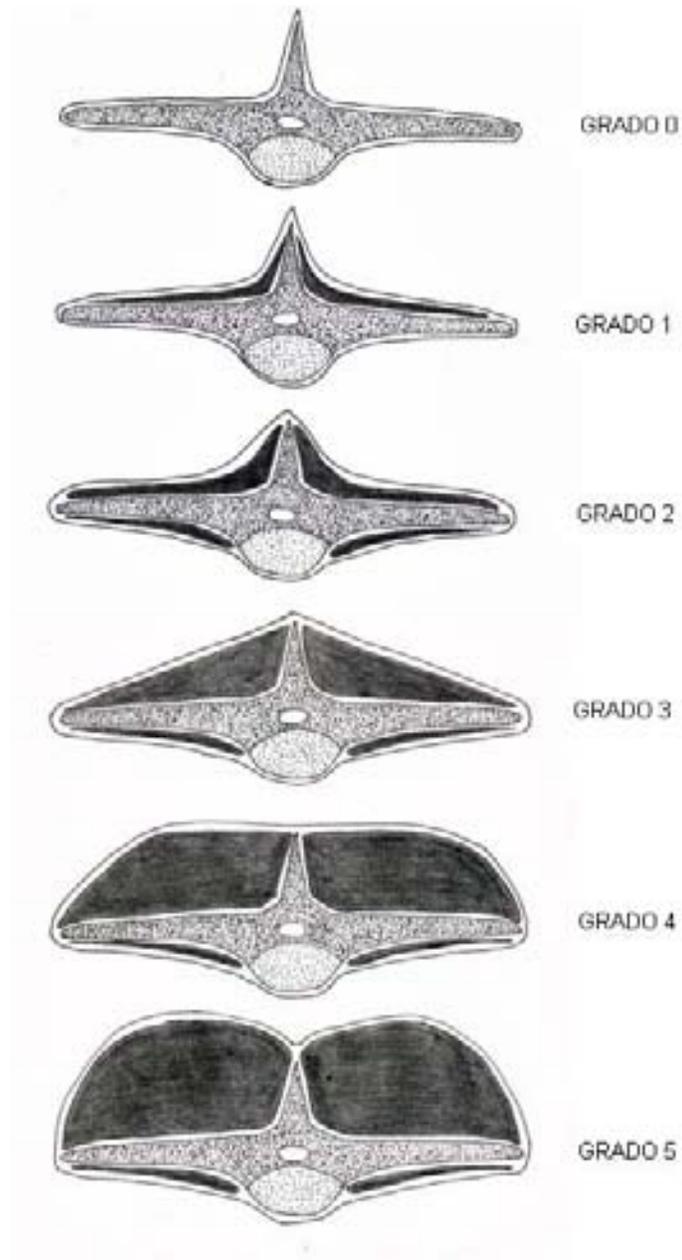


Figura 1. Escala de evaluación de la condición corporal en la región lumbar de cabras*

* Tomado de Russel. In Pract .1984; 6: 91-93 y Morand-Fehr. Chevre 1999; 23: 22-33.

Producción de carne caprina

La producción caprina se inició en África y el Medio Oriente alrededor de 9,000 – 7,000 años a.C., en forma de pastoreo nómada, como aún se sigue produciendo en muchas regiones, siendo importante resaltar que ningún otro animal puede igualar su producción bajo este sistema. El caprino ha sido aprovechado para la producción de leche, carne, pieles y pelo (Mohair y Cashmere).²⁰

La producción de carne de cabra juega un papel importante en los países del trópico y subtropical (Sureste de Asia, Oeste de la India, África y Latinoamérica).²¹

En México la población caprina es de 8,870,312 cabezas, los estados de Oaxaca (13%), Puebla (16%), San Luis Potosí (8%) y Coahuila(7%), son los que cuentan con mayor población caprina.^{22,23} La producción de carne caprina en el 2005 se estimó en 45,389.0 ton, 89.5 ton de importaciones y 4.7 ton de exportaciones.²⁴ La disponibilidad *per capita* de la carne caprina en el mismo año fue de 0.4 kg/habitante/año.²⁵

Los caprinos poseen buena adaptabilidad a los climas cálidos y áridos. Se caracterizan por ser dóciles, inteligentes y fáciles de manejar. Son los rumiantes más aptos para producir alimentos en zonas marginales y con escasa capacidad vegetativa.^{20,21, 26}

Las cabras se adaptan a la ingestión de múltiples alimentos, estos pueden ser desde semillas, plantas espinosas, arbustivas hasta praderas naturales o cultivadas como los alfalfares. Son excelentes ramoneadoras. Poseen alta tolerancia a las aguas salinas y requiere menos líquidos que otras rumiantes. Son tolerantes a la ingestión de sustancias tóxicas o alimentos

antinutriminales como los taninos. Son excelentes caminadoras, ya que, sobrepasan los 10 km diarios en sistemas extensivos.^{20,21,26}

Los caprinos se desarrollan bajo diferentes sistemas de producción. Sin embargo entre el 80 y 90% de la producción se lleva a cabo en sistemas extensivos, es decir bajo condiciones de pastoreo no controlado y el resto de la producción se lleva bajo estabulación total.²⁷

Las ventajas económicas en comparación con los ovinos y bovinos, son su alta rentabilidad, principalmente por su menor costo de alimentación, alta tasa reproductiva, bajo costo en instalaciones, buena demanda y buenos precios de sus productos.^{26, 29}

La canal caprina y su comercialización

La producción de carne caprina a nivel mundial se divide en 3 categorías:³⁰

1. **Cabrito:** Son animales de 8-12 semanas de edad, con un peso de 6-8 kg. Es muy popular en Latinoamérica y el Caribe.
2. **Animales jóvenes:** Es probablemente la más común. Son animales de 1-2 años de edad, alcanzan un peso de 18-28 kg. Por lo general son machos enteros o castrados.
3. **Animales adultos:** Se caracterizan por ser animales que ya no son productivos (animales de desechos). Son animales de 2-6 años de edad y con pesos mayores de 30kg.

La evaluación de las canales se hace con la finalidad de seleccionar los genotipos que tengan mejores características de la canal, así como para determinar el momento óptimo de sacrificio de los animales. La calidad y el rendimiento de la canal deben ser criterios importantes para la selección de reemplazos en animales productores de carne.^{30,33}

Las características fundamentales para determinar la calidad de la canal en caprinos son el peso vivo al sacrificio, el peso de la canal y el rendimiento de la canal. También se pueden considerar otras características a evaluar como son la toma de algunas medidas importantes de la canal (longitud externa e interna de la canal, longitud de la pierna, anchura y profundidad del tórax, anchura y espesor del músculo longissimus dorsi, etc.) las cuales nos puede dar una idea de la conformación de la res; el despiece de la canal y la disección de la canal. Otras características que se toman en cuenta mediante la valoración visual son la conformación de la canal, el grado de engrasamiento, el color del músculo y de la grasa subcutánea.^{31,32}

La disección de la canal nos permite conocer la proporción de músculo, grasa y hueso en la canal, por lo que es el criterio que más influye en el pago por calidad comercial de la canal, ya que el consumidor exige un máximo de músculo, óptimo nivel de grasa y mínimo de hueso.³²

La canal caprina presenta las siguientes particularidades:^{26,31,32}

- Ser estilizada, de costillar aplanado y pierna alargada, con predominio de las medidas longitudinales sobre las transversales, escasamente compacta y mal conformada.
- Alta proporción de tejido muscular (entre el 60% y 70%), con una proporción de hueso (entre el 12% y 21%).

- Canales magras, con escaso grado de engrasamiento, especialmente de la grasa subcutánea. El contenido graso varía del 5% al 25%. La mayor deposición del tejido graso es visceral o cavitario. Bajo contenido de grasa intramuscular, por lo tanto ausencia de marmoleo.

A pesar de la importancia económica de la producción de carne caprina, aún no existe una clasificación oficial de las canales como existe en otras especies productivas como son los bovinos, ovinos y cerdos. Además, existen diversas formas de despiece a nivel mundial, por lo que es la principal dificultad para comparar los resultados de las diferentes regiones en el mundo.³⁰

Los factores más importantes que afectan la composición de la canal son: peso, edad, género, genotipo, conformación y nutrición. A medida que el peso es mayor, disminuye las proporciones del músculo y hueso, y la grasa va en aumento. Las hembras, en general, poseen menor velocidad de crecimiento y depositan mas grasa que los machos. En animales adultos la castración ayuda a rebajar el fuerte sabor de la carne de los sementales, la carne del capón es más tierna y jugosa, pero reduce la conversión alimenticia.^{30,32}

La composición de la dieta es importante y tiene marcados efectos en la composición de la canal. Una ración rica en proteínas aumenta la magritud de la canal y por otro lado una ración alta en energía aumenta los depósitos grasos.²⁶

El rendimiento de la canal es uno de los factores más importantes en la determinación de la cantidad de músculo que proporciona el animal. Las canales de cabritos pueden llegar a rendir hasta el 62% y en animales adultos los rendimientos son del 40 al 50%.^{26, 29} El rendimiento se ve afectado por el nivel de consumo de alimento y agua previo al sacrificio, también por tipo de

alimentación, raza, edad, peso de la piel y grado de engrasamiento afectan este índice.^{26,32}

En México, el consumo de carne de cabra es popular y en general toda la población apetece el cabrito y esta dispuesta a pagar buenos precios por él. La comercialización y matanza de cabritos se concentra principalmente en Monterrey, con cerca de un millón y medio de matanza de cabritos al año. Los cabritos se matan con una edad de 20 a 40 días alcanzando un peso vivo de 6 a 12 kg.²⁶

La preparación para el consumo del cabrito es al “pastor o asado”. La canal adulta se consume como la “birria”, el cual es un plato tradicional y apreciado en los estados de Michoacán y Jalisco. Otra forma de consumo de cabras adultas es el “chito”, que consiste en salar trozos de carne cortados en forma de dados. Se elabora y consume en su mayor parte en la mixteca poblana-oaxaqueña.²⁶

En la mayor parte del mundo la comercialización de la cabra esta sometida a una fuerte intermediación, pero a pesar de esto, los precios de los animales en pie son satisfactorios y la demanda es buena. En México, no se consume mayor cantidad de carne caprina porque la demanda es escasa. Por eso, es necesario alentar su consumo, pues su valor alimenticio es muy alto, ya que posee todos los aminoácidos esenciales, es rica en complejo B y es pobre en colesterol y grasas saturadas.²⁶

JUSTIFICACIÓN

En otras especies de rumiantes se ha observado una fuerte relación entre las concentraciones de leptina y las características de la canal. En cabras se conoce poco sobre la importancia fisiológica de la leptina. Por lo anterior es importante comprender y conocer la relación que tiene la leptina en la composición de la canal, así como en el metabolismo energético, depósitos y movilización grasa, que brinden conocimientos predictivos prácticos en cabras en crecimiento, desarrollo y producción de genotipo cárnico.

HIPOTESIS

Las concentraciones de leptina séricas en cabritos F_1 (Boer x Alpino Francés) en crecimiento mantendrán una relación directa con la condición corporal, rendimiento de la canal y diámetro de los adipocitos.

OBJETIVO

Determinar la relación de las concentraciones séricas de leptina con la condición corporal, características de la canal y tamaño de adipocitos en cabritos en crecimiento cruce de Boer con Alpino Francés (F_1) en condiciones de pastoreo.

MATERIAL Y METODOS

Ubicación geográfica

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en el Altiplano (CEIEPAA) que pertenece a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (FMVZ-UNAM), ubicado en el 8.5 km de la carretera Tequisquiapan - Ezequiel Montes, municipio Tequisquiapan, Estado de Querétaro, que se caracteriza por tener un clima semiseco templado BS1K, altitud de 1920 msnm, latitud norte de 20° 39' y longitud oeste 100° 05', con temperatura media anual de 17.5°C y precipitación pluvial media anual de 511.8 mm.³⁴

Los estudios histológicos y análisis del alimento se realizaron en los departamentos de Patología y Nutrición Animal de la FMVZ-UNAM. La determinación de leptina se realizó en el departamento de Ciencia Animal de la Universidad de Missouri.³

Manejo de los animales

Se emplearon 18 cabritos castrados cruce Boer x Alpino Francés de un mes de edad. Se formaron 2 grupos de nueve cabritos cada uno, de acuerdo a su condición corporal en media (Grado 3) y alta (Grado 4) la cual fue evaluada palpando la región lumbar.^{18, 19} Los cabritos estuvieron bajo un sistema de pastoreo rotacional, en praderas introducidas compuestas de alfalfa (*Medicago sativa*), rye grass (*Lolium perenne*) y orchard (*Dactylis glomerata*), con la utilización del cerco eléctrico. Los animales fueron destetados, vitaminados y desparasitados a los dos meses de edad.

Se determinó el consumo aparente de materia seca (MS) de los cabritos. Este cálculo, se realizó utilizando la fórmula de Desemiane del INRA $316 + 10$ (Peso vivo) + 740^{28} y se corroboró con las mediciones de materia seca de la pradera antes y después del pastoreo. Además, se tomaron muestras de forraje para realizar el Análisis Químico Proximal³⁵ (Cuadro 1).

Los animales fueron pesados a los 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, 180, 195 y 210 días de edad para calcular la ganancia diario de peso (GDP). El pesaje de los animales se hizo utilizando una báscula digital con rango de error de 100 g. Posteriormente al pesaje, se obtuvieron muestras sanguíneas en ayuno, extraídas de la vena yugular por sistema al vacío. Los sueros estuvieron almacenados a -20°C hasta su estudio. La determinación de leptina sérica se realizó por la técnica de Radioinmunoensayo específica en cabras (RIA).³

Matanza de los animales

A los 210 días de edad se mataron 4 cabritos de cada grupo, previamente se les restringió el alimento 24 h y sólo tenían agua de bebida disponible, posteriormente, los animales fueron pesados antes de la matanza. La matanza se efectuó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995³⁶ utilizando para la insensibilización una pistola de émbolo oculto y posteriormente fueron desangrados con el corte de las venas yugulares y las carótidas. Una vez muertos, se procedió a la separación de la cabeza, miembros anteriores a nivel de la articulación carpo metacarpiana, miembros posteriores a nivel de la articulación tarso metatarsiana y piel; posteriormente

se evisceraron dejando los riñones con su cubierta grasa y el tejido adiposo de la hoja parietal del peritoneo.

Las canales fueron lavadas y se dejaron escurrir por 10 minutos para ser pesadas (peso de la canal caliente). Posteriormente las canales se refrigeraron a 4°C pasando las 24 horas fueron nuevamente pesadas (peso de la canal fría), para obtener el rendimiento de la canal. Las canales fueron clasificadas empleando la Norma Mexicana para Ovinos NMX-FF-106-SCFI-2006³⁷ (Cuadro 2).

La canal se dividió en dos mitades y la media canal izquierda fue separada en 5 piezas anatómicas³¹ (Figura 2): cuello (comprende las 7 vértebras cervicales), brazuelo (comprende la escápula, humero, radio y ulna), costillar (de la 1ª vértebra torácica hasta la última vértebra lumbar), pecho y falda (paralelo al raquis desde la primera articulación costocostal hasta el pliegue de la babilla) y pierna (corte craneal a nivel de la última vértebra lumbar, comprende las vértebras sacras, fémur, tibia y fíbula). De cada pieza obtenida se tomó el peso total, peso del músculo, peso del hueso, peso de la grasa subcutánea, intermuscular e interna (perirrenal, pélvica y hoja parietal del peritoneo) y peso de otros tejidos (fascias, vasos sanguíneos, linfonodos) y se determinó la merma, la cual será la diferencia del peso de la pieza completa y el peso total de los tejidos después de la disección.

CANAL DE CABRITO

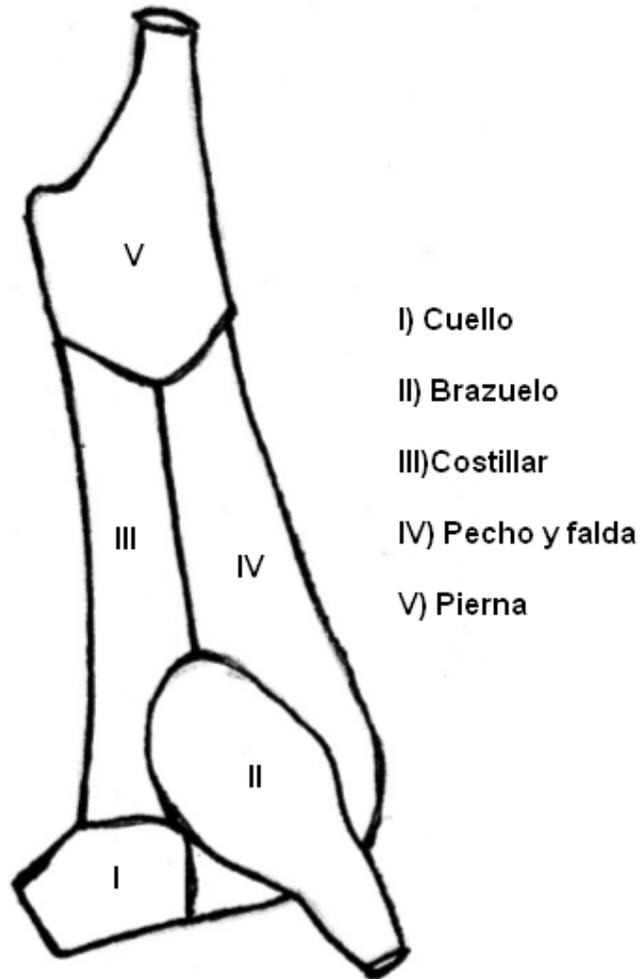


Figura 2. Esquema del despiece de la canal caprina*

*Tomado de Colomer-Rocher. Livest. Prod. Sci, 1987; 17, 149-159.

Medición de adipocitos

Las muestras de tejido adiposo se tomaron inmediatamente después del sacrificio, tomando 1 cm³ de tejido adiposo subcutáneo de la región esternal y base de la cola; omental, mesentérico y perirrenal. Los cortes de tejido adiposo se sumergieron en formol al 35% durante 7 minutos, posteriormente fueron envueltos e identificados en papel aluminio y se mantuvieron en nitrógeno líquido hasta su estudio. Se realizaron varios cortes de 5 µm en un crióstato Leica CM 1800 y se tiñeron con la técnica de Sudán.³⁸ Se midieron 100 adipocitos³⁹ por muestra con un fotomicroscopio Zeiss MC 80 y el programa Image Pro Plus versión 4.5.1 para Windows 98/2000.

Análisis estadístico

La información obtenida en el presente estudio fue evaluada por el análisis de varianza mediante un modelo completamente aleatorizado para observaciones repetidas, en donde la variable explicativa fue el grupo de condición corporal al inicio del estudio. Para tal propósito, se utilizó el paquete estadístico JMP Versión 5.1 (SAS Inst. INC 1987 – 2003).

RESULTADOS

De acuerdo a los cálculos realizados para estimar el consumo aparente, los cabritos del grupo de condición corporal media consumieron en promedio 1.230 kg MS/día y los del grupo de condición corporal alta 1.270 kg MS/día.

El Cuadro 1 muestra la composición nutricional del forraje consumido por los cabritos de genotipo cárnico a lo largo del experimento.

Cuadro 1. Composición nutricional del forraje para cabritos de genotipo cárnico.

INDICADORES	Base Húmeda	Base 100%
Materia Seca	26.71%	100.00%
Humedad	73.29%	0.00%
Proteína Cruda	4.40%	16.48%
Extracto Etéreo	1.20%	4.50%
Cenizas	3.11%	11.64%
Fibra Cruda	8.28%	31.00%
Extracto Libre de Nitrógeno	9.72%	36.38%
T.N.D*	17.16%	64.26%
E.D kcal/kg**	756.65	2833.05
E.M kcal/kg***	620.38	2322.86

* TND: Total de nutrientes digestibles

**E.D: Energía digestible

***E.M: Energía metabolizable

En el Cuadro 2 se observa la clasificación de las canales de los cabritos de genotipo cárnico para ambos grupos de condición corporal (CC), en el cual se aprecia que las canales fueron muy homogéneas ya que ambos grupos de CC recibieron la misma clasificación.

Cuadro 2. Clasificación de las canales para cabritos de condición corporal media y alta.*

Parámetros	CC Media	CC Alta
Peso en pie al sacrificio (kg)	Hasta 38	Hasta 38
Peso en canal (kg)	Hasta 18	Hasta 18
Grasa de cobertura (mm)	De 1 a 3	De 1 a 3
Edad	Hasta dientes temporales	Hasta dientes temporales
Conformación	Buena	Buena
Clasificación	Cabrito liviano MEX 1	Cabrito liviano MEX 1

* Tomado de la NMX-FF-106-SCFI-2006. Productos pecuarios. Carne de ovino en canal. Clasificación.

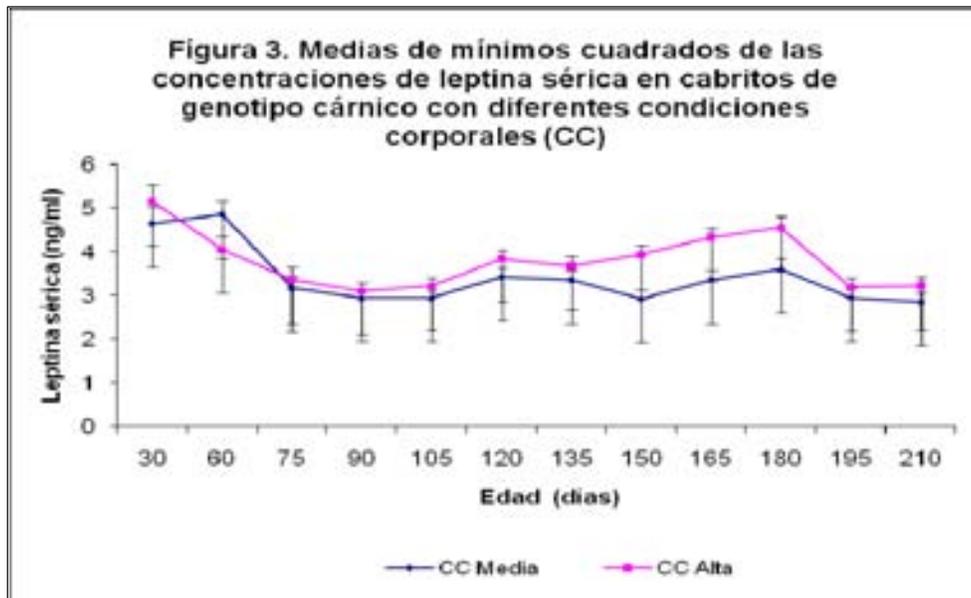
En el Cuadro 3 se observan las concentraciones de leptina sérica para ambos grupos de condición corporal (CC) a lo largo del tiempo. Los valores más altos que se obtuvieron de leptina sérica fueron a los 30 días de edad. Entre los días 75 y 105 se aprecian los valores mas bajos de leptina, después se observa que las concentraciones de leptina empiezan a aumentar a partir del día 150 y vuelve a disminuir entre los días 195 y 210. En casi todos los periodos de muestreo los valores de leptina fueron ligeramente superiores en el grupo de CC alta a excepción del día 60 en el cual el grupo de CC media presentó los valores más altos de leptina ($P>0.05$). Por otro lado no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre los grupos de condición corporal y las concentraciones de leptina sérica (Figura 3).

Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados de las concentraciones de leptina sérica en cabritos de genotipo cárnico con diferente condición corporal (CC) desde los 30 a los 210 días de edad.

Edad días	CC Media \bar{x}	CC Alta \bar{x}	EE*
30	4.65 ^a	5.16 ^a	0.38
60	4.86 ^a	4.06 ^a	0.31
75	3.17 ^a	3.37 ^a	0.29
90	2.94 ^a	3.11 ^a	0.17
105	2.94 ^a	3.22 ^a	0.18
120	3.43 ^a	3.85 ^a	0.19
135	3.36 ^a	3.68 ^a	0.22
150	2.93 ^a	3.95 ^a	0.20
165	3.37 ^a	4.34 ^a	0.21
180	3.60 ^a	4.56 ^a	0.26
195	2.96 ^a	3.20 ^a	0.21
210	2.86 ^a	3.23 ^a	0.20

* EE: Error estándar

^a: Iguales literales indican que no existe diferencia estadística ($P>0.05$) entre los grupos de condición corporal.



No existe diferencia estadística ($P>0.05$) entre los grupos de condición corporal.

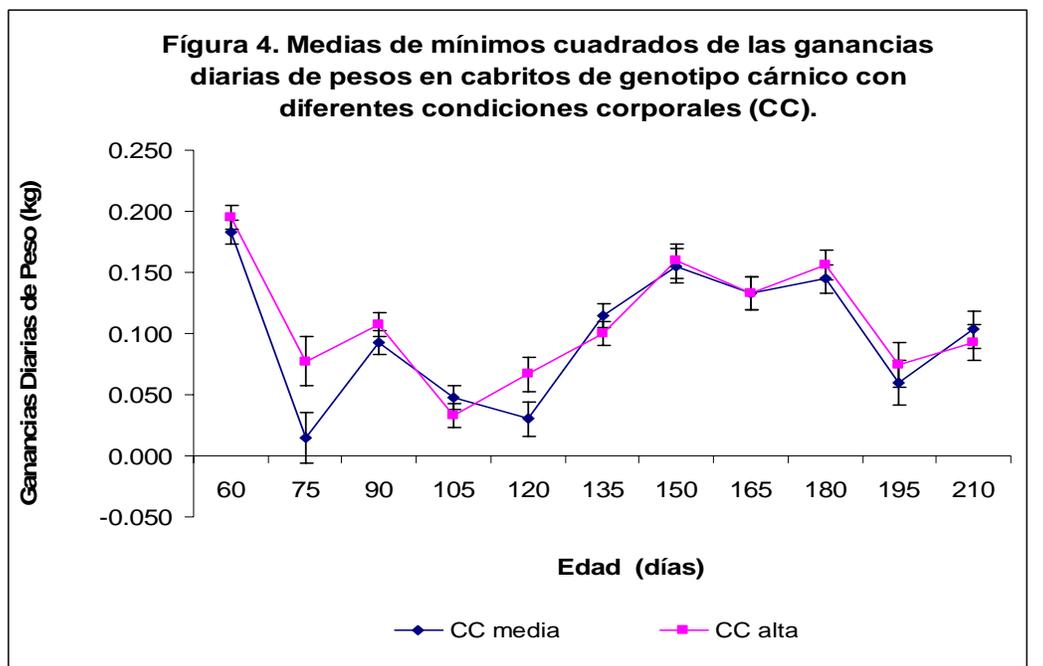
El Cuadro 4 muestra las medias de mínimos cuadrados de las ganancias diarias de peso (GDP) para los dos grupos de CC. Se observa que los animales de CC media tuvieron GDP en los días 105, 135 y 210 superiores numéricamente a los animales de CC alta; sin embargo, no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre ambos grupos. Las GDP fueron variando considerablemente en cada medición. En los días 75, 105, 120 y 195 se registraron las GDP mas bajas en ambos grupos de CC (Figura 4).

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados de las ganancias diarias de peso (GDP) registradas en cabritos de genotipo cárnico con diferente condición corporal (CC).

Edad	CC Media	CC Alta	
<i>días</i>	\bar{x}	\bar{x}	EE*
60	0.183 ^a	0.195 ^a	0.010
75	0.015 ^a	0.077 ^a	0.021
90	0.093 ^a	0.107 ^a	0.010
105	0.048 ^a	0.033 ^a	0.010
120	0.030 ^a	0.067 ^a	0.014
135	0.115 ^a	0.100 ^a	0.010
150	0.155 ^a	0.159 ^a	0.014
165	0.133 ^a	0.133 ^a	0.013
180	0.145 ^a	0.156 ^a	0.012
195	0.059 ^a	0.074 ^a	0.018
210	0.103 ^a	0.093 ^a	0.015

* EE: Error estándar

^a: Iguales literales indican que no existe diferencia estadística ($P>0.05$) entre los grupos de condición corporal.



No existe diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los grupos de condición corporal.

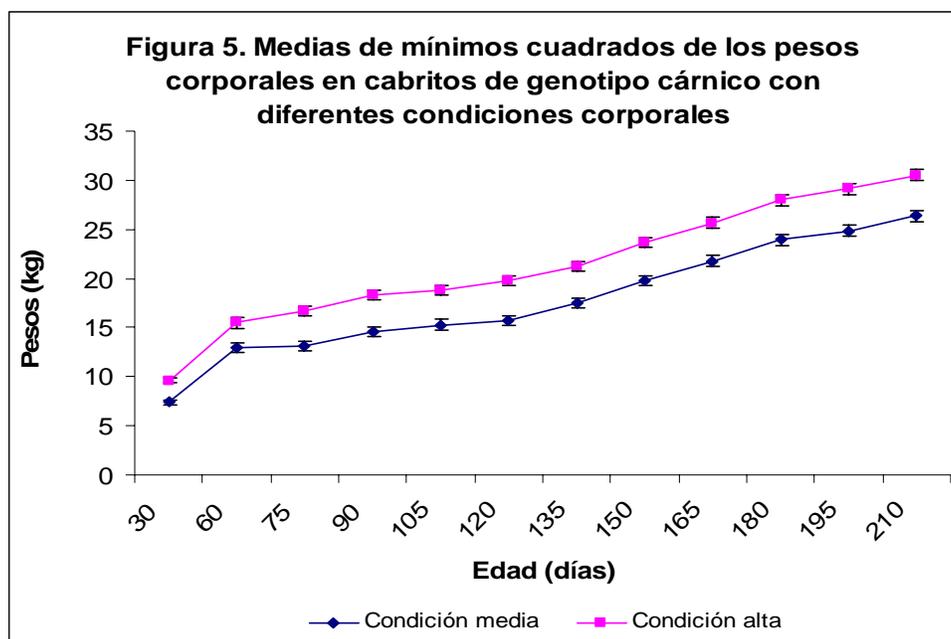
En el Cuadro 5 se muestra las medias de mínimos cuadrados de los pesos corporales para los dos grupos de condición corporal (CC). El grupo de CC alta (grado 4) presentó pesos superiores ($P < 0.05$) en comparación al grupo de CC media (grado 3) durante todo el experimento (Figura 5).

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados de los pesos corporales en cabritos de genotipo cárnico con diferente condición corporal (CC).

Edad <i>días</i>	CC Media \bar{x}	CC Alta \bar{x}	EE*
30	7.44 ^a	9.64 ^b	0.24
60	12.94 ^a	15.50 ^b	0.54
75	13.16 ^a	16.66 ^b	0.52
90	14.55 ^a	18.27 ^b	0.47
105	15.27 ^a	18.77 ^b	0.53
120	15.72 ^a	19.77 ^b	0.47
135	17.44 ^a	21.27 ^b	0.47
150	19.77 ^a	23.66 ^b	0.46
165	21.77 ^a	25.66 ^b	0.53
180	23.94 ^a	28.00 ^b	0.55
195	24.83 ^a	29.11 ^b	0.53
210	26.38 ^a	30.50 ^b	0.54

* EE: Error estándar

^{a, b}: Las diferentes literales indican que existe una diferencia significativa de ($P < 0.05$) entre los grupos de condición corporal.



Existe diferencia significativa de ($P < 0.05$) entre los grupos de condición corporal.

Los promedios del peso de la canal fría y caliente no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los grupos de CC. El grupo de CC media mostró una tendencia a tener pesos inferiores en las piezas anatómicas de cuello, costillar, brazuelo, pecho y pernil de la canal en comparación con el grupo de CC alta, aunque no se observó diferencia significativa ($P>0.05$). Del mismo modo, el peso del músculo, hueso y otros tejidos no mostraron diferencias en la CC media ($P>0.05$) con respecto a la CC alta (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados para los pesos de la canal fría y caliente, pesos de piezas anatómicas y tejidos en cabritos de genotipo cárnico con diferente condición corporal (CC).

Pesos Kg	CC Media	CC Alta	EE*
	\bar{x}	\bar{x}	
Canal caliente	11.21 ^a	15.35 ^a	1.10
Canal fría	10.88 ^a	14.92 ^a	1.04
½ Canal fría	5.63 ^a	7.79 ^a	0.38
Cuello	0.57 ^a	0.91 ^a	0.11
Costillar	1.53 ^a	2.17 ^a	0.21
Brazuelo	1.11 ^a	1.46 ^a	0.10
Pecho	0.64 ^a	0.96 ^a	0.06
Pernil	1.46 ^a	1.95 ^a	0.18
Músculo	3.04 ^a	4.28 ^a	0.30
Hueso	1.57 ^a	2.00 ^a	0.13
Otros tejidos	0.46 ^a	0.80 ^a	0.09

* EE: Error estándar

^a: Iguales literales indican que no existe diferencia estadística ($P>0.05$) entre los grupos de condición corporal.

El Cuadro 7 muestra las medias de mínimos cuadrados de los pesos de la grasa de diferentes regiones anatómicas, grasa de la canal y grasa total registrados durante la disección, en los cuales no se observaron diferencias entre las dos condiciones corporales ($P>0.05$). Tampoco se observaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en los rendimientos al matadero y comercial de la canal, así como en los porcentajes de las diferentes regiones anatómicas y otros tejidos (Cuadro 8).

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados del peso de grasa de diferentes regiones anatómicas, de la canal y total en cabritos de genotipo cárnico con diferente condición corporal (CC).

Grasa <i>g</i>	CC Media	CC Alta	EE*
	\bar{x}	\bar{x}	
Subcutánea	63.75 ^a	52.50 ^a	12.15
Intermuscular	143.75 ^a	218.75 ^a	10.64
Perirrenal	30.00 ^a	53.75 ^a	10.64
Pélvica	13.75 ^a	30.00 ^a	7.27
De la canal [§]	207.50 ^a	271.25 ^a	33.99
Total ^{§§}	271.25 ^a	420.00 ^a	50.56

§. Grasa de la canal = Grasa subcutánea + Grasa Intermuscular.

§§. Grasa total = Es la suma de todas las grasas diseccionadas.

* EE: Error estándar

^a: Iguales literales indican que no existe diferencia estadística ($P>0.05$) entre los grupos de condición corporal.

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados de los rendimientos de la canal, porcentajes de piezas anatómicas de la canal, músculo, grasa, hueso y otros tejidos de las canales en cabritos de genotipo cárnico con diferente condición corporal (CC).

Variable	CC Media	CC Alta	
%	\bar{x}	\bar{x}	EE*
Rendimiento al matadero de la canal*	48.39 ^a	49.99 ^a	3.84
Rendimiento comercial de la canal**	47.42 ^a	49.30 ^a	3.66
Piezas anatómicas			
Cuello	10.13 ^a	11.74 ^a	2.07
Costillar	27.36 ^a	27.81 ^a	1.96
Brazuelo	19.80 ^a	18.76 ^a	1.14
Pecho	11.31 ^a	12.32 ^a	1.39
Pernil	26.04 ^a	25.05 ^a	2.05
Tejidos diseccionados			
Músculo	54.03 ^a	54.94 ^a	2.11
Hueso	25.70 ^a	28.12 ^a	0.90
Grasa total [§]	4.70 ^a	5.40 ^a	0.72
Grasa de la canal ^{§§}	3.54 ^a	3.67 ^a	0.46
Otros tejidos	8.23 ^a	10.22 ^a	1.54

* Rendimiento al matadero de la canal= Peso canal caliente/Peso vivo

** Rendimiento comercial de la canal= Peso canal fría/Peso vivo

§: Grasa total = Es la suma de todas las grasas diseccionadas.

§§: Grasa de la canal = Grasa subcutánea + Grasa Intermuscular.

* EE: Error estándar

^a: Iguales literales indican que no existe diferencia estadística (P>0.05) entre los grupos de condición corporal.

Los Cuadros 9 y 10 muestran los promedios de los porcentajes obtenidos de los diferentes tejidos diseccionados de cada pieza anatómica (cuello, costillar, brazuelo, pecho y pernil) para cada grupo de condición corporal (CC). Se aprecia que los porcentajes de músculo en el brazuelo y el pernil y el porcentaje de grasa total del cuello fueron superiores en el grupo de

CC media. No se observaron diferencias en los porcentajes de músculo, grasa, hueso y otros entre los grupos de condición corporal.

Cuadro 9. Promedios de los porcentajes obtenidos de los diferentes tejidos diseccionados de cada pieza anatómica en cabritos de genotipo cárnico para el grupo de condición corporal media.

Variable	Piezas Anatómicas				
	Cuello	Costillar	Brazuelo	Pecho	Pernil
Músculo	55.29	48.42	59.28	52.17	61.60
Grasa subcutánea	1.51	1.12	0.73	3.27	0.50
Grasa intermuscular	2.55	2.05	3.32	4.25	1.86
Grasa interna	0.00	1.18	0.00	0.16	0.91
Grasa total	4.06	4.35	4.04	7.68	3.27
Huesos	31.25	36.00	23.96	22.65	24.60
Otros	5.36	6.31	9.07	9.25	7.06

Cuadro 10. Promedios de los porcentajes obtenidos de los diferentes tejidos diseccionados de cada pieza anatómica en cabritos de genotipo cárnico para el grupo de condición alta.

Variable	Piezas Anatómicas				
	Cuello	Costillar	Brazuelo	Pecho	Pernil
Músculo	61.89	51.39	56.03	50.77	61.41
Grasa subcutánea	0.38	0.49	0.68	1.91	0.44
Grasa intermuscular	3.02	2.46	3.50	5.31	1.74
Grasa interna	0.00	2.73	0.00	0.65	1.51
Grasa total	3.40	5.78	4.18	7.88	3.69
Huesos	21.93	29.96	26.98	23.13	23.88
Otros	8.75	7.96	8.72	10.69	8.02

Las medias de mínimos cuadrados del diámetro de los adipocitos de las regiones caudal, omental, mesentérica y perirrenal fueron mayores ($P < 0.01$) en el grupo condición corporal alta. Mientras que en la región esternal no se observó diferencia ($P > 0.05$) entre los grupos de CC (Cuadro 11).

Cuadro 11. Medias de mínimos cuadrados del diámetro de los adipocitos (μM) en cinco regiones anatómicas de cabritos de genotipo cárnico con diferentes condiciones corporales (CC).

Región anatómica	CC Media	CC Alta	
<i>μM</i>	\bar{x}	\bar{x}	EE*
Esternal	14.84	14.26	0.62
Caudal	16.32 ^a	32.05 ^b	0.98
Omental	22.96 ^a	35.15 ^b	0.97
Mesentérica	24.02 ^a	35.31 ^b	0.94
Perirrenal	15.41 ^a	23.15 ^b	0.66

* EE: Error estándar

^{a,b}: Las diferentes literales indican que existe una diferencia significativa entre los grupos de condición corporal ($P < 0.01$).

En el Cuadro 12 se presentan los coeficientes de correlación entre la leptina sérica a los 210 días y los rendimientos de la canal para ambos grupos de condición corporal, mostraron una correlación negativa sin diferencia significativa ($P>0.05$).

Cuadro 12. Coeficientes de correlación simple de leptina sérica a los 210 días y los rendimientos de la canal en cabritos de genotipo cárnico.

Variable	RCM [¥]	RCC ^{¥¥}
Leptina	-0.196	-0.128

[¥] Rendimiento al matadero de la canal = Peso canal caliente/Peso vivo

^{¥¥} Rendimiento comercial de la canal = Peso canal fría/Peso vivo

No existe diferencia significativa ($P>0.05$),

En el Cuadro 13 se aprecia que los animales del grupo de CC media presentaron una correlación negativa significativa entre la leptina sérica a los 210 días y el diámetro de los adipocitos de las regiones esternal, omental, mesentérica y perirrenal. Mientras que los del grupo CC alta mostraron una correlación positiva significativa entre la leptina a los 210 días y el diámetro de los adipocitos de las regiones esternal, base de la cola, omental y mesentérica.

Cuadro 13. Coeficiente de correlación simple de leptina sérica a los 210 días de edad y el diámetro de los adipocitos de las 5 regiones anatómicas en cabritos de genotipo cárnico con diferentes condiciones corporales (CC).

Variable	Variable	CC Media		CC Alta	
		r*	P**	r*	P**
Leptina	External	-0.656	<0.001	0.470	<0.001
	Caudal	0.005	0.905	0.428	<0.001
	Omental	-0.848	<0.001	0.648	<0.001
	Mesentérica	-0.634	<0.001	0.430	<0.001
	Perirrenal	-0.470	<0.001	-0.116	0.021

* r: Coeficiente de correlación

** P: Significancia probabilística

Los leptina sérica del día 210 mostró una correlación positiva con el diámetro de los adipocitos de la región subcutánea ($r=0.505$, $P<0.001$) en la CC alta, mientras que en la CC media se observó una correlación negativa para el diámetro de ambas regiones. El peso de la grasa subcutánea y perirrenal tuvo una correlación positiva con la leptina sérica en ambos grupos de condición corporal. (Cuadro 14).

Cuadro 14. Coeficiente de correlación simple de leptina sérica a los 210 días de edad con el diámetro de los adipocitos de la región subcutánea y perirrenal, y el peso de la grasa subcutánea y perirrenal en cabritos de genotipo cárnico con diferentes condiciones corporales (CC).

Variable	Variable	CC Media		CC Alta	
		r*	P**	r*	P**
	Diámetro del adipocito				
Leptina	Subcutáneo	-0.694	0.056	0.505	<0.001
	Perirrenal	-0.470	<0.001	-0.116	0.021
	Peso de la grasa				
	Subcutánea	0.520	0.024	0.704	<0.001
	Perirrenal	0.673	<0.001	0.805	<0.001

* r: Coeficiente de correlación

** P: Significancia probabilística

El Cuadro 15 muestra los coeficientes de correlación de la leptina sérica a los 210 días y los porcentajes de los diferentes tejidos diseccionados en ambos grupos de CC. El porcentaje de grasa subcutánea mostró una correlación positiva significativa en ambos grupos estudiados.

Cuadro 15. Coeficiente de correlación simple de leptina sérica a los 210 días de edad y los porcentajes de los diferentes tejidos diseccionados de las canales de cabritos de genotipo cárnico con diferentes condiciones corporales (CC).

Variable	Variable	CC Media		CC Alta	
		r*	P**	r*	P**
	Grasas				
	Subcutánea	0.507	0.049	0.777	0.022
	Intermuscular	-0.636	0.363	0.239	0.7603
	Pélvica	-0.039	0.961	-0.7526	0.2474
Leptina	Perirrenal	-0.294	0.706	0.8088	0.1912
	De la canal [§]	-0.634	0.366	0.4226	0.5774
	Total ^{§§}	-0.298	0.702	0.3686	0.6314
	Músculo	-0.862	0.138	-0.9021	0.0979
	Hueso	0.240	0.760	-0.3826	0.6174
	Otros	0.822	0.178	0.6258	0.3742

[§]: Grasa de la canal = Grasa subcutánea + Grasa Intermuscular.

^{§§}: Grasa total = Es la suma de todas las grasas diseccionadas.

* r: Coeficiente de correlación

** P: Significancia probabilística

DISCUSIÓN

La calificación de condición corporal (CC) realizada a los 30 días de edad en cabritos Boer x Alpino Francés, para determinar las reservas corporales y evaluar su estado nutricional de los animales y así formar los dos grupos de CC media (grado 3) y CC alta (grado 4) se conservó hasta el final del experimento; existe escasa información acerca de la utilización de la clasificación de condición corporal en cabritos jóvenes. Sin embargo estudios realizados en cabras adultas Blanca Celtibéricas donde utilizaron diferentes condiciones corporales observaron que la CC puede ser un buen método para la predicción del estado nutricional y reservas energéticas de los animales.^{40,41}

El diámetro de los adipocitos de las regiones mesentérica, omental, perirrenal y caudal fue mayor en el grupo de condición corporal alta, lo que concuerda con lo obtenido en estudios realizados con cabras Boer¹⁶ y con cabras Blanca Celtibéricas⁴⁰ donde observaron un incremento del diámetro de los adipocitos en relación al aumento de la condición corporal. Lo anterior se debe principalmente a la cantidad de grasa que se va depositando dentro del adipocito, por el proceso de almacenamiento y movilización de reservas grasas.⁴⁰

Un estudio realizado en cabras criollas del Mediterráneo, menciona que la evaluación de la condición corporal puede ser un buen predictor del tejido adiposo total, pudiendo ayudar además al cálculo de la aceptabilidad de la canal en el mercado. Sin embargo, la determinación del tamaño del adipocito y el grosor de la grasa esternal fueron indicadores pobres de la grasa total y la grasa de la canal.¹⁷ Lo anterior concuerda con lo obtenido en el presente estudio ya que el diámetro de los adipocitos en la región esternal no fue

significativo entre los grupos de condición corporal. En cabras adultas Blanca Celtibérica se observó que los depósitos grasos y la composición de la canal tienen una relación logarítmica o semilogarítmica con la condición corporal.⁴¹

En este trabajo no se observó correlación significativa entre la leptina sérica y el rendimiento de la canal, lo cual no concuerda con lo obtenido en novillos bajo un sistema de producción estabulado donde encontraron una correlación positiva entre la leptina y el grado de rendimiento.⁴² No queda claro el porque no se observó una correlación entre la leptina y el rendimiento de la canal; sin embargo posiblemente esté asociado al tipo de alimentación que recibieron los cabritos, debido a que no se manejaron dietas diferentes para cada grupo, ya que existen estudios donde han observado que dietas ricas en energía van a influir en las concentraciones de leptina.^{1,3} Otra posibilidad es la edad a la matanza ya que eran animales muy jóvenes y todavía no alcanzaban totalmente a engrasarse por lo que sus canales resultaron ser muy magras.

En este estudio se observó que el diámetro de los adipocitos de la región subcutánea (esternal y caudal), omental y mesentérica mostró una correlación positiva con las concentraciones de leptina en la condición corporal alta a excepción de la grasa perirrenal. Un estudio realizado en novillos bajo un sistema de producción estabulado, clasificaron el diámetro de los adipocitos de mayor a menor en las siguientes regiones; grasa perirrenal, pélvica y cardiaca, mesentérica subcutánea, intermuscular, intramuscular y esternal, concluyendo que el tamaño de los adipocitos influye en la síntesis y secreción de la leptina por lo que los adipocitos de mayor diámetro contienen mayor leptina.⁴²

En borregos se encontró una correlación positiva entre los depósitos grasos, condición corporal y leptina; lo cual se observó en el presente estudio,

por lo que se sugiere que el incremento de la leptina plasmática, en los animales obesos se debe a una alta regulación en la expresión del gen de la leptina, ligado aún incremento en el número y tamaño de los adipocitos.³

En novillos de un año de edad y bajo condiciones de estabulación la expresión de leptina RNAm fue superior en grasa perirrenal, moderadamente en grasa abdominal, subcutánea e intermuscular y niveles inferiores en la grasa intramuscular.⁴³ Mientras que en corderos se observó una expresión similar de leptina RNAm en grasa omental, perirrenal y subcutánea, sin embargo los niveles fueron ligeramente superiores en la grasa subcutánea.⁴⁴ La razón por la diferencia de la expresión de la leptina en los diferentes depósitos grasos aún no está clara. Aunque esta puede estar relacionada en la sensibilidad de la insulina o catecolaminas y el tamaño de adipocitos.^{43,44}

En corderos se determinó que la leptina puede servir como un predictor temprano para la composición de la canal y tasa de crecimiento final y se observó que los depósitos de grasa mesentérica, omental, perirrenal y pélvica expresaron una elevada correlación con la leptina ($r=0.6$, $P<0.001$).⁴⁵ En dicho estudio se reporta que las concentraciones de leptina aumentaron con el incremento del peso vivo durante el crecimiento, alcanzando el máximo nivel a los 40 kg de peso vivo, causado por el aumento de la grasa corporal; pero no observaron cambios significativos de la leptina entre los 20 y 30 kg de peso vivo.⁴⁵ De acuerdo a lo obtenido en el presente trabajo se sugiere que la leptina puede ser un buen predictor para determinar el grado de engrasamiento del animal esto es importante porque el consumidor exige canales magras, por lo tanto es útil para determinar el momento óptimo de sacrificio para obtener canales de mejor calidad y que cumplan con las exigencias del consumidor.

En este estudio se observó que la leptina tuvo una correlación positiva con la grasa subcutánea en cabritos de genotipo cárnico; lo cual no concuerda con lo obtenido en corderos de 45 kg de peso vivo donde encontraron que la leptina tuvo una mayor correlación ($r=0.56$, $P<0.01$) con la grasa visceral que con la grasa de la canal.⁵ En corderos en crecimiento observaron que existe una reducción de los coeficientes de correlación entre la leptina y composición corporal después de un ayuno prolongado. Siendo que las concentraciones de leptina están estrechamente relacionadas con la grasa visceral con respecto a la grasa subcutánea e intermuscular.⁴⁶

CONCLUSIONES

El rendimiento al matadero y comercial de la canal no presento una correlación significativa entre las concentraciones de leptina ni con la condición corporal.

El diámetro de los adipocitos en diferentes regiones anatómicas nos permite conocer la correlación que existe en la expresión de la leptina dentro de la célula. Por lo que a un incremento del diámetro del adipocito mayor será la expresión y secreción de leptina.

La leptina resultó ser un buen predictor de la deposición de grasa subcutánea en los cabritos de genotipo cárnico.

Se sugiere que la leptina puede ser empleada como un indicador *in vivo* práctico para determinar el grado de engrasamiento de la canal. Así como se ha venido utilizando el ultrasonido en bovinos, ovinos y porcinos para evaluar la calidad de la canal.

Es importante seguir realizando estudios sobre el metabolismo energético de la cabra, como analitos bioquímicos y otras hormonas (insulina y glucocorticoides) para poder explicar los hallazgos observados en este estudio. Así como manipular la cantidad de energía y proteína en la dieta, utilizando animales en diferentes etapas productivas y sistemas de producción, para poder determinar y comprender mejor la fisiología de la leptina en esta especie productiva.

LITERATURA CITADA

1. Chillard Y, Delavaud C, Bonnet M. Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domest Anim Endocrin* 2005; 29: 3-22.
2. Hady W, Domecq J, Kaneene J. Frequency and precision of body condition scoring in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1994; 77:1543-1547.
3. Delavaud C, Bocquier F, Chilliard Y, *et al.* Plasma leptin determination in ruminants: effect of nutritional status and body fatness on plasma leptin concentration assessed by specific RIA in sheep. *J Endocrin* 2000; 165: 519-526.
4. Altmann M and Von Borell E. Leptin as an indicator for carcass composition in farm animals. *J Anim Sci* 2007; 78; 449-459.
5. Altmann M, Sauerwein H, Borell E. Relationship between plasma leptin concentrations and carcass composition in fattening mutton: a comparison with ultrasound results. *J Anim Phys and Anim Nut* 2005; 89: 326-330.
6. Martí A, Martínez JA. La leptina y la regulación del peso corporal (Leptin and body weight regulation). <http://www.anales@cfnavarra.es>
7. Barta T, Sabed-Ahmed A, Rudas P. Expression of leptin and its receptors in various tissues of ruminants. *Domest Anim Endocrin* 2005; 29: 193-202.
8. Rivas SA, Angoa PM, Mihailescu LS. Fisiología de la ingesta alimentaria. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. 2005. www.facmed.unam.mx

9. Chillard Y, Bonnet M, Delavaud C, *et al.* Leptin in ruminants: Gene expression in adipose tissue and mammary gland, and regulation of plasma concentration. *Domest Anim Endocrin* 2001; 21: 271-295.
10. Ingvarstsen KL, Boisclair YR. Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Domest Anim Endocrin* 2001; 21: 215-250.
11. Miner JL. The adipocyte as an endocrine cell. *J Anim Sci* 2004; 82: 935-941.
12. Havel, P. Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanisms regulating leptin production and energy balance. *Proc Nut Soc* 2000; 59: 359-371.
13. Williams LM, Adam CL, Mercer JG, Moar KM. Leptin receptor and neuropeptide Y gene expression in the sheep brain. *J Neuroendocrin* 1999; 11: 165-169.
14. Daniel AJ, Whitlock KB, Baker AJ, *et al.* Effect of body fat mass and nutritional status on 24-hour leptin profiles in ewes. *J Anim Sci* 2002; 80: 1083-1089.
15. Marie M, Findlay AP, Thomas L and Adam LC. Daily patterns of plasma leptin in sheep: effects of photoperiod and food intake. *J Endocrin* 2001; 170: 277-286.
16. Paz HS. 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 de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F 2006.

17. Aumont G, Poisot F, Saminadin H, *et al.* 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
18. Russel A. Body condition scoring of sheep. In *Pract* 1984; 6: 91-93.
19. Moran-Fehr P, Hervieu J. Body condition scoring of goats: use and method. *Chevre* 1999; 23: 22-33.
20. Agraz GA. *Caprinotecnia I*. 2ª ed. Limusa. México DF, 1984.
21. Devendra C, Mc Leroy GB. *Producción de cabras y ovejas en los trópicos. El manual moderno*. México DF, 1986
22. INEGI. *El Sector alimentario en México*. 2004. www.inegi.gob.mx
23. SAGARPA. 2005. www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_compec_pobgan.html
24. SAGARPA. 2005. www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/CNAcap.htm
25. SAGARPA. 2005. www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/DPcar.htm
26. Santos I, Arbiza A, Tron JL. *Producción de carne caprina*. Primera edición. Universidad Autónoma del Estado de México. 1996
27. Trujillo, GA. *Comportamiento productivo de cabritos Alpino Francés x Cruzas de Alpinos con Boer bajo condiciones de pastoreo (Tesis de Maestría)*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1999.
28. INRA. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Institute National de la Recherche Agronomique. Paris, France, 1988.
29. Wilkinson JM, Stark BA. *Producción comercial de cabras*. Acribia. Zaragoza, España, 1989.

30. Devendra C and Owen EJ. Quantitative and qualitative aspects of meat production from gotas. *Wld Anim Rev* 1983; 47: 19-29.
31. Colomer-Rocher. F; Morand-Fehr P, Kirton, A.H. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livest. Prod. Sci*, 1987; 17: 149-159.
32. Ginés SG. El ganado caprino en la argentina. Características de la canal y de la carne en cabritos tipo criollo. Capítulo IV. 1ª ed. Rio Cuarto, 2005. http://www.produccionbovina.com/produccion_caprina/ganado_caprino_en_argentina/capitulo4.pdf
33. Colomer-Rocher. Exigencias de la calidad de la canal. INIA. Serie Prod. Anim, 1973; 4: 117-126.
34. INEGI. Tequisquiapan, Estado de Querétaro. Cuaderno Estadístico municipal. Edición 1994.
35. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) Washington, DC. 1984.
36. NORMA Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995. Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres.
37. NORMA Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006. Productos pecuarios. Carne de ovino en canal. Clasificación.
38. Luna, L.G. Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology. 3rd ed. New York: Mc Graw Hill Company. 1992.
39. Piasentier E, Bovolenta S, Filarcoda S, et al. Subcutaneous adipocyte diameter variations during lactation in sheep. *Options Méditerranées. Serie A: Seminaires Mediterraneus* 1995: 27; 67-73.

40. Mendizábal JA, Delfa R, Arana A, et al. Lipogenic activity in goats (Blanca Celtibérica) with different body condition scores. *Small Rum Res* 2007; 67; 285-290.
41. Delfa R, Gonzalez C, Teixeira A, et al. Relationships between body fat depots, carcass composition, live weight and body condition scores in Blanca Celtibérica goats. *Options Méditerranéennes. Serie A: Séminaires Méditerranéens* 1995; 27; 109-119.
42. Geary WT, McFadin LE, MacNeil DM, et al. Leptin as a predictor of carcass composition in beef cattle. *J Anim Sci* 2003; 81; 1-8.
43. Kim H, Chi Y, Chung K, Kim K. Differential response of obese gene expression from fasting in bovine adipose tissues. *Biosci, Biotech and Biochem* 2000; 64; 2240-2242.
44. Kumar B, Francis SM, Suttie JM, Thompson MP. Expression of obese mRNA in genetically lean and fat selection lines of sheep. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 1998; 120; 543-548.
45. Altmann M, Sauerwein H, Von Borell E. Plasma leptin in growing lambs as a potential predictor for carcass composition and daily gain. *Meat Sci* 2006; 74; 600-604.
46. Altmann M, Sauerwein H, Borell E. The relationships between leptin concentrations and body fat reserves in lambs are reduced by short-term fasting. *J Anim Phys and Anim Nut* 2006; 90: 407-413.