

Efecto de una subalimentación prolongada sobre el peso, la condición y la composición corporal de cabras adultas

Effect of a long term feeding restriction on the subsequent body weight, condition score, and tissue composition of mature goats

Manuel Gómez Pastén^a, Ofelia Mora Izaguirre^b, Rosa María Meléndez Soto^a, José Luis Romano Muñoz^c, Héctor Vera Avila^c, Armando Shimada Miyasaka^{b,c}

RESUMEN

Para determinar la respuesta de cabras adultas a una restricción alimenticia prolongada y el efecto en su peso, condición y composición corporal, se llevó a cabo un experimento usando 21 cabras hembras encastadas de Nubia, adultas, vacías y secas. Se registró durante nueve semanas el peso, condición corporal y consumo diario. Después se dividieron completamente al azar en tres grupos, para recibir durante 36 semanas los siguientes niveles de alimentación (NA): 100, 80 y 60, como porcentaje del consumo observado previamente. Se analizó químicamente el tejido disectable, corazón, riñón e intestinos. El peso y la condición corporal disminuyeron con la restricción alimenticia y se aumentó la proporción de hueso, se redujo la de tejido disectable (media canal derecha), grasa disectable (TA), grasa peri-renal e hígado, contenido total de materia seca de corazón, riñón y líquido ruminal; proteína del riñón y extracto etéreo del corazón y tejido disectable de la canal; concentración de ADN del corazón, hígado y TA visceral y relación ARN:ADN y proteína:ADN del hígado. En cuanto a la composición del TA visceral, el único ácido graso afectado fue C16:1, teniendo los animales con nivel de NA60 mayor proporción; pero en el TA subcutáneo, la restricción aumentó la proporción del C16:1, C18:1 y de ácidos grasos insaturados y redujo la proporción de los ácidos grasos saturados. Los resultados muestran la capacidad de adaptación de las cabras adultas a una malnutrición a largo plazo, mediante la utilización de combustibles metabólicos provenientes de tejido adiposo, músculo esquelético, hígado, corazón y riñón.

PALABRAS CLAVE: Condición corporal, Peso corporal, Composición química, Acidos grasos, Cabras.

ABSTRACT

To observe the response of mature goats to long-term feeding restriction and the effect on their body weight, condition and composition, an experiment was conducted with 21 adult, female, non-gestating, non-lactating Nubian goats. For a 9-wk stabilization period, the body weight and body condition score of each animal were measured weekly, along with their voluntary feed intakes. After the stabilization period, goats were randomly assigned to three groups, being offered 100%, 80%, and 60% of the feed intake observed during this period, for a 36-wk restriction period. Chemical analyses were performed on samples of carcass components, heart, kidneys, and intestines. Body weight and body condition score decreased with reduced feeding levels. Moreover, the proportion of bone increased, and that of the carcass soft tissues, kidney fat, and liver decreased, as did the dry matter contents of heart, kidneys, and rumen contents; kidney protein, heart, and ether extracts of the carcass soft tissue; heart and liver DNA; and the RNA:DNA and protein:DNA ratios in hepatic tissue. The C16:1 fatty acid content of the kidney fat of goats on treatment FL60 was increased; in restricted animals, C16:1, C18:1, and unsaturated fatty acids in the subcutaneous fat were all increased. These results suggest that the adaptation capability of adult goats to long-term undernutrition through the utilization of metabolic fuel from adipose tissue, skeletal muscle, liver, heart, and kidneys is an important survival characteristic for free-ranging animals kept in areas where drought conditions can last for several months, with consequent limitations on feed availability.

KEY WORDS: Body condition, Body weight, Chemical composition, Fatty acids, Goats.

Recibido el 26 de noviembre de 2008. Aceptado para su publicación el 11 de marzo de 2010.

^a Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y la Salud Animal, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

^b Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RuMeN), Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. UNAM., Blvd. Juriquilla No 3001, Querétaro, Qro., 76230. shimada@unam.mx. Correspondencia al último autor.

^c Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

INTRODUCCIÓN

Las necesidades nutritivas de los rumiantes en pastoreo se cubren mediante el consumo de alimentos, sean éstos los disponibles en el agostadero o aquéllos que les son ofrecidos en forma complementaria por el productor. Cuando el aporte de tales alimentos es insuficiente para cubrir sus necesidades básicas, hacen uso de reservas corporales, manifestándose lo anterior como pérdidas de peso, cuya magnitud dependerá de la severidad y la duración de la insuficiencia alimenticia. Las reservas corporales así utilizadas podrán ser subsecuentemente recuperadas^(1,2,3,4).

Varios reportes indican que después de períodos de pérdida de peso, los animales reducen sus requerimientos para mantenimiento hasta en un 50 %, principalmente mediante la reducción de la tasa metabólica basal⁽⁵⁾ y también mediante la reducción en la masa de algunos órganos metabólicamente activos como hígado, riñón, estómago e intestinos⁽⁶⁾. Como lo indican la reducción en la relaciones proteína:DNA y RNA:DNA, que sugieren que una privación de nutrimentos reduce la concentración de RNA y de proteínas de las vísceras debido a una disminución aparente del tamaño celular y en la actividad de síntesis de proteína^(7,8).

El tejido adiposo blanco está distribuido en diversos tejidos corporales, principalmente en las zonas dérmica, subcutánea, mediastinal, mesenterial, perigonadal, omental, renal, y retroperitoneal⁽⁹⁾ y es sabido que aún en el mismo animal, la composición de la grasa subcutánea y el perfil de ácidos grasos contenidos en la misma, no es constante en las diferentes zonas del cuerpo, el grado de insaturación depende de la localización anatómica. En general, la grasa subcutánea es la más insaturada, seguida por la grasa intermuscular e intramuscular, mientras que la grasa de los órganos internos es la más saturada⁽¹⁰⁾.

El propósito de este experimento, fue observar en cabras los efectos de una subalimentación prolongada, especialmente en su peso, condición y composición corporal. Además de conocer cómo y

INTRODUCTION

The nutritional requirements of range ruminants are met through the consumption of the naturally available forages or supplements provided by the producer. When the provision of such feeds is insufficient to meet their minimum basic needs, animals use their body tissues, resulting in weight loss, the magnitude of which will depend on the severity and duration of the feed limitation. The body reserves utilized in this way would normally be recovered subsequently if the animal is fed properly^(1,2,3,4).

Reports in the literature indicate that, as a consequence of weight loss, animals are capable of reducing their maintenance requirements by up to 50 %, mainly through reductions in their basal metabolic rate⁽⁵⁾ and also in the mass of metabolically active organs such as liver, kidneys, and gut⁽⁶⁾. Reductions in the protein:DNA and RNA:DNA ratios suggest that nutrient deprivation causes apparent reductions in cellular size and protein synthesis activity^(7,8).

White adipose tissue is distributed in several regions of the body, mainly dermal scale, subcutaneous, mediastinal, mesenteric, perigonadal, omental, kidney and retroperitoneal⁽⁹⁾ and it is well known that the composition of body fat, or the fatty acid profile of the fat, differs between anatomical regions, with the degree of saturation depending on the location in the body. In general, subcutaneous fat is the most unsaturated, followed by the inter- and intramuscular fats, while the fat surrounding the internal organs is the most saturated⁽¹⁰⁾.

The purpose of the experiment was to observe the effects of prolonged feed restriction on goats, especially on their weight, condition score, and body composition. Also investigated how and to what extent the different organs and tissues are used to compensate for nutritional deprivation.

MATERIALS AND METHODS

The work was conducted at Querétaro in the central highlands of Mexico, with an altitude of 1,990 m asl, semiarid climate, mean annual temperature of

en qué medida son utilizados los diferentes órganos y tejidos, para compensar la restricción de nutrimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue conducido en el estado de Querétaro, a 1,990 msnm, clima semiseco con lluvias en verano, temperatura media anual de 15 °C y precipitación pluvial anual de 450 a 630 mm, principalmente en el verano⁽¹¹⁾.

Un grupo de 21 cabras hembras, adultas, vacías y secas, con predominancia de sangre Nubia, con un peso corporal inicial de 50.1 ± 5.8 kg y una calificación de condición corporal (CC) de 2.6 ± 0.5 fueron utilizadas. Las cabras permanecieron alojadas en corraletas individuales techadas, con piso de madera, con acceso a bebederos automáticos y comederos individuales.

Al inicio del experimento, todos los animales se alimentaron a libertad durante nueve semanas con una dieta con base en pasta de sorgo (50%), heno de alfalfa (45%), melaza de caña (3.5%) y premezcla mineral-vitamínica (1.5%), de tal manera que cubrieran sus necesidades teóricas de energía metabolizable (EM) y proteína cruda de mantenimiento (PC)⁽¹²⁾; nueve semanas de período de estabilización se consideraron suficientes para alcanzar condición corporal y peso constantes⁽¹³⁾, y para ajustar la cantidad de alimento según los requerimientos de mantenimiento. El contenido de PC se determinó por el método de Kjeldahl y la EM fue estimada de tablas del NRC⁽¹²⁾.

Una vez terminadas las nueve semanas, las cabras se distribuyeron aleatoriamente en cada uno de los siguientes niveles de alimentación que recibieron durante 36 semanas: NA1= 100 % del consumo observado de alimento; NA2= 80 % del consumo observado de alimento; NA3= 60 % del consumo observado de alimento. Los animales fueron alimentados en forma individual dos veces al día (0900 y 1300).

Los animales se pesaron y su condición corporal se observó⁽¹⁴⁾ al inicio y cada 14 días en días

15 °C, and 450 to 630 mm of annual rainfall, mainly in the summer months⁽¹¹⁾.

A group of 21 adult, female, non-gestating, non-lactating goats, predominantly of the Nubian breed, with 50.1 ± 5.8 kg initial body weight and a body condition score of 2.6 ± 0.51 were used. They were placed in individual wooden-floored pens and had access to automatic wateriers.

During the first 9 wk of the experiment, all animals were fed *ad libitum* on a mixed diet based on sorghum stover (50%), alfalfa hay (45%), sugarcane molasses (3.5%), and a mineral-vitamin premix (1.5%), that met their metabolizable energy 2.0 Mcal (ME), and crude protein 10% (CP) maintenance needs⁽¹²⁾; a 9-wk period had previously been observed to be sufficient for goats to reach constant body weights and condition scores, and to adjust the quantity of feed so as to meet the maintenance requirements for ME and CP⁽¹³⁾. The content of CP was measured by the Kjeldahl method and ME was estimated from NRC tables⁽¹²⁾.

After the 9-wk adaptation period, the animals were randomly allocated to the following feeding levels, which they were to receive during the next 36 wk: FL100 (100% of the previously observed daily feed intake), FL80 (80% of the previously observed daily feed intake), and FL60 (60% of the previously observed daily feed intake). Goats were individually fed their assigned rations in two portions, at 0900 and 1300.

All animals were weighed and their condition scores determined⁽¹⁴⁾ at the beginning of the experiment and every 2 wk, on consecutive days, without fasting and always at the same time of day. Using the resulting body weight data, their metabolic weight ($W^{.75}$) were then calculated every 2 wk and the amount of feed offered adjusted accordingly; in other words the amount of feed offered was decreased periodically, as in response to the reduced body weight.

At the end of the experiment, all animals were weighed and killed by the captive bolt method followed by exsanguination. The following body

consecutivos, sin ayuno previo y siempre a la misma hora. Empleando los datos de peso corporal, el peso metabólico ($W^{.75}$) se calculó cada dos semanas y la cantidad de alimento ofrecido fue ajustada; en otras palabras el alimento ofrecido se redujo periódicamente, en respuesta al peso corporal perdido.

Al término del periodo de restricción (PR), las cabras fueron pesadas y sacrificadas por el método del émbolo cautivo, y desangradas. Se registraron los pesos de piel, patas, cuernos, cabeza, pulmones, útero, hígado, riñón, corazón, intestino delgado, colon, compartimentos gástricos y contenido retículo-ruminal. Se determinó la longitud de los intestinos; y se tomaron muestras de órganos, que se mantuvieron en congelación (-70 °C) para análisis de MS (materia seca)⁽¹⁵⁾, EE (extracto etéreo), proteína total⁽¹⁶⁾; para determinar ARN total y ADN genómico, se emplearon reactivos de TRIzol and DNazol®, respectivamente (Invitrogen®, Carisbad, CA, USA); la extracción de ADN consiste básicamente en el uso de una solución lisante de detergente de guanidina, que permite la precipitación selectiva del ADN del lisado celular. En el caso del ARN se emplea el mismo reactivo, luego se añade cloroformo, que separa la solución en una fase acuosa y una orgánica.

Se registró el peso de la canal caliente y se realizó un corte longitudinal de la misma, evitando la columna vertebral, resultando una media canal izquierda con la totalidad de la columna vertebral y una media canal derecha sin la misma. De la media canal derecha se registraron los pesos total, del hueso y del tejido disectable, y se muestrearon para su análisis químico.

Se registró el peso de la grasa disectable y la peri-renal (riñón derecho). Se obtuvieron muestras de tejido adiposo peri-renal y subcutáneo (external) para determinación de DNA y perfil de ácidos grasos (PAG); las muestras fueron hidrolizadas con una solución al 20% KOH en metanol a 80 °C, durante 40 min, para realizar la extracción de la fracción lipídica con acetonitrilo/tetrahidrofurano (ACN/THF). Los ácidos grasos se cuantificaron con cromatografía de líquidos de alta resolución

parts were separated and weighed: skin, feet, horns, head, lungs, uterus, digestive tract, and rumen contents. In addition, the length of the gut was measured. The following organs were both weighed and sampled: liver, kidneys, heart, small intestine, and colon. The tissue samples were deep-frozen (-70 °C) for later analyses of dry matter⁽¹⁵⁾, ether extract, total protein⁽¹⁶⁾, to determine total RNA and genomic DNA we used TRIzol and DNazol® reagents, respectively (Invitrogen®, Carisbad, CA, USA), DNA extraction consists basically in the use of a guanidine detergent lysing solution which permits the selective precipitation of DNA from a cell lysate. In the case of RNA, the same reagent is used, followed by the addition of chloroform, which separates the solution into an aqueous phase and an organic phase.

Once the carcass weight had been recorded, it was cut longitudinally, leaving the vertebrae in the left half. For the right half, the following were recorded: total weight, bone weight, and dissectable soft tissue weight; samples of the latter were also obtained, in order to perform the chemical analyses mentioned above.

The weights of the dissectable fat on the right side of the carcass and the right kidney fat were recorded. In addition, samples of the latter and of subcutaneous fat (from the sternum region) were analyzed for their DNA content and fatty acid profiles. The samples were hydrolyzed with a solution of 20% KOH in methanol at 80 °C for 40 min, followed by the extraction of the lipid fraction with acetonitrile/tetrahydrofuran. Fatty acids were quantified through high-resolution liquid chromatography (Hewlett Packard 1100 System with a diode array detector) by derivatization with bromophenacyl bromide using a MOS 150 × 4.6 mm, 5 µm column, with a mobile phase in gradient, based on water (70%) and acetonitrile plus 1% tetrahydrofurane (30%).

The data were analyzed using a completely randomized design⁽¹⁷⁾, with three treatments: FL100, FL80, and FL60, with eight, seven, and six replicates, respectively. The differences between treatments were determined by the general linear

(Hewlett Packard 1100 System con detector de diodos), con un programa de derivatización en línea con bromuro de bromofenacilo. Se usó una columna MOS de 150 x 4.6 mm, 5 µm, con una fase móvil, en gradiente, a base de agua (70 %) y ACN adicionado de 1% THF (30 %).

El análisis estadístico se realizó mediante un diseño completamente al azar⁽¹⁷⁾, con tres tratamientos: NA100, NA80 y NA60 con 8, 7, y 6 repeticiones por tratamiento, respectivamente. Para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó el procedimiento de modelos lineales generales (GLM) del Sistema de Análisis Estadístico⁽¹⁸⁾ y la opción LSMEANS se empleó para comparar las medias de tratamientos.

Las medidas tomadas a partir de la canal y los pesos de las vísceras se registraron como peso en gramos y como porcentaje del peso al sacrificio. Para su análisis estos porcentajes fueron sometidos a una transformación del arco seno de la raíz cuadrada de su proporción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso y condición corporal

Los efectos de la restricción alimenticia sobre los pesos y condiciones corporales se muestran en el Cuadro 1. Aunque los pesos y valores no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$), los cambios

models (GLM) procedure and ANOVA procedure⁽¹⁸⁾ of the Statistical Analysis System (SAS, 1994) and the LSMEANS option was used to obtain and analyze treatment means.

The measurements from the carcasses and also the weights of the viscerae were registered both in grams and as a percentage of live weight at slaughter. The percentages were transformed to the arcsin of the square root of their proportion.

RESULTS AND DISCUSSION

Body weight and condition score

The effects of the feeding levels on the body weight and body condition scores are shown in Table 1. Although the final weights and scores did not show significant differences ($P > 0.05$), their overall changes differed between experimental treatments ($P < 0.01$).

Several researchers^(19,20,21) have reported that body weights of feed-restricted animals did not differ from those fed *ad libitum*, indicating the possibility that the former were able to reduce their basal metabolic rate, and therefore their maintenance requirements, in order to keep a constant body weight. However, the duration of the restrictions tested was relatively short and, in some of the studies, intake levels similar to those that allowed for the maintenance of body weight were considered to be restricted feeding.

Cuadro 1. Efecto del nivel de alimentación sobre el peso y condición corporal de cabras

Table 1. Effect of feeding level on body weight and body condition score of goats

Item	Treatment		
	FL100	FL80	FL60
Initial weight, kg	48.9 ± 2.37	47.4 ± 2.19	53.3 ± 2.05
Final weight, kg	49.3 ± 2.30	42.7 ± 2.13	42.4 ± 1.99
Body weight change, kg	0.4 ± 0.98 ^x	-4.7 ± 0.91 ^y	-10.9 ± 0.85 ^z
Initial condition score	2.3 ± 0.22	2.6 ± 0.20	2.8 ± 0.20
Final condition score	2.4 ± 0.19	2.0 ± 0.18	1.8 ± 0.16
Condition score change	0.17 ± 0.16 ^x	-0.6 ± 0.14 ^y	-1.0 ± 0.13 ^z

FL100= 100 % of the previously observed daily feed intake (podfi); FL80= 80 % of the podfi; FL60= 60 % of the podfi.

^{xyz} Within rows, different superscripts indicate significant differences ($P < 0.01$).

globales fueron diferentes entre tratamientos ($P < 0.01$).

Diversos autores^(19,20,21) señalan que el peso corporal de animales restringidos no difiere del de aquéllos alimentados a libertad, indicando que los primeros pueden disminuir su tasa metabólica basal, y sus requerimientos para mantenimiento y así mantener el peso corporal. No obstante, las restricciones en todos los casos anteriores fueron de menor duración y en algunos casos se consideró como restricción alimenticia consumos de alimento similares a los indicados para mantenimiento de peso.

En contraste, cuando la restricción alimenticia es más severa y con una duración de meses, se ha encontrado que sí tienen efectos significativos sobre el peso corporal. En un trabajo previo⁽⁸⁾, en el que se utilizaron cabras de características similares a las empleadas en el presente estudio y restringidas al 80 y 60 % de sus requerimientos nutricionales, se observaron pérdidas de peso corporal significativas en comparación con el testigo no-restringido. Ovejas adultas que iniciaron con buena condición corporal (3.8) y que estuvieron sujetas a una restricción severa (80 %) por 161 días, tuvieron pérdidas significativas de peso⁽¹⁹⁾.

Aunque la CC es una medida subjetiva, junto con el peso dan una buena referencia del estado nutricional del animal. La pérdida de CC de los restringidos se debe tanto a la disminución de grasa como de masa muscular, principalmente de la primera.

Peso de órganos y tejidos viscerales

Los datos de pesos de órganos y tejidos se muestran en el Cuadro 2. Exceptuando al hígado, ninguno de los componentes medidos difirió entre tratamientos ($P > 0.05$), lo que concuerda con lo anteriormente informado^(8,13). En contraste, otros autores⁽²²⁾ trabajando con borregas adultas con una restricción alimenticia (RA) del 80 %, indican que el peso de la cabeza, del retículo-rumen y del colon, presentan una reducción significativa después de 161 días de tratamiento.

En el caso del hígado, tanto en este trabajo como en el de otros autores⁽¹³⁾ el hígado como porcentaje

In contrast, when the restriction was more severe and its duration of several months, it was observed that nutrient deprivation had significant effects on body weight. A previous experiment⁽⁸⁾, using goats with similar characteristics to the ones used here and restricted to 80 and 60 % of their nutritional requirements, found that they had significant losses in body weight compared with the unrestricted controls. In a similar experiment with ewes that started with a good body condition score (3.8), those animals that were restricted to 80 % of their needs for 161 d showed a significant weight loss⁽¹⁹⁾.

Although body condition scores are somewhat subjective compared with body weights, they are a good indication of the nutritional status of the animal. Reduced body condition scores may indicate losses in body fat and muscle, particularly the former.

Organ and tissue weights

Organ and tissue weight results are summarized in Table 2. Except for the liver, none of the measured components differed between treatments ($P > 0.05$), which was in agreement with results previously reported^(8,13). In contrast other authors⁽²²⁾, working with adult ewes restricted to 80 % of their requirements, reported that the weights of the head, the reticulo-rumen, and the colon showed significant reductions after a 161-d feed restriction.

The weight of the liver, expressed as a percentage of body weight, was significantly reduced ($P < 0.01$), as previously reported⁽¹³⁾ after a 40 % restriction for 18 wk and both a 20 and a 40 % restriction for 36 wk. Other authors, in experiments with swine, rats, sheep, and cattle, have shown that consistent feed restrictions caused relative (as percentage of live weight) reductions in the weight of the liver and other organs^(7,8,23), and they concluded that there was a correlation between the weights of the liver and the intestines, and the estimated energy requirements for maintenance.

However, when using an 80 % feed restriction for 161 d in adult ewes, there was an increase in the number of affected organs; in addition to the liver, the kidneys, forestomachs, colon, spleen, and heart

EFEECTO DE UNA SUBALIMENTACIÓN PROLONGADA DE CABRAS ADULTAS

Cuadro 2. Efecto del nivel de alimentación sobre la proporción de algunos componentes corporales

Table 2. Effect of feeding level of goats on various body components

Item	Treatment		
	FL100	FL80	FL60
Liver, g	533.2 ± 41.45	441.9 ± 38.38	414.8 ± 39.90
Liver, %	1.2 ± 0.04 ^x	1.0 ± 0.40 ^y	1.0 ± 0.04 ^y
Kidney, g	71.2 ± 3.78	60.5 ± 3.50	60.7 ± 3.28
Kidney, %	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.15 ± 0.01
Heart, g	198.0 ± 11.45	186.7 ± 10.60	189.9 ± 9.91
Heart, %	0.4 ± 0.02	0.4 ± 0.02	0.5 ± 0.16
Lungs and trachea, g	448.4 ± 27.21	391.8 ± 25.19	449.9 ± 23.56
Lungs and trachea, %	0.9 ± 0.07	0.9 ± 0.06	1.1 ± 0.06
Uterus, g	79.8 ± 6.68	62.7 ± 6.19	59.7 ± 6.19
Uterus, %	0.16 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.01
Spleen, g	88.6 ± 9.00	61.5 ± 8.33	65.9 ± 7.79
Spleen, %	0.18 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.16 ± 0.01
Gastric contents, kg	2.0 ± 0.13	1.6 ± 0.12	1.7 ± 0.15
Gastric contents, %	4.1 ± 0.23	3.9 ± 0.21	4.1 ± 0.20
Small intestine, g	320.5 ± 36.99	290.5 ± 34.25	263.4 ± 32.04
Small intestine, %	0.6 ± 0.06	0.7 ± 0.06	0.6 ± 0.60
Small intestine length, m	21.4 ± 0.94	19.9 ± 0.88	21.9 ± 0.82
Colon, g	407.7 ± 63.59	304.4 ± 58.87	342.5 ± 55.07
Colon, %	0.8 ± 0.13	0.7 ± 0.12	0.8 ± 0.11
Colon length, m	7.4 ± 0.25	7.2 ± 0.24	7.6 ± 0.22
Skin, feet and horns, kg	4.8 ± 0.18	4.4 ± 0.17	4.4 ± 0.16
Skin, feet and horns, %	9.8 ± 0.33	10.3 ± 0.31	10.7 ± 0.29
Head, kg	1.9 ± 0.07	1.8 ± 0.06	0.8 ± 0.06
Head, %	3.96 ± 0.19	4.23 ± 0.17	4.48 ± 0.16
Rumen contents, kg	8.5 ± 0.57	7.0 ± 0.53	7.3 ± 0.50
Rumen contents, %	17.3 ± 0.90	16.7 ± 0.84	17.3 ± 0.78

FL100= 100 % of the previously observed daily feed intake (podfi); FL80= 80 % of the podfi; FL60= 60 % of the podfi.

^{xy} Within rows, different superscripts indicate significant differences ($P < 0.01$).

de peso al sacrificio, se reduce significativamente ($P < 0.01$), después de una RA severa (40 %) de 18 semanas de duración y moderada (20 %) y severa (40 %) de 36 semanas de duración. En cuanto a otros órganos, los resultados coinciden también en forma parcial con los otros autores^(7,8,23) que utilizando cerdos, ratas, ovinos y bovinos, observaron que una disminución en el plano nutricional consistentemente produce una reducción relativa (como porcentaje del peso al sacrificio) en el peso de hígado y otros órganos y concluyen que existe una buena relación entre los pesos del hígado y el tejido intestinal y la estimación de los requerimientos de energía de mantenimiento.

were also affected, and the quantity of the rumen contents was also decreased⁽²²⁾.

Chemical analyses

The chemical analysis of various organs and tissues, as well as the rumen contents, showed that liver, heart, kidney, duodenum, and rumen contents were all affected by the feeding level (Tables 3,4). In the liver there was an increased concentration of DNA (mg g^{-1} of tissue) as the severity of the feed restriction was increased, which caused the RNA:DNA and protein:DNA ratios to be smaller than those of the control group. The heart showed decreased amounts of DNA, ether extract (EE; mg

Pero, al utilizar una restricción alimenticia más severa (80 %) por 161 días en ovejas adultas, se incrementan los órganos afectados, siendo además de hígado, riñón, compartimientos gástricos y colon; afectados también bazo y corazón; reduciéndose además la MS del líquido ruminal⁽²²⁾.

g⁻¹ of tissue) and total dry matter (DM) in the restricted animals, probably due not only to the loss of ether extract, but also to the loss of muscle protein; however, as muscle cells are polynucleated, the decrease in DNA does not necessarily mean that there is an alteration in the number of cells.

Cuadro 3. Efecto del nivel de alimentación sobre la composición de algunos componentes corporales

Table 3. Effect of feeding level of goats on the chemical composition of various organs

	DM (mg g ⁻¹)	EE (mg g ⁻¹)	Protein (mg g ⁻¹)	DNA (mg g ⁻¹)	RNA (mg g ⁻¹)	RNA:DNA ratio	RNA:Protein ratio	Protein:DNA ratio
Liver								
FL100	304.0±6.7	35.86±4.07	208.6±17.3	1.66±0.21 ^c	6.42±0.66	4.23±0.49 ^x	0.03±0.004	133.1±9.99 ^x
FL80	305.4±6.2	36.19±3.77	192.3±16.0	2.33±0.20 ^b	5.27±0.61	2.44±0.45 ^y	0.03±0.004	85.4±9.26 ^y
FL60	299.5±5.8	37.16±3.52	205.6±14.9	2.94±0.19 ^a	4.31±0.57	1.49±0.42 ^y	0.02±0.004	70.8±8.66 ^y
Heart								
FL100	256.4±10.1 ^a	57.40±7.28 ^x	106.2±16.3	7.82±0.51 ^a	0.67±0.11	0.09±0.02	0.008±0.002	14.1±2.66
FL80	231.0±9.3 ^{ab}	34.27±6.74 ^y	79.98±15.1	5.72±0.47 ^b	0.83±0.10	0.15±0.02	0.010±0.002	14.6±2.46
FL60	213.7±8.7 ^b	21.20±6.30 ^y	87.0±14.1	6.24±0.44 ^b	0.84±0.09	0.14±0.02	0.011±0.002	14.1±2.30
Kidney								
FL100	216.4±3.3 ^x	22.91±2.29	142.3±11.9	2.57±0.12	6.53±0.96	2.46±0.37	0.05±0.008	55.9±5.29
FL80	201.4±3.1 ^y	21.40±2.12	115.5±11.0	2.34±0.11	6.40±0.88	2.78±0.35	0.06±0.007	49.6±4.89
FL60	192.4±2.9 ^z	20.77±1.99	114.4±10.3	2.64±0.10	5.11±0.83	1.97±0.32	0.05±0.007	44.3±4.58
Duodenum								
FL100	252.6±42.0	25.38±1.04	86.6±14.2	3.98±0.42	4.90±0.63	1.26±0.25	0.07±0.02	22.5±3.27 ^a
FL80	236.2±38.9	25.83±0.96	78.1±13.1	4.35±0.39	4.93±0.58	1.37±0.23	0.08±0.02	18.7±3.03 ^{ab}
FL60	269.5±36.4	24.5±0.90	54.4±12.3	4.83±0.36	4.52±0.55	0.96±0.22	0.09±0.02	11.6±2.84 ^b
Jejunum								
FL100	170.9±27.6	18.58±0.71	69.5±20.4	4.91±0.44	2.51±0.55	0.54±0.12	0.09±0.02	13.5±4.23
FL80	217.8±25.5	19.73±0.66	97.4±18.9	5.44±0.40	3.53±0.51	0.63±0.12	0.04±0.02	18.2±3.92
FL60	182.6±23.9	18.56±0.62	64.7±17.7	4.87±0.38	3.27±0.48	0.74±0.11	0.06±0.02	14.5±3.66
Ileum								
FL100	176.1±16.0	21.22±1.35	58.3±14.2	4.66±0.51	2.48±0.85	0.73±0.27	0.07±0.03	12.7±2.63
FL80	165.3±14.9	20.20±1.25	57.2±13.1	4.87±0.48	2.85±0.79	0.64±0.25	0.10±0.03	12.4±2.44
FL60	190.4±13.9	20.66±1.17	63.6±12.3	5.30±0.44	4.21±0.74	0.83±0.23	0.07±0.03	12.1±2.28
Colon								
FL100	312.6±30.4	20.93±0.73	63.3±14.0	5.52±0.30	3.37±0.26	0.63±0.06	0.07±0.09	11.2±2.29
FL80	254.3±28.2	22.20±0.67	78.2±12.9	5.92±0.28	3.72±0.24	0.64±0.06	0.05±0.08	13.5±2.12
FL60	255.9±26.4	21.91±0.63	48.5±12.1	5.86±0.26	3.66±0.23	0.63±0.05	0.23±0.08	8.1±1.99

DM= dry matter; EE= ether extract; FL100= 100 % of the previously observed daily feed intake (podfi); FL80= 80 % of the podfi; FL60= 60 % of the podfi.

abc For any given organ, within columns, different superscripts indicate differences ($P<0.05$).

xyz For any given organ within columns, different superscripts indicate differences ($P<0.01$).

Análisis químicos

La composición química de las muestras, mostró que hígado, corazón, riñón, duodeno y el contenido retículo-ruminal, fueron afectados por la RA (Cuadros 3,4). En hígado se encontró mayor concentración de ADN (mg g⁻¹ de tejido) a medida que se incrementaba la severidad de RA, lo que provocó que las relaciones ARN:ADN y proteína:ADN fueran mayores en el grupo testigo, comparados con los grupos con RA. En corazón se encontró menor cantidad de ADN y EE (mg g⁻¹ de tejido) y MS total en los animales restringidos; debido a la dimensión de la pérdida de MS, es muy probable que tal reducción se deba no sólo a la pérdida de EE, sino también a la de proteína muscular; por otro lado al estar formado éste por células poli nucleadas, el tener más ADN no necesariamente nos hace pensar en que tiene mayor número de células. En riñón, aunque su peso no se mostró afectado por la RA, el análisis químico indica que las células renales de las restringidas tienen menor MS, lo que probablemente se deba a una utilización moderada de proteína. En duodeno, semejante a lo ocurrido en hígado, se encontró una menor relación de proteína:ADN en los restringidos, lo que hace pensar que de las tres porciones que integran el intestino delgado, éste resulta ser el más afectado por la RA. Finalmente, los animales restringidos tuvieron menos MS en el contenido ruminal en comparación con los testigos.

En general, los resultados de hígado coinciden con los de otros autores⁽²⁴⁾, que al estudiar el comportamiento de los ácidos nucleicos en novillos restringidos en el suministro de alimento, determinaron que la reducción en el tamaño del hígado se debió principalmente a una reducción en el tamaño celular (proteína:ADN), con pequeños cambios en el número de células (ADN. En cuanto a la concentración de ARN encontraron que se relacionaba directamente con el peso total del hígado, indicando que es un buen indicador de la capacidad de síntesis de proteína, ya que normalmente el 80 % del total de ARN es ribosomal.

En intestino, la relación proteína:ADN no se redujo en los restringidos, pero sí la concentración total de ADN, lo cual sugiere que la reducción encontrada

Cuadro 4. Efecto del nivel de alimentación sobre el contenido total de materia seca y proteína de algunos componentes corporales (g)

Table 4. Effect of feeding level of goats on the total dry matter and protein contained in various organs (g)

Item	Treatment		
	FL100	FL80	FL60
	Dry matter		
Liver	161.12 ± 11.77	134.51 ± 10.89	124.23 ± 10.19
Heart	53.23 ± 2.88 ^x	42.87 ± 2.67 ^{xy}	40.53 ± 2.50 ^y
Kidney	15.4 ± 0.76 ^x	12.2 ± 0.70 ^y	11.7 ± 0.65 ^y
Rumen contents	853.5 ± 71.19 ^x	703.5 ± 65.91 ^{xy}	587.3 ± 61.65 ^y
	Protein		
Liver	110.6 ± 12.85	86.3 ± 10.51	84.1 ± 9.80
Heart	22.4 ± 3.44	14.1 ± 3.18	16.3 ± 2.98
Kidney	9.8 ± 0.62 ^x	6.9 ± 0.57 ^y	7.0 ± 0.53 ^y

FL100= 100 % of the previously observed daily feed intake (podfi); FL80= 80 % of the podfi; FL60= 60 % of the podfi.

^{xy} Within rows, different superscripts indicate significant differences (*P*<0.01).

For the kidneys, although their weight was not affected by the feed restriction, the chemical analysis showed a lower DM content in the restricted animals, which could mean a moderate use of the tissue protein. In the duodenum, similarly to what was observed in the liver, a lower protein:DNA ratio was found in the restricted animals, which suggests that this portion is more labile than the other two. Finally, the restricted animals had less DM in the rumen contents than the control group.

The liver results are in agreement with those of other authors⁽²⁴⁾, who studied the nucleic acids in feed-restricted steers and concluded that the reduction in liver mass was due to a decreased cellular mass (protein:DNA ratio), with small changes in the number of cells (DNA). The RNA concentration was found to be directly related to the total weight of the liver and, because 80 % of the RNA is ribosomal, this is thought to be a good indicator of the liver's capability for protein synthesis. In the gut, the protein:DNA ratio was not decreased, but the total DNA concentration was, which probably indicates that the decreased weight of the organ was due to a reduction in cell numbers.

en el peso del intestino se debió a una reducción en el número celular.

Al estudiar la concentración de componentes tisulares en ratas, otros autores⁽⁶⁾, señalan que al comparar animales ayunados 72 h con testigos, los primeros mostraron menor ARN (mg g⁻¹ de tejido) y más alto ADN en hígado, riñón e intestinos, y reducción de ARN y masa proteica en intestino; lo que derivó en la menor relación de ARN:ADN y proteína:ADN en hígado, estómago y duodeno de las ratas en ayuno. Al hacer estas determinaciones en hígado de cabras subalimentadas por 36 semanas, se encontró disminución en la proteína, incremento en ADN, que resultó en decremento de las relaciones ARN:ADN y proteína:ADN. Se sugiere que la privación de nutrimentos reduce la concentración de ARN y proteínas de las vísceras debido a disminución del tamaño celular y la síntesis de proteína, como fue previamente sugerido⁽⁸⁾.

Canales

Aunque el NA no tiene efecto sobre el peso o el rendimiento en canal, al hacer la separación de los

Studying tissue components in rats, other authors⁽⁶⁾ compared animals after a 72-h fast with control animals that had been fed *ad libitum*. The former showed a decreased concentration of RNA (mg g⁻¹ of tissue) and a higher DNA level in liver, kidneys, and intestines, as well as a reduction in RNA and protein in the gut, causing lower RNA:DNA and protein:DNA ratios in the liver, stomach, and duodenum of the fasted rats. In our underfed goats, there was a reduction in liver protein content and an increase in the amount of DNA, which caused decreased RNA:DNA and protein:DNA ratios. Our results suggest that undernutrition causes a decrease in the concentrations of RNA and protein in the viscerae due to an apparent reduction in cell size and protein synthesis, as has been previously hypothesized⁽⁸⁾.

Carcass

Although the feeding level had no effect on the carcass weight or yield, there were significant differences between treatments in the proportions of bone and soft tissue (Table 5). The dissectable

Cuadro 5. Efecto del nivel de alimentación sobre algunos componentes de la canal

Table 5. Effect of feeding level of goats on various carcass components

Item	Treatment		
	FL100	FL80	FL60
Carcass, kg	19.5 ± 1.06	17.0 ± 0.98	16.8 ± 0.92
Carcass, %	39.7 ± 0.90	39.7 ± 0.83	40.3 ± 0.78
Right half, kg	7.1 ± 0.45	6.1 ± 0.41	6.2 ± 0.39
Right half, %	14.5 ± 0.49	14.3 ± 0.45	14.8 ± 0.42
Components of right half:*			
Bone, kg	1.4 ± 0.06	1.4 ± 0.06	1.5 ± 0.05
Bone, %	19.3 ± 1.16 ^b	22.8 ± 1.07 ^b	24.2 ± 1.00 ^a
Soft tissue, kg	5.8 ± 0.40	4.7 ± 0.37	4.7 ± 0.35
Soft tissue, %	80.7 ± 1.16 ^a	77.2 ± 1.07 ^b	75.8 ± 1.00 ^b
Chemical composition:			
Dry matter, mg g ⁻¹	308.4 ± 15.57	299.6 ± 14.41	295.1 ± 13.48
Protein, mg g ⁻¹	180.7 ± 9.65	176.1 ± 8.94	184.7 ± 8.36
Ether extract, mg g ⁻¹	44.1 ± 5.51 ^a	27.5 ± 5.10 ^b	21.2 ± 4.77 ^b

FL100= 100 % of the previously observed daily feed intake (podfi); FL80= 80 % of the podfi; FL60= 60 % of the podfi.

* Vertebrae were not included in the right half of the carcass.

^{ab} Within rows, different superscripts indicate differences ($P < 0.05$).

componentes de la mitad derecha de ésta (Cuadro 5), se notan diferencias significativas en la proporción de hueso y tejido disectable. Las subalimentadas presentan mayor proporción de hueso y menor de tejido disectable que las testigo.

Las cabras subalimentadas mostraron mayores proporciones de hueso y niveles menores de tejidos blandos (especialmente músculo esquelético), estos últimos pudieron ser empleados activamente como fuentes de energía y nitrógeno metabólicos. Anteriormente nuestro grupo informó de menores rendimientos en canal después de 36 semanas de restricción, tuvieron menores rendimientos en canal que aquéllas subalimentadas por 18 semanas⁽¹³⁾.

Otros autores⁽²⁵⁾ informan que en novillos, el peso de la canal caliente se redujo linealmente ($P < 0.04$) por la RA de 10 y 20 %, comparándolos con controles a libertad. Lo mismo sucede en corderos después de siete semanas de restricción de energía o proteína⁽²⁶⁾.

El tejido disectable de los restringidos presentó menor cantidad de EE (Cuadro 5), observación similar a otros trabajos⁽²¹⁾ donde concluyeron que cuatro meses de RA provocaba menor proporción de grasa y mayor de hueso en vaquillas; con novillos⁽²⁵⁾ indican que la grasa contenida en la canal se reduce, mientras la proteína y el agua se incrementan como resultado de la reducción en el consumo de alimento durante 168 días. Finalmente nuestro grupo⁽⁶⁾ mostró que el contenido de EE del músculo esquelético también se redujo por afecto de una RA de 36 semanas. Todo lo anterior hace suponer que la grasa intramuscular es de los primeros depósitos en ser empleados como fuente energética en animales restringidos. En ese sentido Fattet *et al*⁽²⁷⁾ informan que la pobre utilización de la EM y el aparente efecto substitutivo de la proteína suplementaria, podría ser explicada bajo el supuesto que el metabolismo energético basal es dependiente de la ingestión de energía y, que una deficiencia proteica sería causa de una mayor pérdida de energía para el animal. Si uno o ambos supuestos fueran ciertos, entonces la totalidad del concepto de que el metabolismo en ayuno como base de los sistemas de alimentación se podría cuestionar, dado que el

soft tissues of the restricted goats contained less ether extract. Underfed goats had higher proportions of bone and lower amounts of soft tissue (especially skeletal muscle); the latter may have been actively used as a source of metabolic fuel and nitrogen. Earlier, our group⁽¹³⁾ reported smaller carcass yields in goats following a 36-wk restriction compared with those restricted for 18 wk. Other authors⁽²⁵⁾ reported similar results with steers; the carcass weights linearly decreasing ($P < 0.04$) when feed was restricted from 0% to 10% to 20%. Similar observations were made with sheep after 7 wk of restriction of energy or protein⁽²⁶⁾.

The dissectable soft tissues of the restricted goats contained less ether extract (Table 5); a similar observation was reported by some authors⁽²¹⁾ working with feed-restricted heifers over 4 mo; in addition, others⁽²⁵⁾ observed that restricting the feed intake for 168 d in steers resulted in a decrease in fat, while protein and water were inverted; finally, we⁽⁸⁾ showed that the fat content of the skeletal muscle is reduced in goats underfed for 36 wk. It would appear that the intramuscular fat is among the first depots to be used as an energy source in feed-restricted animals. In that sense Fattet *et al*⁽²⁷⁾ reported the poor utilization of ME and the apparent energy sparing effect of supplemental protein, could be explained assuming that basal energy metabolism is dependent upon energy intake and, that protein deficiency may incur in the animal's greater energy costs. If either or both of these assumptions are true, then the whole concept of the use of fasting metabolism as the basis of a feeding system is called into question, for the fasting animal, as well as mobilizing body energy reserves, is also grossly protein deficient. It has been reported that, supplementation with protein when animals are in negative energy balance would result in the accretion of body protein and the depletion of body fat. Mature or young animal can be expected to utilize supplementary protein very effectively to offset endogenous losses, and those results could explain the ones reported here.

Adipose tissue

The feed-restricted goats had less dissectable and kidney adipose tissue than the control group (Table

Cuadro 6. Efecto del nivel de alimentación sobre algunos componentes del tejido adiposo

Table 6. Effect of feeding level of goats on the components of adipose tissue

Item	Treatment		
	FL100	FL80	FL60
Dissectable fat, kg	3.8 ± 0.40 ^x	2.5 ± 0.37 ^y	1.9 ± 0.35 ^y
Dissectable fat, %	7.8 ± 0.83 ^a	5.8 ± 0.77 ^{ab}	4.5 ± 0.72 ^b
Kidney fat, g	281.6 ± 35.11 ^x	116.1 ± 32.51 ^y	98.9 ± 30.41 ^y
Kidney fat, %	0.6 ± 0.07 ^x	0.3 ± 0.07 ^y	0.2 ± 0.07 ^y
Kidney fat DNA, mg g ⁻¹	0.17 ± 0.04 ^y	0.25 ± 0.04 ^{xy}	0.34 ± 0.04 ^x
Subcutaneous fat DNA, mg g ⁻¹	0.28 ± 0.11	0.40 ± 0.10	0.50 ± 0.09

FL100= 100 % of the previously observed daily feed intake (podfi); FL80= 80 % of the podfi; FL60= 60 % of the podfi.

^{ab} Within rows, different superscripts indicate significant differences ($P < 0.05$).

^{xy} Within rows, different superscripts indicate significant differences ($P < 0.01$).

animal en ayuno, de la misma manera que moviliza reservas corporales de energía, se vuelve también deficiente en proteína.

Se ha informado que la suplementación proteica en animales en balance energético negativo resultaría en la acumulación de proteína y depleción de grasa corporal, respectivamente. Se puede esperar que animales maduros o jóvenes utilicen muy eficientemente la proteína suplementaria para contrarrestar pérdidas endógenas, y esos resultados podrían explicar los aquí mostrados.

Tejido adiposo

Los animales restringidos tuvieron menor cantidad de grasa disectable y de grasa peri-renal que los animales del tratamiento testigo (Cuadro 6). Las cabras restringidas presentaron mayor cantidad (mg g⁻¹ de tejido) de ADN en riñón y tejido adiposo subcutáneo, siendo el primero estadísticamente significativo ($P < 0.01$), lo que hace suponer que los adipocitos reducen su tamaño por efecto de la RA. Otros autores⁽²⁸⁾ en estudios sobre la variación de la actividad de la lipoproteína lipasa (LLP) en tejido adiposo blanco de ratas, durante un ayuno de tres días, informan que los adipocitos disminuyen de tamaño, lo mismo que la actividad de la LLP, con la realimentación a libertad. La actividad de la LLP retornó a valores normales en cuatro días y posteriormente en siete días el adipocito regresó a su tamaño inicial.

6). The restricted animals had more DNA (mg g⁻¹ tissue) in the kidney and subcutaneous adipose tissue, the former being statistically significant ($P < 0.01$). The results suggest that feed restriction causes a reduction in the size of the adipocytes. Other authors⁽²⁸⁾ studied the effects of a 3-d feed depletion on the activity of lipoprotein lipase (LPL) in the white adipose tissue of rats and observed a reduction in both their size and LPL activity. Repletion to *ad libitum* levels caused enzyme activity to return to normal levels in 4 d and cell size to return to normal in 7 d.

As for the adipose tissue fatty acid profiles, the only effects of the feed restriction in the kidney adipose tissue was a significant increase in C16:1 (Table 7). In the subcutaneous fat, the more severe restriction caused increases in the C16:1 ($P < 0.05$), C18:1, and total unsaturated fatty acids and a decrease in the total saturated fatty acids ($P < 0.01$).

Our results differ from those reported in the literature because other researchers either failed to take into account the short-chain fatty acids⁽²⁹⁾ or sampled other sources of fat tissue^(29,30,31).

Adaptive changes may be regulated, in part, by the activity of D⁹ desaturase (esteroil-CoA desaturase), an enzyme found in the tissues where the *de novo* fatty acid synthesis takes place; the enzyme being responsible for the introduction of the D⁹ double

En cuanto al perfil de los ácidos grasos contenidos en el tejido adiposo, el único afectado por la RA más severa fue el C16:1 renal ($P < 0.05$) (Cuadro 7). Sin embargo, en el TAS el C16:1, C18:1 y AGI se encuentran en mayor proporción con un decremento en los ácidos grasos saturados totales, en los animales más restringidos ($P < 0.01$). Los resultados obtenidos parecen ser muy diferentes a los de otras investigaciones, debido a que anteriormente, aún conociendo la gran importancia de los ácidos grasos de cadena corta⁽²⁹⁾, no se había incluido su cuantificación en forma completa o muestreado otro tipo de tejido adiposo^(29,30,31).

Los cambios adaptativos pueden ser regulados, en parte, por la actividad de la D⁹ desaturasa (esteroil-CoA desaturasa), una enzima presente en los tejidos donde tiene lugar la síntesis *de novo* de ácidos grasos, siendo la enzima responsable de la introducción de dobles D⁹ en los ácidos grasos

bonds in the C16 and C18 fatty acids^(31,32). Moreover, it has been demonstrated that the presence of the enzyme is strongly correlated with the amount of C18:1 in the fat depots of the carcass and the epicardium, but not in those of the omentum and the kidneys^(32,33).

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Adult goats have the ability to adapt to a prolonged feed restriction, using the fuel depots contained in several tissues, particularly adipose tissue, as an energy source and muscles and various organs as sources of both energy and protein; the reduction in organ mass also contributes to the adaptation process. It should be emphasized that the initial body condition score, and therefore the potential metabolic fuel resources available, would be the main determinant of the time that the animals are able to support the restricted conditions.

Cuadro 7. Efecto del nivel de alimentación sobre el perfil de ácidos grasos en tejido adiposo pero-renal y subcutáneo (esternal) (%)

Table 7. Effect of feeding level of goats on the fatty acid profile of their kidney and subcutaneous adipose tissue (%)

	Kidney adipose tissue			Subcutaneous adipose tissue		
	FL100	FL80	FL60	FL100	FL80	FL60
Fatty acids:						
C6	30.8 ± 6.60	29.0 ± 6.10	36.0 ± 5.70	34.2 ± 4.50	28.0 ± 4.60	37.8 ± 4.30
C8	15.9 ± 2.30	18.1 ± 2.10	13.4 ± 2.00	14.3 ± 2.10	17.3 ± 1.90	17.1 ± 1.80
C10	45.2 ± 5.10	44.7 ± 4.70	39.8 ± 4.40	42.2 ± 4.40	46.7 ± 4.00	34.5 ± 3.80
C12	1.7 ± 0.31	1.5 ± 0.28	2.0 ± 0.26	2.4 ± 0.44	1.5 ± 0.40	1.6 ± 0.38
C14+C22:4	2.2 ± 0.44	2.3 ± 0.40	1.9 ± 0.38	2.6 ± 0.42	2.16 ± 0.39	2.3 ± 0.36
C16	0.8 ± 0.44	0.6 ± 0.40	1.3 ± 0.38	1.3 ± 0.24	1.0 ± 0.22	1.0 ± 0.21
C16:1	0.4 ± 0.21 ^y	0.5 ± 0.19 ^y	0.9 ± 0.18 ^x	0.3 ± 0.15 ^b	0.4 ± 0.14 ^b	0.8 ± 0.13 ^a
C18	0.0 ± 0.08	0.0 ± 0.07	0.1 ± 0.07	0.0 ± 0.02	0.0 ± 0.02	0.0 ± 0.01
C18:1	1.0 ± 0.28	1.4 ± 0.26	1.3 ± 0.24	0.7 ± 0.68 ^y	1.0 ± 0.63 ^{xy}	2.3 ± 0.58 ^x
C18:2	1.3 ± 0.35	1.3 ± 0.32	1.8 ± 0.30	1.4 ± 0.24	1.4 ± 0.22	1.9 ± 0.21
C18:3	0.6 ± 0.14	0.5 ± 0.13	0.7 ± 0.12	0.4 ± 0.13	0.6 ± 0.12	0.5 ± 0.11
C20	0.8 ± 0.46	0.0 ± 0.42	0.9 ± 0.40	0.1 ± 0.10	0.0 ± 0.09	0.2 ± 0.09
Total saturated	96.7 ± 0.80	96.3 ± 0.73	95.4 ± 0.69	97.2 ± 1.01 ^x	96.7 ± 0.93 ^x	94.5 ± 0.87 ^y
Total unsaturated	3.3 ± 0.80	3.7 ± 0.73	4.6 ± 0.69	2.8 ± 1.01 ^y	3.3 ± 0.93 ^y	5.5 ± 0.87 ^x

FL100= 100 % of the previously observed daily feed intake (podfi); FL80= 80 % of the podfi; FL60= 60 % of the podfi.

^{ab} Within rows, different superscripts indicate differences ($P < 0.05$).

^{xy} Within rows, different superscripts indicate differences ($P < 0.01$).

C16 y C18^(31,32). Además se ha demostrado que la presencia de la enzima está altamente correlacionada con la cantidad de C18:1 en los depósitos grasos de la canal y del epicardio, pero no en los de omento y riñones^(32,33).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Las cabras adultas tienen la capacidad de adaptarse a una restricción alimenticia prolongada, haciendo uso de combustibles metabólicos de diferentes tejidos; principalmente adiposo, como fuente de energía, y músculo esquelético y órganos viscerales metabólicamente activos como fuente de energía y aminoácidos, sin olvidar que con la reducción de éstos órganos se disminuyen los requerimientos de energía, lo que contribuye a la adaptación de estos animales a una reducción en el aporte de nutrimentos. Sin embargo, cabe aclarar que la CC inicial y por lo tanto la cantidad potencial de combustibles metabólicos disponibles, serán el principal factor para determinar el tiempo que estos animales soportarán dichas condiciones.

AGRADECIMIENTOS

Esto es parte de la tesis presentada por M. Gómez-Pastén, como requisito parcial para la obtención de grado de Doctor en Ciencias de la UNAM. Se realizó con apoyos de: Sistema de Investigación Miguel Hidalgo-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Proyecto ALIM-11/96); Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica-Dirección General de Asuntos del Personal Académico-UNAM (Exp.IN210396)

LITERATURA CITADA

1. Berg R, Butterfield R. New concepts of cattle growth. New York: John Wiley and Sons; 1976.
2. Birkelo C, Johnson D, Phetteplace H. Maintenance requirements of beef cattle as affected by season on different planes of nutrition. *J Anim Sci* 1991;69:1214-1222.
3. Aziz N, Murray D, Bell R. The effect of live weight gain and live weight loss on body composition of Merino wethers:

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was part of the thesis presented by the senior author as a partial requirement towards a Doctorate degree at the National University of Mexico. It was conducted with financial support from SIHGO-CONACYT (ALIM-11/96) and PAPIIT-UNAM (IN-210396). The corresponding author is grateful to the Department of Animal Science, University of Wageningen, The Netherlands, for the sabbatical fellowship granted to him and the access to its library and computer facilities to enable him to prepare the manuscript. Additional financial support from the Dirección General de Asuntos del Personal Académico-UNAM is also acknowledged. Revision of the English was by Ms. Nancy M. Boston.

End of english version

- dissected muscle, fat and bone. *J Anim Sci* 1992;70:1819-1828.
4. Freetly HC, Nienaber JA, Brown-Brandl T. Partitioning of energy in pregnant beef cows during nutritionally induced body weight fluctuation. *J Anim Sci* 2008;86:370-377.
5. Ledger H, Sayers A. The utilization of dietary energy by steers during periods of restricted food intake and subsequent realimentation. *J Agric Sci* 1977;88:11-26.
6. Ferrell CL, Koong L, Nieraber J. Effect of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. *Br J Nutr* 1986;56:595-605.
7. Burrin D, Britton R, Ferrell C. Visceral organ size and hepatocyte metabolic activity in fed and fasted rats. *J Nutr* 1988;118:1547-1552.
8. Gómez-Pastén M, Mora O, Pedraza-Chaverri J, Shimada A. The effect of a long term feed restriction on metabolism and tissue composition of goats. *J Agric Sci* 1999;132:227-232.
9. Moreno M, Martínez JA. El tejido adiposo: órgano de almacenamiento y órgano secretor. *ANALES Sistema San Navarra* 2002(25):29-39.
10. Cummins KA, Solaiman SG, Bergen WG. The effect of dietary copper supplementation on fatty acid profile and oxidative stability of adipose depots in Boer x Spanish goats. *J Anim Sci* 2008;86:390-396.
11. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Querétaro. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, 1986.
12. NRC. Nutrient Requirements of Goats. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 1982.
13. Mora O, Shimada A, Ruiz FJ. The effect of the length and severity of feed restriction on weight, carcass measurements and body composition of goats. *J Agric Sci* 1996;127:549-553.

EFFECTO DE UNA SUBALIMENTACIÓN PROLONGADA DE CABRAS ADULTAS

14. Santucci PM, Branca A, Napoleone M, Bouche R, Poisot F, Aumont G, Alexandre G. Body condition scoring of goats in extensive conditions. In: Goat nutrition. Morand-Fehr P. editor. Wageningen, The Netherlands: Pudoc Publ; 1991.
15. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA. 1990.
16. Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal Biochem* 1976;72:248-254.
17. Steel RG, Torrie JH. *Biostatística: Principios y procedimientos*. 2nd ed., Bogotá: McGraw-Hill; 1988.
18. SAS User's Guide: Statistics. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC. 1994.
19. Burrin D, Ferrell C, Britton R, Bauer M. Level of nutrition and visceral organ size and metabolic activity in sheep. *Br J Nutr* 1990;64:439-448.
20. Drouillard JS, Klopfestein TJ, Britton RA, Bauer ML, Gramlich SM, Wester TJ, Ferrell CL. Growth, body composition, and visceral organ mass and metabolism in lambs during and after metabolizable protein or net energy restrictions. *J Anim Sci* 1991;69:3357-3375.
21. Yambayamba E, Price M. Growth performance and carcass composition in beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. *Can J Anim Sci* 1991;71:1021-1029.
22. Atti N, Nozière P, Doreau M, Kayouli C, Bocquier F. Effects of underfeeding and refeeding on offals weight in the Barbary ewes. *Small Ruminant Res* 2000;38:37-43.
23. Kerr BJ. Considerations in the use of crystalline amino acids in swine diets [Ph.D. Thesis], Chicago, USA: Univ Illinois; 1988.
24. Sainz RD, Bentley BE. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refeed beef steers. *J Anim Sci* 1997;75:1229-1236.
25. Murphy TA, Loerch SC. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass characteristics, and composition. *J Anim Sci* 1994;72:2497-2507.
26. Wester TJ, Britton RA, Klopfeinstein TJ, Ham GA, Hickok DT, Krehbiel CR. Differential effects of plane of protein or energy nutrition on visceral organs and hormones in lambs. *J Anim Sci* 1995;73:1674-1688.
27. Fattet I, Deb F, Hovell D, Ørskov E, Kyle D, Pennie K, Smart R. Undernutrition in sheep. The effect of supplementation with protein on protein accretion. *British J Nutri* 1984;52:561-574.
28. Fried S, Hill J, Nickel M, DiGirolamo M. Prolonged effects of fasting-refeeding on rat adipose tissue lipoprotein lipase activity: influence of caloric restriction during refeeding. *J Nutr* 1983;113:1861-1869.
29. Bas P, Rouzeau A, Morand-Fehr P. Changes in the content of branched-chain fatty acids of the adipose tissue from different sites in growing goats. *Proc. 4th Int. Conf Goats, Beijing, China*. 1996.
30. Casey NH, Van Niekerk WA. Fatty acid composition of subcutaneous and kidney fat depots of Boer goats and the response to varying levels of maize meal. *S Afr J Anim Sci* 1985;15:60-62.
31. Banskalieva V, Saúl T, Goetsch AL. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Rum Res* 2000;37:255-268.
32. Beswick NS, Kennelly JJ. Influence of bovine growth hormone and growth hormone releasing factor on messenger RNA abundance of lipoprotein lipase and steroyl-CoA desaturase in the bovine mammary gland and adipose tissue. *J Anim Sci* 2000;78:412-419.
33. Barber MC, Ward RJ, Richards SE, Salter AM, Buttery PJ, Vernon RG, Travers M. Ovine adipose tissue monounsaturated fat content is correlated to depot-specific expression of the stearoyl-CoA desaturase gene. *J Anim Sci* 2000;78:62-68.