

# Composición corporal de corderos Pelibuey en función de la concentración energética de la dieta y del peso al sacrificio

## Body composition in Pelibuey lambs in terms of feed energy concentration and slaughter weight

José Armando Partida de la Peña\*    Leonel Martínez Rojas\*\*

---

### Abstract

With the aim to study the effects of dietary energy and the slaughter weight on the carcass yield and characteristics of Pelibuey male lambs, the regional structure and tissue composition of 32 half carcasses, as well as the deposition pattern of visceral fat and its unsaturated fatty acid degree was assessed. The animals were fed two diets containing the same amount of crude protein (14.1%), but different energy density, diet I (D-I): 2.60 and diet II (D-II): 2.85 Mcal ME/kg DM. Lambs were slaughtered at 30, 37, 44 and 51 kg body weight. The data were analyzed on a completely randomized design with a factorial  $2 \times 4$  arrangement. The commercial yield (%) differed ( $P \leq 0.05$ ) between diets (DI: 46.2 and D-II: 49.3) and between slaughter weights, increasing as the body weight increased. Neither diet nor the slaughter weight affected the carcass cuts; the piece that represented the highest percentage was the thorax (32.3%), followed by the leg (31.2%), shoulder (17.6%), abdomen (12.3%) and neck (6.7%). The D-II resulted in greater proportion of muscle (65.9%) than the DI (64.7%): as the slaughter weight increased so the fat did at the expense of bone and muscle. The energy density of the diet led to differences ( $P \leq 0.05$ ) in the amount of visceral fat (D-I:  $5.8 \pm 0.7$  and D-II  $7.0 \pm 0.8$ ), in the degree of unsaturated fatty acids (D-I:  $39.2 \pm 2.6$  and D-II:  $44.9 \pm 2.8$ ) and its deposition pattern (D-I:  $51.7 \pm 0.9$ ;  $48.3 \pm 0.6$  and D-II:  $46.7 \pm 0.6$ ;  $53.3 \pm 0.8$ , respective percentages to carcass and viscera).

**Key words:** BODY COMPOSITION, ALLOMETRY, PELIBUEY LAMBS, CARCASS, FEED ENERGY, SLAUGHTER WEIGHT.

### Resumen

Con el propósito de estudiar los efectos del nivel energético de la dieta y del peso al sacrificio sobre las características de la canal de corderos Pelibuey, se evaluó la estructura regional y la composición tisular de 32 medias canales, así como el patrón de acumulación de la grasa visceral y su grado de insaturación. Los animales fueron alimentados con dos dietas isoproteínicas (14.1% PC) de diferente densidad energética, dieta I (D-I): 2.60 y dieta II (D-II): 2.85 Mcal de EM/kg MS. Los corderos se sacrificaron a los 30, 37, 44 y 51 kg de peso corporal. Los datos obtenidos se analizaron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 4$ . El rendimiento comercial en canal (%) difirió ( $P \leq 0.05$ ) entre dietas (D-I: 46.2 y D-II: 49.3) y entre pesos al sacrificio, incrementándose conforme se elevó el peso vivo. Ni la dieta ni el peso al sacrificio afectaron los cortes de la canal; la pieza que representó el mayor porcentaje fue el tórax (32.3%), seguido de la pierna (31.2%), espaldilla (17.6%), abdomen (12.3%) y cuello (6.7%). La D-II originó mayor proporción de músculo (65.9%) que la D-I (64.7%), al incrementarse el peso al sacrificio se elevó la cantidad de grasa a costa de una reducción del hueso y músculo. La densidad energética de la dieta propició diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en la cantidad de grasa visceral (D-I:  $5.8 \pm 0.7$  y D-II:  $7.0 \pm 0.8$ ), en el grado de insaturación (D-I:  $39.2 \pm 2.6$  y D-II:  $44.9 \pm 2.8$ ) y en su patrón de depósito (D-I:  $51.7 \pm 0.9$ ;  $48.3 \pm 0.6$  y D-II:  $46.7 \pm 0.6$ ;  $53.3 \pm 0.8$ , porcentajes respectivos para la canal y las vísceras).

**Palabras clave:** COMPOSICIÓN CORPORAL, ALOMETRÍA, PELIBUEY, CANAL, ENERGÍA EN DIETA, PESO AL SACRIFICIO.

---

Recibido el 11 de agosto de 2009 y aceptado el 26 de mayo de 2010.

\*Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, km 1, Carretera a Colón, 76280, Ajuchitlán, Querétaro, México, Correo electrónico: partida.jose@inifap.gob.mx Teléfono: (419) 2 92 00 36, extensión 109, Fax (419) 2 92 00 36, extensión 102.

\*\*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas, 50090, Toluca, Estado de México, México, Teléfono: (722) 2 96 55 42.

## Introduction

The latest official numbers available in Mexico (2008) show that the country's sheep population reached about 7.7 million heads.<sup>1</sup> It is not known with certainty what rate of those animals belongs to the hair breeds, but this type of ovine (sheep) has significantly increased its participation in the national herd.<sup>2</sup> In this study, the Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) strengthens this theory, indicating that hair ovine make up 78% of recorded animals.<sup>3</sup>

Although in recent years breeders have introduced Dorper, Katahdin and Saint Croix sheep breeds to the country, Pelibuey sheep breed continue to be the most representative hair genotype, and has made an important contribution to the persistence of Mexican sheep raising, among other reasons, due to its good (prolificacy), short breeding (anoestrus) season, high capacity to adapt to diverse environmental conditions and resistance to parasitic diseases.<sup>2,4</sup>

To date, these Pelibuey breed qualities have been used in extensive production grazing systems<sup>5,6</sup> but more information about performance and meat productivity of these type of animals in intensive stabulation (indoor) conditions is necessary, mainly in central Mexico, where there are many resources available regarding food production and easy access to those regions of the country where sheep meat is consumed in great amounts.

Based on the above mentioned information, this work has the aim to evaluate the effects of dietary energy concentration and slaughter weight on carcass traits, on the deposition pattern of visceral fat and on its unsaturated fatty acid degree.

## Material and methods

The study was carried out in the Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología, of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Palo Alto, Ciudad de México. Thirty two Pelibuey ram lambs with an initial weight of  $20.8 \pm 2.9$  kg and an average age of 120 days were randomly divided in two groups and housed in pens with cement floor, provided with feeder, water trough and shade. The study lasted 175 days. During this time, each group received one out of two diets prepared with the same quantity of raw protein (14.1%), but with different energy content: diet I (D-I) contained 2.6 Mcal of metabolized energy (ME)/kg of dry matter (DM); and diet II (D-II) contributed 2.85 Mcal ME/kg DM (Table 1). Feed and water was administered *ad libitum*.

## Introducción

Las más recientes cifras oficiales disponibles en México indican que la población ovina del país alcanzó en 2008, alrededor de 7.7 millones de cabezas.<sup>1</sup> No se sabe con certeza qué proporción de esos animales pertenece a razas de pelo, pero se observa que este tipo de ovinos ha incrementado significativamente su participación en el rebaño nacional.<sup>2</sup> En este sentido, la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) refuerza esta teoría, indicando que los ovinos de pelo conforman 78% de la totalidad de los animales que tiene registrados.<sup>3</sup>

A pesar de que en años recientes se han introducido al país reproductores de las razas Dorper, Katahdin y Saint Croix, los ovinos Pelibuey continúan siendo los de mayor representatividad en los genotipos de pelo y han contribuido de manera importante en la persistencia de la ovinocultura mexicana, entre otros aspectos, por su buena prolificidad, baja estacionalidad reproductiva, alta capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y resistencia a las afecciones parasitarias.<sup>2,4</sup>

Actualmente estas cualidades de la raza Pelibuey se aprovechan en sistemas de producción extensiva bajo pastoreo,<sup>5,6</sup> pero se requiere contar con mayor información sobre el desempeño y la productividad cárnica de este tipo de animales en condiciones de estabulación intensiva, especialmente en la zona central de México, donde se cuenta con amplia disponibilidad de recursos para la elaboración de alimentos y se tiene fácil acceso a los lugares de mayor consumo de carne ovina en el país.

Con base en estos antecedentes, este trabajo tiene como objetivo evaluar los efectos de la concentración energética de la dieta y del peso al sacrificio sobre las características de la canal, en el patrón de acumulación del tejido lipídico corporal y sobre el grado de insaturación de la grasa visceral.

## Material y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Palo Alto, Ciudad de México. Se emplearon 32 corderos Pelibuey enteros con peso inicial de  $20.8 \pm 2.9$  kg y edad promedio de 120 días, que fueron divididos al azar en dos grupos y alojados en corrales con piso de cemento, provistos con comedero, bebedero y sombra. El estudio duró 175 días, durante éstos se suministró a cada grupo de animales una de dos dietas elaboradas con la misma cantidad de proteína cruda (14.1%), pero con diferente contenido de energía, la dieta I (D-I)

Reaching the established slaughter weights (30, 37, 44 and 51 kg), four animals per treatment were chosen and, after an 18 hours fasting, they were euthanized, skinned, and eviscerated according to the established commercial procedures. The full and empty digestive compartments (rumen, reticulum, omasum, abomasum, and small and large intestines) were weighed to determine the empty live weight and the actual carcass yield (hot carcass weight between the empty live weight multiplied by 100). After weighing the carcass -including kidneys and perirenal (kidney) fat-, the commercial yield was calculated (carcass weight between slaughter weight multiplied by 100); then, it was divided in two equal parts along the spine. Kidney fat and kidneys were removed and left carcass halves were refrigerated at  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$  during 24 h.

Subsequently, neck, thorax, abdomen, shoulder and leg (Figure 1) were cut off using a method similar to the one described by Colomer *et al.*,<sup>7</sup> and each piece was weighed. Likewise, each piece (joint) was dissected, separating and weighing the muscle, fat, and bone. Blood vessels were considered as part of the muscle tissue, while cartilage was considered as part of the bone tissue.

Kidney fat, mesenteric and omental fat were removed and weighed. Then, a sample of approximately 150 g was taken from each one and was analyzed using the Hanus<sup>8</sup> method, in order to determine the iodine index and obtain its unsaturated degree.

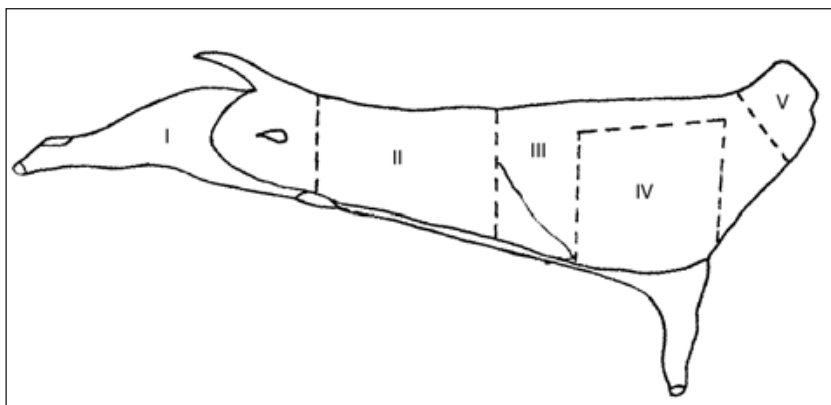
contenía 2.6 Mcal de energía metabolizable (EM)/kg de materia seca (MS) y la dieta II (D-II) aportó 2.85 Mcal EM/kg MS (Cuadro 1). El alimento se ofreció a voluntad, al igual que el agua de bebida.

Al llegar a los pesos establecidos para la matanza (30, 37, 44 y 51 kg), se eligieron cuatro animales de cada tratamiento, que después de un ayuno de 18 h fueron sacrificados, desollados y eviscerados de acuerdo con los procedimientos comerciales establecidos. Se pesaron los compartimientos digestivos (rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grueso) llenos y vacíos para determinar el peso vivo vacío y el rendimiento verdadero en canal (peso de la canal caliente entre el peso vivo vacío por 100). Después de pesar la canal, que incluyó riñones y grasa perirrenal, se calculó el rendimiento comercial (peso de la canal entre el peso al sacrificio por 100); a continuación se dividió en dos partes iguales, y se cortó aquella a lo largo de la columna vertebral. Se separó la grasa perirrenal y los riñones, y se refrigeraron las medias canales izquierdas a  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 h.

Posteriormente se seccionaron, por medio de un método similar al descrito por Colomer *et al.*,<sup>7</sup> el cuello, el tórax, el abdomen, la espaldilla y la pierna (Figura 1), y se pesó cada una de esas partes. Además, cada pieza fue disecada, separando y pesando el músculo, la grasa y el hueso que las constituía. Los vasos sanguíneos se consideraron como parte del tejido muscular y el cartílago como parte del tejido óseo.

**Cuadro 1**  
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES  
EXPERIMENTAL DIET COMPOSITION

| Component                       | Diet |      |
|---------------------------------|------|------|
|                                 | D-I  | D-II |
| <i>Ingredient (%):</i>          |      |      |
| Sorgum (grain)                  | 27   | 53   |
| Soy meal                        | 7    | 8    |
| Alfalfa hay                     | 33   | 22   |
| Corn silage                     | 23   | 7    |
| Molasses                        | 10   | 10   |
| Total:                          | 100  | 100  |
| <i>Calculated analyses:</i>     |      |      |
| Dry matter (%)                  | 87.0 | 90.3 |
| Crude protein (%)               | 14.1 | 14.1 |
| Crude fiber (%)                 | 19.7 | 11.3 |
| Metabolized fiber (Mcal/kg DM)  | 2.60 | 2.85 |
| <i>Determined analyses (%):</i> |      |      |
| Dry matter                      | 89.7 | 90.3 |
| Crude protein                   | 14.9 | 14.8 |
| Crude fiber                     | 20.6 | 12.1 |



**Figura 1.** Regiones anatómicas de la canal. I: Pierna. II: Abdomen. III: Tórax. IV: Espaldilla. V: Cuello.

**Figure 1.** Anatomical regions of the carcass. I: Leg. II: Abdomen. III: Thorax. IV: Shoulder. V: Neck.

The allometric growth of the carcass pieces (leg, abdomen, thorax, shoulder and neck) and the tissue components (muscle, bone and fat) was determined using the logarithmic transformation ( $\log y = \log a + b \log x$ ) of Huxley's exponential equation ( $y = ax^b$ )<sup>9</sup> as regards the weight of the left half carcass.

The linear model used was the following:

$$\log y_{ij} = \log a + b_i \log x_{ij} + \log e_{ij}$$

where:

$y_{ij}$  = carcass piece weight or carcass tissue component.

$a$  = logarithm interception of linear regression between

$y_{ij}$ .

$b_i$  = relative growth coefficient or allometric coefficient of each carcass piece and tissue components.

$x_{ij}$  = left half carcass weight.

$e_{ij}$  = random error.

The allometry coefficients were compared using the respective confidence intervals with a significant level of  $P \leq 0.05$ .

For data analysis, a totally random design with a  $2 \times 4$  factorial arrangement<sup>10</sup> was used; the factors were two metabolized energy levels in feed (2.60 and 2.85 Mcal of ME/kg DM for diets I and II, respectively) and four slaughter weights (30, 37, 44 and 51 kg), with four replicates per treatment. The data obtained were analyzed using the GLM procedure of the SAS 9.1.3 statistical pack.<sup>11</sup>

## Results

No interaction effect between factors was detected; therefore, the results are shown based on the main effects (dietary energy level and slaughter weight).

### Weight and yield of carcass

As a consequence of the diet, significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were observed in the weight of carcasses;

Se retiraron y pesaron la grasa perirrenal, mesentérica y omental. Después se tomó una muestra de 150 g, aproximadamente, de cada una de ellas y se analizó mediante el método de Hanus<sup>8</sup> para determinar el índice de yodo y conocer su grado de insaturación.

Se determinó el crecimiento alométrico de las piezas de la canal (pierna, abdomen, tórax, espaldilla y cuello) y de los componentes tisulares (músculo, hueso y grasa), empleando la transformación logarítmica ( $\log y = \log a + b \log x$ ) de la ecuación exponencial de Huxley ( $y = ax^b$ )<sup>9</sup> en relación con el peso de la media canal izquierda.

El modelo lineal empleado fue el siguiente:

$$\log y_{ij} = \log a + b_i \log x_{ij} + \log e_{ij}$$

en donde:

$y_{ij}$  = peso de la pieza de la canal o del componente tisular de la canal.

$a$  = intercepción del logaritmo de la regresión lineal sobre  $y_{ij}$ .

$b_i$  = coeficiente de crecimiento relativo o coeficiente de alometría de cada pieza de la canal y de sus componentes tisulares.

$x_{ij}$  = peso de la media canal izquierda.

$e_{ij}$  = error aleatorio.

Los coeficientes de alometría se compararon usando los respectivos intervalos de confianza con un nivel de significación de  $P \leq 0.05$ .

Para el análisis de los datos se empleó un diseño totalmente al azar, con arreglo factorial  $2 \times 4$ ,<sup>10</sup> los factores fueron dos niveles de energía metabolizable en el alimento (2.60 y 2.85 Mcal de EM/kg de MS para las dietas I y II, respectivamente) y cuatro pesos al sacrificio (30, 37, 44 y 51 kg), con cuatro repeticiones por tratamiento. Los datos obtenidos se analizaron mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.1.3.<sup>11</sup>

carcasses from animals fed with diet D-I were lighter than the ones that were provided by sheep fed with diet D-II (Table 2). Likewise, linear increase of carcass weight was observed as slaughter weight increased ( $P \leq 0.05$ ). Commercial carcass yield was affected by the diet and slaughter weight ( $P \leq 0.05$ ); the most concentrated feed favoured a higher average value (D-II, 49.3%) than the ration with less energy (D-I, 46.2%). In general, the higher the slaughter weight, the higher commercial carcass yield (Table 3).

Although there were significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in the content of the animals' digestive tube, due to the diet and the slaughter weight (Table 4), the actual carcass yields did not show significant differences ( $P > 0.05$ ) which could be attributed to the diet: in average, yield was 55.7% in diet D-II and 54.7% in diet D-I. Slaughter weight did not statistically modify ( $P > 0.05$ ) the actual carcass yield, even though there was a general tendency to increase the actual yield as slaughter weight increased (Table 3).

### Regional and tissue carcass composition

Neither slaughter weight nor diet had direct effect on the ratio of carcass pieces. Based on the weight of the left carcass halves, the component with the highest average was thorax (32.3%), followed by leg (31.2%), shoulder (17.6%), abdomen (12.3%), and neck (6.7%), as shown in Figure 2.

In contrast to the mentioned above, carcass tissue composition was indeed affected by slaughter weight and quantity of dietary energy ( $P \leq 0.05$ ). In the lower energy diet (D-I) a 7 kg slaughter weight increase raised fat proportion by 3.2%, decreased muscle quantity by 2.2%, and reduced carcass bone quantity by 1.0% (Figure 3). But the most concentrated ration (D-II) did not cause the same pattern, since there

## Resultados

No se detectó efecto de la interacción entre los factores, por lo que se presentan los resultados en función de los efectos principales (nivel energético de la dieta y peso al sacrificio).

### Peso y rendimiento de la canal

Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el peso de las canales como consecuencia de la dieta, las canales que provenían de los animales alimentados con la dieta D-I fueron más ligeras que las procedentes de los borregos que recibieron la dieta D-II (Cuadro 2). Asimismo, se observó incremento lineal del peso de la canal al aumentar el peso al sacrificio ( $P \leq 0.05$ ). El rendimiento comercial en canal fue afectado por la dieta y por el peso al sacrificio ( $P \leq 0.05$ ); el alimento más concentrado propició un valor promedio más alto (D-II, 49.3%) que la ración con menos energía (D-I, 46.2%). En general, cuanto más elevado fue el peso al sacrificio, mayor fue el rendimiento comercial en canal (Cuadro 3).

A pesar de que se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el contenido del tubo digestivo de los animales, por efecto de la dieta y del peso de sacrificio (Cuadro 4), el rendimiento verdadero en canal no mostró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) atribuibles a la dieta, ya que en promedio fue de 55.7% en la dieta D-II y de 54.7% en la dieta D-I. El peso al sacrificio no modificó estadísticamente ( $P > 0.05$ ) el rendimiento verdadero en canal, aunque se observó una tendencia general a incrementar en el rendimiento verdadero al aumentar el peso al sacrificio de los animales (Cuadro 3).

Cuadro 2

PESOS AL SACRIFICIO Y DE LA CANAL DE BORREGOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON DOS NIVELES DE ENERGÍA Y SACRIFICADOS A DIFERENTE PESO

CARCASS AND SLAUGHTER WEIGHT OF PELIBUEY SHEEP FED WITH TWO ENERGY LEVELS AND SLAUGHTERED AT DIFFERENT WEIGHTS

| Slaughter<br>number | Diet        |                          |            |                         |
|---------------------|-------------|--------------------------|------------|-------------------------|
|                     | D-I         |                          | D-II       |                         |
|                     | Weight (kg) |                          |            |                         |
|                     | Slaughter   | Carcass                  | Slaughter  | Carcass                 |
| 1                   | 30.8 ± 1.5  | 12.7 ± 0.2 <sup>e</sup>  | 30.6 ± 1.2 | 15.0 ± 0.3 <sup>d</sup> |
| 2                   | 37.6 ± 1.1  | 17.4 ± 0.6 <sup>d</sup>  | 37.0 ± 1.1 | 17.0 ± 0.4 <sup>d</sup> |
| 3                   | 45.1 ± 1.8  | 21.9 ± 0.6 <sup>c</sup>  | 42.8 ± 0.8 | 21.7 ± 0.5 <sup>c</sup> |
| 4                   | 51.0 ± 2.1  | 25.0 ± 0.7b <sup>b</sup> | 51.2 ± 1.3 | 27.4 ± 0.5 <sup>a</sup> |

<sup>abcde</sup> Different letters in the same variable indicate statistical differences ( $P \leq 0.05$ ).

Cuadro 3

RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN TISULAR DE LA CANAL (%) EN BORREGOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON DOS NIVELES DE ENERGÍA Y SACRIFICADOS A DIFERENTE PESO

CARCASS YIELD AND TISSUE COMPOSITION (%) IN PELIBUEY SHEEP FED WITH TWO ENERGY LEVELS AND SLAUGHTERED AT DIFFERENT WEIGHTS

| Variable            | Diet | Slaughter weight (kg)    |                         |                         |                         |
|---------------------|------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                     |      | 30                       | 37                      | 44                      | 51                      |
| Carcass yield:      |      |                          |                         |                         |                         |
| Commercial          | D-I  | 41.1 ± 0.5 <sup>d</sup>  | 46.3 ± 1.7 <sup>c</sup> | 48.5 ± 1.3 <sup>b</sup> | 49.1 ± 1.3 <sup>b</sup> |
|                     | D-II | 49.1 ± 1.0 <sup>b</sup>  | 46.0 ± 1.1 <sup>c</sup> | 50.6 ± 1.3 <sup>b</sup> | 53.6 ± 1.0 <sup>a</sup> |
| Actual              | D-I  | 53.0 ± 3.2               | 54.1 ± 2.3              | 55.3 ± 2.0              | 56.4 ± 1.3              |
|                     | D-II | 54.7 ± 1.4               | 52.4 ± 1.3              | 55.8 ± 1.9              | 58.8 ± 1.9              |
| Tissue composition: |      |                          |                         |                         |                         |
| Muscle              | D-I  | 67.7 ± 0.9 <sup>a</sup>  | 65.5 ± 2.4 <sup>b</sup> | 64.3 ± 2.8 <sup>b</sup> | 61.0 ± 1.7 <sup>c</sup> |
|                     | D-II | 63.1 ± 1.3 <sup>b</sup>  | 64.5 ± 2.0 <sup>b</sup> | 67.1 ± 2.4 <sup>a</sup> | 64.8 ± 1.0 <sup>b</sup> |
| Bone                | D-I  | 24.8 ± 2.4 <sup>ab</sup> | 24.3 ± 1.4 <sup>b</sup> | 21.9 ± 0.2 <sup>c</sup> | 21.8 ± 1.6 <sup>c</sup> |
|                     | D-II | 25.8 ± 1.1 <sup>a</sup>  | 25.7 ± 1.9 <sup>a</sup> | 21.8 ± 1.7 <sup>c</sup> | 20.8 ± 1.4 <sup>c</sup> |
| Fat                 | D-I  | 7.5 ± 1.5 <sup>d</sup>   | 10.1 ± 1.2 <sup>c</sup> | 13.8 ± 2.9 <sup>b</sup> | 17.2 ± 0.8 <sup>a</sup> |
|                     | D-II | 11.1 ± 1.2 <sup>c</sup>  | 9.8 ± 0.7 <sup>cd</sup> | 11.1 ± 0.9 <sup>c</sup> | 14.4 ± 1.8 <sup>b</sup> |

<sup>abcd</sup> Different letters in the same variable indicate statistical differences ( $P \leq 0.05$ ).

were variations in carcass tissue composition that did not give origin to a ratio, as did the latter. The high dietary energy promoted a constant muscular tissue increase of up to 44 kg, reaching 67.3%, subsequently decreasing its proportion. This result led to a better muscle/fat ratio with diet D-II (5.48) than with D-I (4.96).

### Allometric growth of carcass components

The allometric growth indexes (b) of the regional and carcass tissue components, calculated on the basis of the weight of the left carcass halves are shown in Table 5. In diet D-I carcasses, legs and shoulders showed coefficients with values lower than the unit, which indicates negative allometry and early growth; whereas, this pattern was observed in abdomen and neck, besides leg and shoulder, in the animals that received diet D-II. Thorax grew late in all animals, showing higher allometric indexes ( $b = 1.26 \pm 0.07$  and  $b = 1.37 \pm 0.08$  in diets D-I and D-II, respectively).

As a result of the diet, the abdomen and neck progressed differently, developing more rapidly in animals that consumed diet D-II ( $b = 0.87 \pm 0.14$  and  $0.84 \pm 0.25$ , respectively), than in the ones that were provided D-I ( $b = 1.12 \pm 0.12$  and  $1.05 \pm 0.18$ , respectively).

In regard to carcass tissue components, bone was the earliest maturing tissue ( $b < 1$ ) and fat the last to

### Composición regional y tisular de la canal

Ni el peso al sacrificio ni la dieta tuvieron efecto directo sobre la proporción de piezas de la canal. Con base en el peso de la media canal izquierda, el componente con mayor promedio fue el tórax (32.3%), seguido de la pierna (31.2%), espaldilla (17.6%), abdomen (12.3%) y cuello (6.7%), como se muestra en la Figura 2.

En contraparte con lo anterior, la composición tisular de la canal sí fue afectada por el peso al sacrificio y por la cantidad de energía contenida en el alimento ( $P \leq 0.05$ ). En la dieta menos energética (D-I) un incremento de 7 kg del peso al sacrificio elevó 3.2% la proporción de grasa, disminuyendo 2.2% la cantidad de músculo y reduciendo 1.0% la cantidad de hueso de la canal (Figura 3). Pero la ración más concentrada (D-II) no ocasionó el mismo comportamiento, ya que se presentaron variaciones en la composición tisular de la canal, que no dieron origen a una relación como la anterior. La dieta más energética promovió un incremento constante de tejido muscular hasta los 44 kg de peso, llegando a 67.3%, después de lo cual disminuyó su proporción. Este resultado originó una mejor relación músculo/grasa con la dieta D-II (5.48) que con la D-I (4.96).

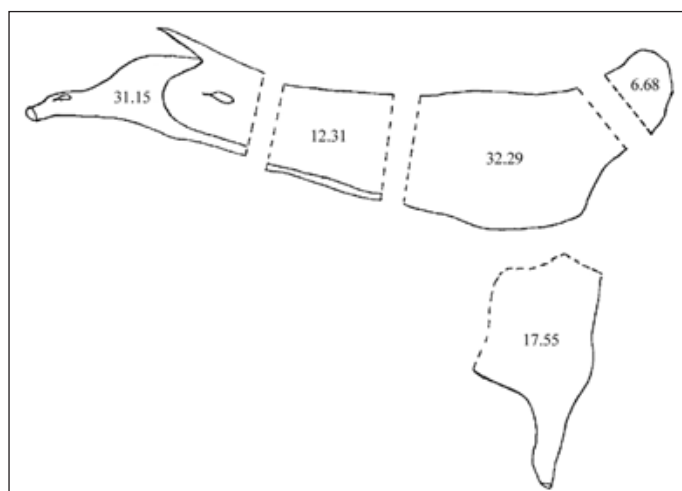
**Cuadro 4**

VALORES MEDIOS ( $\pm$  DE) DEL TUBO GASTROINTESTINAL Y SU CONTENIDO EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL PESO VIVO DE BORREGOS PELIBUEY ALIMENTADOS CON DOS NIVELES DE ENERGÍA Y SACRIFICADOS A DIFERENTE PESO

MEAN VALUES ( $\pm$  SD) OF THE GASTROINTESTINAL TRACT AND ITS CONTENT EXPRESSED AS LIVE WEIGHT PERCENTAGE OF PELIBUEY SHEEP FED WITH TWO ENERGY LEVELS AND SLAUGHTERED AT DIFFERENT WEIGHTS

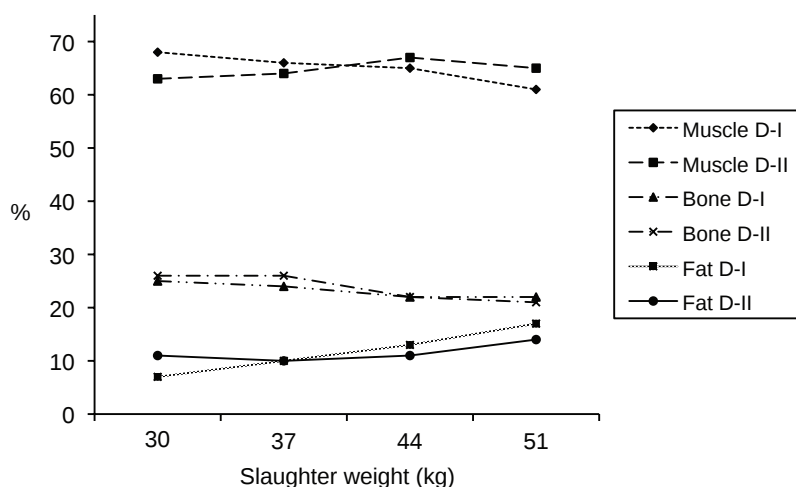
| Variable                       | Diet | Slaughter weight (kg)        |                              |                              |                              |
|--------------------------------|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                |      | 30                           | 37                           | 44                           | 51                           |
| Gastrointestinal tract (GIT)   | D-I  | 8.0 $\pm$ 1.9                | 6.3 $\pm$ 1.1                | 5.6 $\pm$ 0.2                | 5.1 $\pm$ 0.2                |
|                                | D-II | 9.6 $\pm$ 2.4                | 7.1 $\pm$ 1.6                | 6.3 $\pm$ 0.9                | 4.6 $\pm$ 0.4                |
| Gastrointestinal content (GIC) | D-I  | 22.3 $\pm$ 5.2 <sup>a</sup>  | 14.4 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>  | 12.2 $\pm$ 2.0 <sup>bc</sup> | 12.9 $\pm$ 1.6 <sup>bc</sup> |
|                                | D-II | 10.2 $\pm$ 0.7 <sup>cd</sup> | 12.2 $\pm$ 1.9 <sup>bc</sup> | 9.3 $\pm$ 2.4 <sup>d</sup>   | 9.1 $\pm$ 0.6 <sup>d</sup>   |
| GIT + GIC                      | D-I  | 30.3 $\pm$ 3.6               | 20.7 $\pm$ 1.1               | 17.8 $\pm$ 1.1               | 18.0 $\pm$ 0.9               |
|                                | D-II | 19.8 $\pm$ 1.6               | 19.3 $\pm$ 1.8               | 15.6 $\pm$ 1.7               | 13.7 $\pm$ 0.5               |

<sup>abcd</sup> Different letters in the same variable indicate statistical differences ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 2.** Composición regional promedio de la canal (%) en borregos Pelibuey alimentados con dos niveles de energía y sacrificados a diferente peso.

**Figure 2.** Carcass average regional composition (%) in Pelibuey sheep fed with two energy levels and slaughtered at different weights.



**Figura 3.** Composición tisular de la canal en borregos Pelibuey alimentados con dos niveles de energía y sacrificados a diferente peso.

**Figure 3.** Carcass tissue composition in Pelibuey sheep fed with two energy levels and slaughtered at different weights.

mature ( $b > 1$ )  $P \leq 0.05$ . Nevertheless, some differences were detected between diets ( $P \leq 0.05$ ): bone grew faster in animals on D-II ( $b = 0.61 \pm 0.08$ ), whereas, fat showed slow development in lambs on D-I ( $b = 2.15 \pm 0.16$ ). Muscular development was more precocious in animals fed with D-I ( $b = 0.88 \pm 0.03$ ), than those that were provided D-II ( $b = 1.06 \pm 0.03$ ). All determinant coefficients ( $r^2$ ) of the regression equations obtained for the carcass tissue components varied between 0.80 and 0.99; whereas they were slightly lower for carcass pieces, with a range of 0.45 to 0.96.

### **Distribution and saturation of visceral fat**

When expressing the deposition quantity of visceral fat as a percentage of empty live weight, it was determined that the ration with the highest energy quantity favoured ( $P \leq 0.05$ ) a greater visceral fat deposition (D-II, 7.0%), than the lower energy ration (D-I, 5.8%). Also, slaughter live weight had an important effect on fat deposition ( $P \leq 0.05$ ), resulting in increases between both weights, going from 8% to 68% in animals that received D-I, and from 4% to 45% in those that consumed D-II (Table 6).

The analyses carried out to determine the saturation degree of visceral fat showed that slaughter weight did not have any consequence ( $P > 0.05$ ) on the visceral fat iodine index. On the contrary, dietary energy level had a highly significant effect ( $P \leq 0.01$ ); therefore, the visceral fat iodine index of the sheep that received

### **Crecimiento alométrico de los componentes de la canal**

En el Cuadro 5 se muestran los índices de crecimiento alométrico ( $b$ ) de los componentes regionales y tisulares de la canal, calculados con base en el peso de la media canal izquierda. En las canales de la dieta D-I, las piernas y espaldillas presentaron coeficientes con valores menores a la unidad, lo cual indica alometría negativa y crecimiento precoz, en tanto que en los animales que recibieron la dieta D-II se presentó dicho comportamiento en el abdomen y el cuello, además de la pierna y la espaldilla. El tórax creció más tardíamente en todos los animales, presentando los índices alométricos más elevados ( $b = 1.26 \pm 0.07$  y  $b = 1.37 \pm 0.08$  en las dietas D-I y D-II, respectivamente).

El abdomen y el cuello progresaron de manera diferente por efecto de la dieta, siendo más rápido su desarrollo en los animales que consumieron la dieta D-II ( $b = 0.87 \pm 0.14$  y  $0.84 \pm 0.25$ , respectivamente) que los que recibieron la dieta D-I ( $b = 1.12 \pm 0.12$  y  $1.05 \pm 0.18$ , respectivamente).

En lo referente a los componentes tisulares de la canal, el hueso fue el tejido más precoz ( $b < 1$ ) y la grasa el más tardío ( $b > 1$ )  $P \leq 0.05$ . No obstante, se detectaron algunas diferencias entre dietas ( $P \leq 0.05$ ); el hueso creció más rápido en los animales de la D-II ( $b = 0.61 \pm 0.08$ ), en tanto que la grasa tuvo un desarrollo más tardío en los corderos de la D-I ( $b = 2.15 \pm 0.16$ ). El desarrollo muscular fue más precoz en los animales

**Cuadro 5**

COEFICIENTES DE ALOMETRÍA ( $b$ ) DE LOS COMPONENTES REGIONALES Y TISULARES DE LA CANAL

ALLOMETRIC COEFFICIENTS ( $b$ ) OF REGIONAL AND TISSUE CARCASS COMPONENTS

| Variable                   | Diet             |                 |                       |                  |                 |                       |
|----------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
|                            | D-I              |                 |                       | D-II             |                 |                       |
|                            | <i>a</i>         | <i>b</i>        | <i>r</i> <sup>2</sup> | <i>a</i>         | <i>b</i>        | <i>r</i> <sup>2</sup> |
| <i>Carcass pieces:</i>     |                  |                 |                       |                  |                 |                       |
| Leg                        | $-0.86 \pm 0.10$ | $0.86 \pm 0.50$ | 0.96                  | $-0.68 \pm 0.10$ | $0.78 \pm 0.50$ | 0.95                  |
| Abdomen                    | $-2.40 \pm 0.27$ | $1.12 \pm 0.12$ | 0.86                  | $-1.78 \pm 0.32$ | $0.87 \pm 0.14$ | 0.72                  |
| Thorax                     | $-1.71 \pm 0.15$ | $1.26 \pm 0.07$ | 0.96                  | $-1.93 \pm 0.18$ | $1.37 \pm 0.08$ | 0.95                  |
| Shoulder                   | $-1.19 \pm 0.20$ | $0.75 \pm 0.09$ | 0.84                  | $-1.47 \pm 0.25$ | $0.87 \pm 0.11$ | 0.82                  |
| Neck                       | $-2.78 \pm 0.39$ | $1.05 \pm 0.18$ | 0.71                  | $-2.39 \pm 0.56$ | $0.84 \pm 0.25$ | 0.45                  |
| <i>Tissue composition:</i> |                  |                 |                       |                  |                 |                       |
| Muscle                     | $-0.17 \pm 0.07$ | $0.88 \pm 0.03$ | 0.98                  | $-0.56 \pm 0.08$ | $1.06 \pm 0.03$ | 0.99                  |
| Bone                       | $-1.02 \pm 0.79$ | $0.79 \pm 0.06$ | 0.93                  | $-0.57 \pm 0.18$ | $0.61 \pm 0.08$ | 0.80                  |
| Fat                        | $-4.67 \pm 0.35$ | $2.15 \pm 0.16$ | 0.93                  | $-3.12 \pm 0.34$ | $1.43 \pm 0.15$ | 0.87                  |

a: ordinate at origin,  $r^2$ : coefficient of determination.

\*  $b \neq 1$  at level  $P \leq 0.05$ .

D-II was higher ( $44.8 \pm 1.5$ ) than the index of those animals fed with D-I ( $39.3 \pm 0.9$ ). A higher iodine index indicates greater presence of unsaturated fatty acids.

## Discussion

### Carcass yield

Variation in carcass commercial yield, originated by the ration's energy concentration effect, can be explained by the percentage difference of crude fiber between both diets (D-I = 20.6; D-II = 12.1). Since D-II contained 41.3% less crude fiber than D-I, the former caused a shorter ingesta permanence time in the gastric compartments, allowing a faster pass into the intestines, in order to continue the digestive and waste elimination processes. Therefore, the digestive tube content in animals fed with diet D-II represented lower body weight percentage (an average of 15.5% and 10.21%, for D-I and D-II, respectively), which was reflected in a better commercial carcass yield, for the lambs that were fed diet D-II.

The energy concentration effect of the diet on commercial carcass yield has been observed for many years in wool and hair sheep, in tropical as well as in temperate conditions.<sup>12,13</sup> Even in Katahdin  $\times$  Dorper<sup>14</sup> sheep crosses and in lambs from non-wool breeds

alimentados con la D-I ( $b = 0.88 \pm 0.03$ ) que en los que recibieron la D-II ( $b = 1.06 \pm 0.03$ ). Todos los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) de las ecuaciones de regresión obtenidas para los componentes tisulares de la canal variaron entre 0.80 y 0.99, mientras que para las piezas de la canal fueron ligeramente menores con un rango de 0.45 a 0.96.

### Distribución y saturación de la grasa visceral

Al expresar la cantidad de grasa depositada en las vísceras como un porcentaje del peso vivo vacío, se determinó que la ración con más alta cantidad de energía propició ( $P \leq 0.05$ ) mayor almacenamiento lipídico visceral (D-II, 7.0%) que la que contenía menor energía (D-I, 5.8%). También el peso vivo al momento del sacrificio tuvo un efecto destacado sobre este depósito de grasa ( $P \leq 0.05$ ); presentándose incrementos entre ambos pesos, que van de 8% a 68% en los animales que recibieron la D-I y de 4% a 45% en los que consumieron la D-II (Cuadro 6).

Los análisis efectuados para determinar el grado de saturación de la grasa visceral mostraron que el peso al sacrificio no tuvo ninguna consecuencia ( $P > 0.05$ ) sobre el índice de yodo de la grasa visceral. Contrariamente, el nivel de energía en la dieta tuvo un efecto altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ), de

**Cuadro 6**

VALORES MEDIOS ( $\pm$  DE) DE LA GRASA CORPORAL EXPRESADA COMO PORCENTAJE DEL PESO VIVO VACÍO E ÍNDICE DE YODO DE LA GRASA VISCERAL

MEAN VALUES ( $\pm$  SD) OF BODY FAT EXPRESSED AS EMPTY LIVE WEIGHT PERCENTAGE AND VISCERAL FAT IODINE INDEX

| Variable             | Diet | Slaughter weight (kg)   |                         |                         |                         |
|----------------------|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                      |      | 30                      | 37                      | 44                      | 51                      |
| Fat:                 |      |                         |                         |                         |                         |
| In carcass           | D-I  | 3.6 ± 0.8 <sup>d</sup>  | 5.1 ± 0.5 <sup>c</sup>  | 6.8 ± 1.6 <sup>b</sup>  | 9.1 ± 0.7 <sup>a</sup>  |
|                      | D-II | 5.6 ± 0.5 <sup>bc</sup> | 5.0 ± 0.4 <sup>c</sup>  | 6.0 ± 0.5 <sup>bc</sup> | 7.8 ± 1.1 <sup>a</sup>  |
| In viscera           | D-I  | 2.9 ± 0.3 <sup>d</sup>  | 4.9 ± 1.0 <sup>c</sup>  | 7.3 ± 0.5 <sup>b</sup>  | 7.9 ± 0.9 <sup>b</sup>  |
|                      | D-II | 5.6 ± 1.4 <sup>c</sup>  | 5.8 ± 0.3 <sup>c</sup>  | 6.7 ± 0.8 <sup>bc</sup> | 9.7 ± 0.8 <sup>a</sup>  |
| Total fat            | D-I  | 6.5 ± 0.3 <sup>d</sup>  | 10.0 ± 0.5 <sup>c</sup> | 14.1 ± 0.9 <sup>b</sup> | 17.0 ± 0.7 <sup>a</sup> |
|                      | D-II | 11.2 ± 0.6 <sup>c</sup> | 10.8 ± 0.3 <sup>c</sup> | 12.7 ± 5.4 <sup>b</sup> | 17.5 ± 0.9 <sup>a</sup> |
| Iodine index in fat: |      |                         |                         |                         |                         |
| Mesenteric           | D-I  | 39.5 ± 2.7 <sup>c</sup> | 39.7 ± 1.7 <sup>c</sup> | 40.2 ± 0.8 <sup>c</sup> | 41.4 ± 2.9 <sup>b</sup> |
|                      | D-II | 44.3 ± 2.9 <sup>b</sup> | 45.3 ± 1.8 <sup>a</sup> | 46.1 ± 3.2 <sup>a</sup> | 45.6 ± 1.7 <sup>a</sup> |
| Omental              | D-I  | 39.3 ± 2.7 <sup>c</sup> | 39.0 ± 2.6 <sup>c</sup> | 40.6 ± 2.7 <sup>c</sup> | 38.4 ± 3.9 <sup>c</sup> |
|                      | D-II | 45.1 ± 2.4 <sup>b</sup> | 47.9 ± 2.0 <sup>a</sup> | 47.0 ± 3.6 <sup>a</sup> | 44.2 ± 2.6 <sup>b</sup> |
| Kidney fat           | D-I  | 38.9 ± 2.0 <sup>c</sup> | 38.0 ± 3.4 <sup>c</sup> | 39.3 ± 2.0 <sup>c</sup> | 36.5 ± 3.2 <sup>c</sup> |
|                      | D-II | 42.2 ± 3.1 <sup>a</sup> | 45.7 ± 3.5 <sup>a</sup> | 45.1 ± 4.1 <sup>a</sup> | 40.4 ± 2.1 <sup>b</sup> |

<sup>abcd</sup>Different letters in the same variable indicate statistical differences ( $P \leq 0.05$ ).

with fat tail, it has been evident that increasing the supplement level improves the yield and qualitative carcass characteristics.<sup>15,16</sup>

Likewise, the lack of significant differences in actual carcass yield as a consequence of the diet was caused by the fact that discounting the gastrointestinal content weight from total body weight eliminated a variation factor that has a direct influence on carcass yield.<sup>13,17</sup>

As previously mentioned, slaughter weight played an important role on both commercial and actual carcass yield. An increase in slaughter weight led to an increase in carcass yield. In fact, when carrying out a regression analysis between these variables, a high degree of correlation was detected ( $r = 0.64$ ;  $P \leq 0.01$ ) between slaughter weight and commercial carcass yield, which matches study results that evaluated different zoometric measurements, such as carcass yield predictors on hair sheep.<sup>18</sup> Likewise, it has been shown that at high slaughter weight increases fattening and carcass length in wool sheep, even though conformation and yield evolve in a different way, depending on the breed,<sup>19,20</sup> as a result of skin weight, which creates a significant increase in animals that have not been shorn.

### **Regional and tissue carcass composition**

As mentioned before, results did not show that slaughter weight and dietary energy level have a direct effect on the proportion of carcass pieces, which coincides with other authors,<sup>13</sup> in their studies of the evolution of carcass cuts in entire and castrated Pelibuey lambs that were fed with three different dietary energy levels. Neither do other research groups record statistical differences after evaluating the effect of slaughter weight on the development of carcass commercial pieces in Spanish breeds, such as Gallega<sup>21</sup> and Segureña;<sup>22</sup> in both groups, the proportion of carcass pieces remains constant, specially for prime cuts (leg, rib and steak), in spite of weight increase in lambs.

As regards carcass tissue composition, different authors agree that slaughter weight has an effect on tissues that make up the body,<sup>9,19,20</sup> but there are some differences of opinion as regards the consequences of energy intake in the said components. With respect to the first point, it coincides with the fact that the quantity of body fat increases as a consequence of increasing slaughter weight, but at cost of decreasing muscle percentage. That is the reason why the ideal slaughter weight must coincide with the point of maturity, when the bones have their minimum value, the muscle reaches its optimal percentage, and a desirable fat level that satisfies the customer's taste is achieved (providing the meat with flavor and aroma)

manera que el índice de yodo en la grasa visceral de los borregos que consumieron la D-II fue mayor ( $44.8 \pm 1.5$ ) que el de los animales alimentados con la D-I ( $39.3 \pm 0.9$ ). Un índice de yodo más alto indica mayor presencia de ácidos grasos insaturados.

## **Discusión**

### **Rendimiento en canal**

La variación en el rendimiento comercial de la canal, originada por efecto de la concentración energética de la ración, puede ser explicada por la diferencia en el porcentaje de fibra cruda entre ambas dietas (D-I = 20.6; D-II = 12.1). Como consecuencia de que la D-II contenía 41.3% menor de fibra cruda que la D-I, la primera motivó menor tiempo de permanencia de la ingesta en los compartimientos gástricos, permitiendo su paso a los intestinos más rápidamente para continuar con los procesos digestivos y la eliminación de desechos. Por ello, el contenido del tubo digestivo en los animales alimentados con la dieta D-II representó menor porcentaje del peso corporal (D-I, 15.5% y D-II, 10.21%, en promedio), lo cual se vio reflejado en un mejor rendimiento comercial, en canal, de los corderos que consumieron la dieta D-II.

El efecto de la concentración energética de la dieta sobre el rendimiento comercial en canal se ha observado desde hace años en ovinos de lana y de pelo, tanto en condiciones tropicales como templadas.<sup>12,13</sup> Incluso en ovinos de la craza Katahdin  $\times$  Dorper<sup>14</sup> y en corderos de razas no lanares con cola adiposa se ha evidenciado que al aumentar el nivel de complementación se incrementa el rendimiento y mejoran las características cualitativas de la canal.<sup>15,16</sup>

Asimismo, la falta de diferencias significativas en el rendimiento verdadero en canal por efecto de la dieta se debió al hecho de que al descontar el peso del contenido gastrointestinal del peso corporal total, se eliminó un factor de variación que influye directamente sobre el rendimiento de la canal.<sup>13,17</sup>

Como ya se mencionó, el peso al sacrificio jugó un papel importante sobre el rendimiento en canal, tanto comercial como verdadero. Al incrementarse el peso al sacrificio se observó incremento en el rendimiento en canal. De hecho, al realizarse un análisis de regresión entre estas variables, se detectó un alto grado de correlación ( $r = 0.64$ ;  $P \leq 0.01$ ) entre el peso al sacrificio y el rendimiento comercial en canal, lo cual coincide con los resultados de estudios que evaluaron diferentes medidas zoométricas como predictores del rendimiento en canal de ovinos de pelo.<sup>18</sup> De la misma forma, en borregos lanares se ha evidenciado cómo un incremento en el peso al sacrificio eleva el engrasamiento y la longitud de la canal, no obstante

guaranteeing a good presentation and conservation of the carcass.<sup>23</sup>

As regards the second point, some researchers agree that increasing the energy content of the diet, increases the quantity of body fat, at the expense of muscle and bone;<sup>12,17</sup> whereas, other authors observed no differences in sheep carcass tissue originated, in relation to the quantity of energy in the ration,<sup>19,24</sup> some authors have even observed that with the use of very high dietary energy (2.9 Mcal) in 126 day-old animals, there was more carcass muscle depot than with a less concentrated diet (2.5 Mcal),<sup>25</sup> which matches the results of this study. Discrepancies between several authors may have their origin in differences on energy level in the ration (2.0 to 2.9 Mcal of ME/kg DM) and the age difference between the animals that were used (11-30 months). The greater dietary energy concentration allowed an optimal use of nutrients for glycogen and muscle synthesis in young animals, while the difference of age between animals was reflected on the basal metabolism, allowing greater deposition of fat reservoir in older individuals, which proportionally reduced the other tissue components (muscle and bone). The effect of ageing on fat quantity and its location has also been observed in different bovine breeds.<sup>26</sup> The aforementioned information shows that, in the determination of optimal slaughter weight of Pelibuey sheep, it may be necessary to consider the age and maturity stage of animals.

### **Allometric growth of carcass components**

The allometric indexes shown in legs and shoulder of the animals fed with both diets (D-I and D-II) indicate a very fast growth of these body parts, which matches the results of other authors that carried out allometric studies in lamb carcass pieces,<sup>21</sup> although they observed lower values in leg ( $b = 0.41$ ) and shoulder ( $b = 0.60$ ) than the ones determined in this work, due to the lower weight of the animals and breed differences, since there are different results in allometric indexes assessed in Santa Ines breed lambs<sup>27</sup> and in Corriedale and Romney Marsh sheep.<sup>28</sup> Allometric coefficients higher than 1.0 were observed in thorax, indicating a delayed growth of this piece. In fact, thorax showed the slowest growth of all carcass components in animals fed with both diets. In regard to neck and abdomen, some growth differences were revealed, and they were attributed to the effect of energy concentration in the ration, since the allometric indexes were lower in animals fed with high dietary energy (D-II).

Contrasts in the evolution of the pieces that constitute the carcass are explained by the differences in each piece's tissue composition, as shown in Table 5: the allometric index of tissue components was lower

que la conformación y el rendimiento evolucionan de distinta manera según la raza,<sup>19,20</sup> lo cual se debe al peso de la piel, que se incrementa muy sensiblemente en animales que no han sido trasquilados.

### **Composición regional y tisular de la canal**

Como ya se vio, los resultados no mostraron un efecto directo del peso al sacrificio y el nivel energético de la dieta sobre la proporción de piezas de la canal, lo cual coincide con los datos de otros autores,<sup>13</sup> quienes estudiaron la evolución de los cortes de la canal en corderos Pelibuey enteros y castrados que fueron alimentados con tres diferentes niveles de energía en el alimento. Otros grupos de investigación tampoco registran diferencias estadísticas cuando se evaluó el efecto del peso al sacrificio sobre el desarrollo de las piezas comerciales de la canal en corderos de razas españolas, como la Gallega<sup>21</sup> y la Segureña;<sup>22</sup> en ambos grupos se mantiene constante la proporción de piezas en la canal, sobre todo las de primera categoría (pierna, costillar y badal), a pesar del aumento en el peso de los corderos.

Respecto de la composición tisular de la canal, en la literatura hay coincidencia en los diferentes autores sobre el efecto que tiene el peso al sacrificio sobre los tejidos que conforman el cuerpo,<sup>9,19,20</sup> pero existen algunas diferencias de opinión en cuanto a las consecuencias que tiene el consumo de energía sobre esos mismos componentes. Respecto del primer punto, se coincide en que al aumentar el peso al sacrificio se eleva la cantidad de grasa corporal a costa de una reducción en el porcentaje de músculo. Por ello el peso al sacrificio ideal debe coincidir con el punto de madurez en el cual el hueso tenga el valor mínimo, el músculo alcance el porcentaje óptimo y la grasa logre un nivel deseable para satisfacer el gusto del consumidor (dar sabor y aroma a la carne) asegurando una buena presentación y conservación de la canal.<sup>23</sup>

En cuanto al segundo punto, algunos investigadores están de acuerdo en que cuando se incrementa el contenido de energía en la dieta, se eleva la cantidad de grasa corporal a costa de músculo y hueso,<sup>12,17</sup> mientras que otros autores no observaron diferencias en la relación entre los tejidos de canales ovinas, que fueran originadas por la cantidad de energía contenida en la ración,<sup>19,24</sup> incluso algunos autores observaron que con el uso de dietas muy energéticas (2.9 Mcal) en animales de 126 días de edad, se depositaba más músculo en la canal, que con una dieta menos concentrada (2.5 Mcal),<sup>25</sup> lo cual coincide con los resultados del presente estudio. Las discrepancias entre los diversos autores pueden estar originadas por las diferencias en los niveles de energía en la ración

in bone, followed by muscle and finally fat. Therefore, carcass pieces with greater proportion of precocious development tissues, such as bone and muscle, grew faster than the ones with greater fat quantity, which is a delayed tissue, as thorax and abdomen.

### ***Distribution and saturation of visceral fat***

As shown in the results, on the one hand, animals' live weight had a very clear effect on body fat deposition; increasing slaughter weight, increased fat quantity depot, either in carcass or viscera, which coincides with the majority of authors who have studied these parameters in sheep.<sup>19,20,29,30</sup>

On the other hand, the level of energy in the diet modified the deposition pattern and the unsaturated visceral fat degree, since the increase in dietary energy caused greater visceral fat quantity; in turn, this fat was more unsaturated than that of the animals that received the less concentrated diet.

The effect of diet on body fat composition has been widely studied.<sup>31-33</sup> It is already known that diets with high cereal content can originate greater number of ramified fatty acids, with odd number of carbons in subcutaneous adipose tissue,<sup>34</sup> and increase linoleic acid concentration, which is the precursor of fatty acid (*n*-6) series in intramuscular fat.<sup>35</sup> Likewise, in grazing-based feeding schemes<sup>36</sup> (supplemented with fish, linseed or sunflower oil),  $\alpha$ -linoleic acid content increases, which is the precursor of fatty acid (*n*-3) series<sup>37</sup> that are highly desirable for their health benefits.<sup>32,33</sup>

Under the conditions in which this study was carried out, the conclusion is that the energy level of the ration modified commercial yield and carcass tissue composition; that the highest dietary energy originated better commercial carcass yield and obtained a high fat/muscle ratio; and that, likewise, it promoted more visceral fat deposition and originated less saturated degree of this.

Slaughter weight showed a very important effect on most of the parameters evaluated: an increase in body weight originated improved carcass yield, but caused the decline of muscle/fat ratio, while increasing muscle/bone ratio.

It is recommended carrying out studies about the fatty acid profile of intramuscular fat, as well as instrumental and sensory meat quality.

### **Acknowledgements**

Special thanks for the financial support provided for this study by the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) and to the Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C. (PAIEPEME).

(2.0 a 2.9 Mcal de EM/kg de MS) y a la diferencia de edad de los animales que emplearon (11-30 meses). La mayor concentración energética de la dieta permitió un aprovechamiento óptimo de nutrientes para síntesis de glucógeno y músculo en los animales jóvenes, mientras que la diferencia de edad entre los animales se reflejó sobre el metabolismo basal, permitiendo mayor almacenamiento de reservas lipídicas en los individuos más maduros, lo cual redujo proporcionalmente los otros dos componentes tisulares (músculo y hueso). Este efecto de la edad sobre la cantidad de grasa y el lugar donde ésta se sitúa, también se ha observado en bovinos de diferentes razas.<sup>26</sup> Todo lo anterior pone de manifiesto que en la determinación del peso óptimo al sacrificio del borrego Pelibuey pudiera ser necesario considerar la edad o estado de madurez de los animales.

### ***Crecimiento alométrico de los componentes de la canal***

Los índices alométricos que se presentaron en las piernas y la espaldilla de los animales alimentados con ambas dietas (D-I y D-II), indican un crecimiento muy rápido de estas partes del cuerpo, que coincide con los resultados de otros autores que realizaron estudios alométricos de las piezas de la canal en ternascos,<sup>21</sup> aunque ellos observaron valores más bajos en la pierna ( $b = 0.41$ ) y espaldilla ( $b = 0.60$ ) que los determinados en el presente estudio, lo cual se debe al menor peso de los animales y a las diferencias raciales, ya que también se presentan distintos resultados en los índices de alometría determinados en corderos de raza Santa Inés<sup>27</sup> y en borregos Corriedale y Romney Marsh.<sup>28</sup> En este contexto, los coeficientes de alometría superiores a 1.0 que se observaron en el tórax, indican un crecimiento tardío de esta pieza. De hecho, el tórax presentó el crecimiento más lento de todos los componentes de la canal en los animales alimentados con las dos dietas. Respecto del cuello y abdomen, se revelaron algunas diferencias en el crecimiento, atribuidas al efecto de concentración energética de la ración; ya que los índices alométricos fueron menores en los animales alimentados con la dieta alta en energía (D-II).

Los contrastes en la evolución de las piezas que conforman la canal se explican por las diferencias en la composición tisular de cada una de ellas, ya que como se muestra en el Cuadro 5, el índice alométrico de los componentes tisulares fue menor en el hueso, seguido del músculo y finalmente de la grasa. Por ello, las piezas de la canal con mayor proporción de tejidos de desarrollo precoz, como el hueso y el músculo, crecieron con mayor velocidad que los que tenían una cantidad más elevada de grasa, que es un tejido tardío, como el tórax y el abdomen.

## Referencias

1. SIAP-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Resumen Nacional. Población Ganadera Ovina 1999-2008. [Serie en línea: 2010 oct] [Citado: 2010 jun 25] Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>
2. LARA PJ. Producción de ovinos de pelo en México. Material genético para exportación. Memoria del 8° Congreso Mundial de la Lana y el Cordero; 2007 julio 23-24; Santiago de Querétaro (Querétaro). México D F: Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos, 2007: 45-48.
3. ARTEAGA CJD. Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México. Memorias del 8° Congreso Mundial de la Lana y el Cordero; 2007 julio 23-24; Santiago de Querétaro (Querétaro) México. México D F: Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos, 2007: 9-12.
4. MORTEO GR, GONZÁLEZ GR, TORRES HG, NUNCIO OG, BECERRIL PC, JAIME GS *et al.* Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos Pelibuey a la infestación con nemátodos gastrointestinales. *Agrociencia* 2004; 38: 395-404.
5. OLAZARÁN JS, ROJAS RO. Sistemas de producción con ovinos. Simposios de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México; 2001 octubre 9-12; Tuxtla Gutiérrez (Chiapas). México D F: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2001: 35-47.
6. NUNCIO OG, NAHED TJ, DÍAZ HB, ESCOBEDO A F, SALVATIERRA IB. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. *Agrociencia* 2001; 35: 469-477.
7. COLOMER EF, MORAND FP, KIRTON AH. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation. Jointing and tissue separation. *Liv Prod Sc* 1987; 17: 149-159.
8. AOAC. Official methods of analysis. 17<sup>th</sup> ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists. 2000.
9. BERG TR, BUTTERFIELD MR. Conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1979.
10. STEEL RGD, TORRIE JH. Principles and procedures of statistics: A biomedical approach. 2<sup>nd</sup> ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co., 1980.
11. SAS. SAS/STAT User's Guide (Released 9.1.3). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc., 2008.
12. ROMANO MJL. Evaluación de la respuesta productiva de ovinos de pelo y lana ante diferente medio ambiente y densidad energética de la dieta (tesis de maestría). México D F: Universidad Nacional Autónoma de México, 1989.
13. MARTÍNEZ AA, BORES QR, VELÁZQUEZ MP, CASTELLANOS RA. Influencia de la castración y del nivel energético de la dieta sobre el crecimiento y composición del borrego Pelibuey. *Téc Pecu Méx* 1990; 28:125-132.
14. CABRERA NA, ROJAS MP, DANIEL RI, SERRANO SA,

## Distribución y saturación de la grasa visceral

Como se muestra en los resultados, el peso vivo de los animales tuvo un efecto muy claro sobre la acumulación de grasa corporal; al aumentar el peso al sacrificio se elevó la cantidad de grasa depositada, tanto en la canal como en las vísceras, lo cual concuerda con la mayoría de los autores que han estudiado estos parámetros en ovinos.<sup>19,20,29,30</sup>

Por su parte, el nivel energético de la dieta modificó el patrón de acumulación lipídica y el grado de insaturación de la grasa visceral, pues la dieta más energética promovió mayor cantidad de grasa visceral; a su vez, esta grasa fue más insaturada que la de los animales que recibieron la dieta menos concentrada.

El efecto de la dieta sobre la composición de la grasa corporal se ha estudiado ampliamente.<sup>31-33</sup> Se sabe que las dietas con un alto contenido de cereales pueden originar mayor número de ácidos grasos ramificados y con número impar de carbonos en el tejido adiposo subcutáneo,<sup>34</sup> y aumentar la concentración de ácido linoleico, que es el precursor de los ácidos grasos de la serie *n*-6 en la grasa intramuscular.<sup>35</sup> Asimismo, en regímenes alimentarios basados en pastoreo,<sup>36</sup> pero complementados con aceite de pescado, de linaza o de girasol, se incrementa el contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico, que es el precursor de los ácidos grasos de la serie *n*-3,<sup>37</sup> los cuales son altamente deseables por sus efectos benéficos sobre la salud.<sup>32,33</sup>

Bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo, se concluye que el nivel energético de la ración modificó el rendimiento comercial y la composición tisular de la canal; la dieta más energética propició mejor rendimiento comercial en canal y logró una elevada relación músculo-grasa; asimismo, promovió más acumulación de grasa visceral y originó menor grado de saturación de ésta.

El peso al sacrificio mostró un efecto muy importante sobre la mayoría de los parámetros evaluados, un incremento en el peso corporal originó mejor rendimiento en canal, pero promovió que decayera la relación músculo-grasa en ella y que se elevara la relación músculo-hueso.

Es recomendable realizar estudios sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular, así como de la calidad instrumental y sensorial de la carne.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y al Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A. C. (PAIEPEME), por el financiamiento recibido para la realización de este trabajo.

- LÓPEZ OM. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. UDO Agrícola 2007; 7: 245-251.
15. SAYED M H, SAYED M A, NASER MS, AFSHAR MA. Effect of different energy levels of diet on feed efficiency, growth rate and carcass characteristics of fattening Bahmaei lambs. J Anim Vet Adv 2008; 7:1551-1554.
  16. MAHGOUB O, LU CD, EARLY RJ. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. Small Rumin Res 2000; 37:35-42.
  17. PRIOLO A, MICOL D, AGABRIEL J, PRACHE S, DRANSFIELD E. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. Meat Sci 2002; 62:197-185.
  18. HERNÁNDEZ BJ, SALINAS RT, PÉREZ-LEÓN MI, MARTÍNEZ GMR, SIERRA MLO, RUEDA BJA *et al.* Medidas zoométricas como predictores del rendimiento de la canal en tres cruza comerciales de ovinos (resumen). XLIII Reunión nacional de investigación pecuaria; 2007 noviembre 19-21; (Sinaloa) México. México D F: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2007: 303.
  19. MARTINEZ-CEREZO S, SAÑUDO C, PANEAB, MEDEL I, DELFA R, SIERRA I *et al.* Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. Meat Sci 2005; 69:325-333.
  20. SNOWDER GD, GLIMP HA, FIELD RA. Carcass characteristics and optimal slaughter weights in four breeds of sheep. J Anim Sci 1994; 72:932-937.
  21. LAUCES ML, CALVO C, FERNÁNDEZ A, VIANA JL, FERNÁNDEZ B, SÁNCHEZ L. Estudio de las piezas comerciales y su desarrollo en canales de corderos de la raza ovina Gallega. Arch Zootec 2007; 56: 157-168.
  22. CANO T, PEÑA F, MARTOS J, DOMENECH V, ALCALDE MJ, GARCÍA A *et al.* Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de la raza Segureña. Archivos de Zootecnia 2003; 52: 315-326.
  23. VERGARA H. Composición regional y tisular de la canal ovina. En: CAÑEQUE V, SAÑUDO C, editores. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España: Monografías INIA Serie Ganadera No. 3. 2005:170-177.
  24. LÓPEZ MM, GARCÍA S, LÓPEZ F. Acabado de corderos merinos con diferentes pautas de alimentación. Repercusión sobre la calidad de la canal. Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia; 2003 septiembre 25-27; Badajoz, España. Córdoba, España: Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia 2003; 335-337.
  25. BORES QR, BAEZA RJJ, QUINTAL FJ, CANUL JS. Composición corporal de corderos F1 de pelo cruzados con razas especializadas para producción comercial de carne. II. Algunas características en la calidad de la canal. Memorias de la XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria; 2007 noviembre 19-21; Culiacán (Sinaloa) México D F: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2007: 265.
  26. WARREN HE, SCOLLAN ND, ENSER M, HUGHES SI, RICHARDSON RI, WOOD JD. Effect of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. Meat Sci 2008; 78:256-269.
  27. LEAL DOS SANTOS C, OLALQUIAGA JR, CASTRO L, VIEIRA O, AUGUSTO J. Estudo do crescimento alométrico dos cortes de carcaça de cordeiros das raça Santa Inês e Bergamácia. Ciênc Agrotec 2001; 1:149-158.
  28. ROQUE AP, OSORIO JCS, JARDIM PO. Desenvolvimento relativo da composição regional e tecidual em cordeiros de cico raás. 35ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia; 1998; Botucatu SP (Anais) Brasil. Brasília D F: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998: 627-629.
  29. WARRIS PD. Ciencia de la carne. Zaragoza, España: Acribia, 2003.
  30. BORES QR, BAEZA RJJ, QUINTAL FJ, CANUL JS. Composición corporal de corderos F1 de pelo cruzados con razas especializadas para producción comercial de carne. I. Rendimiento de la canal. Memorias de la XLIII Reunión nacional de investigación pecuaria; 2007 noviembre 19-21; (Sinaloa) México. México D F: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2007: 303.
  31. GIVENS DI, KLIEM EK, GIBBS AR. The role of meat as a source of *n*-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. Meat Sci 2006; 74:209-218.
  32. WOOD JD, ENSER M, FISHER AV, NUTE GR, RICHARDSON RI, SHEARD PR. Manipulating meat quality and composition. Proc Nutr Soc 1999; 58:363-370.
  33. WOOD JD, ENSER M, FISHER AV, NUTE GR, SHEARD PR, RICHARDSON SI *et al.* Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Sci 2008; 78:343-358.
  34. BANSKALIEVA V, SAHLU T, GOETSCH AL. Fatty acid composition of goat muscle and fat depots: A review. Small Rumin Res 2000; 37:255-268.
  35. FRENCH P, STANTON C, LAWLESS F, O'RIONDAN EG, MONAHAN FJ, CAFFREY PJ *et al.* Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. J Anim Sci 2000; 78: 2849-2855.
  36. SCOLLAN N, CHOI N, KURT E, FISHER A, ENSER M, WORD J. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. Br J Nutr 2001; 85:115-124.
  37. NUERNBERG K, DANNENBERGER D, NUERNBERG G, ENDER K, VOIGT J, SCOLLAN N *et al.* Effect of a grass-based and concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. Liv Prod Sci 2005; 94:137-147.