

ORIGINAL

Requirements and energy efficiency of Pelibuey and Katahdin non pregnant, non lactating ewes in Yucatan, Mexico

Requerimientos y eficiencia energética de ovejas Pelibuey y Katahdin no gestantes, no lactantes en Yucatán, México

José Cárdenas M^{1*} Ph.D, Pablo Duarte A¹ M.Sc,
Dahaivis Mena A¹ M.Sc, Olivier Ramos T¹ M.Sc.

¹Instituto Tecnológico de Tizimín, Final Aeropuerto Cupul s/n, CP 97700, Tizimín, Yucatán, México.

*Correspondence: valcarne@hotmail.com

Received: April 2017; Accepted: October 2017.

ABSTRACT

Objective. To estimate metabolizable energy requirements for maintenance (ME_m), energy efficiency of weight gain (EEWG) and fat thickness, in Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan, Mexico. **Materials and methods.** Eight non pregnant, non lactating, multiparous ewes, were feed at three intake levels with a diet containing 2.0 Mcal/Kg⁻¹ of ME and 11 % of CP. Feed intake was measured daily, ewes weight and thickness of subcutaneous fat (SF) were determined every 14 days. The ME_m was estimated by regressing values of live weight against metabolizable energy intake (MEI), EEWG was estimate as gram of weight gain per Mcal of MEI. **Results.** There were no differences between breeds in ME_m (97±4 and 110±4 kcal/Kg^{0.75}, for Pelibuey and Katahdin) and EEWG (58±8 and 63±8 g/Mcal of MEI, for Pelibuey and Katahdin); differences were found in SF (6.1±0.2 and 4.9±0.2 mm, for Pelibuey and Katahdin). **Conclusions.** The energy requirements for maintenance were similar in Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan, Mexico.

Keywords: Intake; weight increment; fat; production; ewes (*Source: CAB*).

RESUMEN

Objetivo. Estimar los requerimientos de energía metabolizable para el mantenimiento (ME_m), la eficiencia energética del incremento de peso (EEWG) y el grosor de grasa, en ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán, México. **Materiales y métodos.** Ocho ovejas multíparas no gestantes, no lactantes, fueron alimentadas a tres niveles de consumo con una dieta que contenía 2.0 Mcal/kg⁻¹ de EM y 11% de PC. El consumo de alimento fue medido diariamente, el peso de ovejas y el grosor de grasa subcutánea (SF) se determinó cada 14 días. La ME_m fue estimada por regresión de los valores de peso vivo contra el consumo de EM (MEI), la EEWG fue estimada como los gramos de ganancia de peso por Mcal de MEI. **Resultados.** No existieron diferencias entre razas en ME_m (97±4 y 110±4 kcal/Kg^{0.75}, para Pelibuey y Katahdin respectivamente) y EEWG (58±8 y 63±8 g/Mcal de MEI, para Pelibuey y Katahdin respectivamente); se encontraron diferencias en SF (6.1±0.2 y 4.9±0.2 mm, para Pelibuey y Katahdin respectivamente). **Conclusiones.** Los requerimientos de energía para mantenimiento fueron similares en las ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán, México.

Palabras clave: consumo; incremento de peso; grasa; producción; ovejas (*Fuente: CAB*).

INTRODUCTION

The sheep production in Yucatan is constrained by low quality and availability of grasses and forages through the year, affecting reproduction and growth of animals (1).

The Pelibuey is the predominant sheep breed in Mexican tropics and Yucatan peninsula (2), its potential has been improved through selection and crossbreeding programs with other tropically adapted breeds as Katahdin (3), nevertheless nutritional requirements of these hair sheep have not been revised at all (4).

The energy requirements of sheep vary with genotype, sex, age, physiological condition, physical activity, and environmental temperature (5); in ruminants, a high amount of metabolizable energy use (>50%) goes to maintain parent population and over 70% of whole-energy expenditure can be associated with maintenance (6), the metabolizable energy used for maintenance the breeding herd has enough magnitude to influence animal production (7), the knowledge of these requirements for different breeds and genotypes is of great importance to adjust maternal biological types to the environment (8).

The objective was to estimate metabolizable energy requirements for maintenance (ME_m), energy efficiency of weight gain (EEWG) and fat deposition, in Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan, Mexico.

MATERIALS AND METHODS

Site Study. The study was carried out at the sheep production unit of Instituto Tecnológico de Tizimin, in Yucatan, Mexico. The region is located at 17 masl, climate is AW, warm, subhumid, with an annual temperature varying from 24.5 to 27.5°C, rainfall of 900 to 1100 mm and a rain season between June and October (9).

Feed intake, changes of live weight and fat deposition were measured in Pelibuey and Katahdin ewes during three periods of feeding, using a experimental diet on three feed levels, with the objective of estimate requirements of metabolizable energy for maintenance (ME_m) and energy efficiency of weight gain (EEWG).

Animals and feeding. Eight non pregnant, non lactating, multiparous ewes (3 to 5 calving), with average live weight and standard deviation of 31 ± 2 kg, were assigned to individual corrals with feeder, free access to water and assessed in a

INTRODUCCIÓN

La producción ovina en Yucatán es afectada por la baja calidad y disponibilidad de pastos y forrajes a través del año, afectando la reproducción y crecimiento de los animales (1).

La raza ovina predominante en el trópico mexicano y península de Yucatán es Pelibuey (2), su potencial ha sido mejorado por selección y programas de cruzamiento con otras razas adaptadas al trópico como la Katahdin (3), sin embargo los requerimientos nutricionales de estas razas ovinas de pelo no han sido del todo revisados (4).

Los requerimientos energéticos de los ovinos varían con el genotipo, sexo, edad, condiciones fisiológicas, actividad física y temperatura ambiental (5); en rumiantes, una gran cantidad de energía metabolizable (>50%) es utilizada para mantener a la población parenteral y más del 70% del gasto energético total se asocia con el mantenimiento (6), la energía metabolizable utilizada para mantener el hato reproductor puede tener suficiente magnitud para influenciar la producción animal (7), el conocimiento de estos requerimientos para diferentes razas y genotipos es de importancia para ajustar los tipos biológicos maternos al ambiente (8).

El objetivo fue estimar los requerimientos de energía metabolizable para el mantenimiento (ME_m), la eficiencia energética del incremento de peso (EEWG) y la deposición de grasa, en ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se realizó en la unidad de producción ovina del Instituto Tecnológico de Tizimín, en Yucatán, México. La región se localiza a 17 msnm, con un clima AW, cálido, subhúmedo, una temperatura anual que varía de 24.5 a 27.5°C, precipitación pluvial de 900 a 1100 mm y una época de lluvia de junio a octubre (9).

El consumo de alimento, cambios de peso vivo y deposición de grasa se midieron en ovejas Pelibuey y Katahdin durante tres períodos, utilizando una dieta experimental en tres niveles alimenticios, con el objetivo de estimar los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (ME_m) y la eficiencia energética del incremento de peso (EEWG).

Animales y alimentación. Ocho ovejas no gestantes, no lactantes, multíparas (3 a 5 partos), con un peso vivo promedio y desviación estándar 31 ± 2 kg, fueron asignadas a corrales

complete randomized design with a 2x3 factorial arrangement, two pure breeds (Pelibuey and Katahdin, four repetitions per breed) and three feed levels (100, 120 kilocalories [kcal] of ME kg^{0.75} and *ad libitum*), after adaptation to diet the ewes were feed during three consecutive periods of 28 days each.

The diet was formulated to contain 2.0 megacalories (Mcal) per Kg⁻¹ of ME and 11% of crude protein (CP), it was composed of 50% chopped *Panicum maximum* hay and 50% of a concentrate based on corn (40%), wheat (40%) and soybean meal (20%).

Measurements. Animals were adapted to conditions of feeding and management for 21 days prior to any measurement. Feed intake was measured every morning (07:00) by offered-rejected daily food weighing, to determine dry matter intake (DMI) and ME intake (MEI), the ration were adjusted by ewe live weight every 14 days.

Ewes were weighed by morning every 14 days with a previous 16 hours feed and water withdraws, to assess live weight changes (LWC). Thickness of subcutaneous fat (SF) was measured at beginning and after weighing by ultrasound between 12th and 13th dorsal vertebra, using a fathometer.

Chemical analysis of feedstuffs and feces.

Daily samples of offered and refused food were taken twice a week. Fresh feces samples were taken per ewe, using plastic bags direct from rectus by morning on days 6, 13, 20 and 27 of each experimental period. Feed and feces samples were oven dried at 60°C for 48 h to determine DM content, subsequently dry material were ground to pass a 1 mm sieve and analyzed to determine the percentage of acid-insoluble ashes, as well as crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ash and gross energy (GE, Mcal/kg DM) in feed (10). The chemical composition of the diet per feed level is presented in table 1. Variation in diet values for all nutritional indicators were less than 8%, there were not differences in diet despite feed level ($p \geq 0.05$).

Dry matter digestibility and ME content. The DM digestibility (DMD) of experimental ration for ewe at each feeding level was estimated, using the percentage acid-insoluble ashes (AIA) in feed and feces as an internal marker, using the following equation (11):

$$DMD(\%) = 100 - 100 \left[\frac{(\%AIA \text{ in feed})}{(\%AIA \text{ in feces})} \times \frac{(\%AIA \text{ in feces})}{(\%AIA \text{ in Feed})} \right]$$

individuales con comedero, acceso libre a agua y evaluadas en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 3, dos razas puras (Pelibuey y Katahdin, cuatro repeticiones por raza) y tres niveles de alimentación (100, 120 kilocalorías [kcal] de ME kg^{0.75} y *ad libitum*), después del período de adaptación a la dieta las ovejas fueron alimentadas durante tres períodos consecutivos de 28 días cada uno.

La dieta fue formulada para contener 2.0 megacalorías (Mcal) por kg⁻¹ de EM y 11% de proteína cruda, estuvo compuesta de 50 % *Panicum maximum* molido y 50 % de un concentrado basado en maíz (40%, salvado de trigo (40%) y pasta de soya (20%).

Mediciones. Los animales fueron adaptados a las condiciones de manejo y alimentación por 21 días previos a cualquier medición. El consumo de alimento se midió cada mañana (07:00) por pesaje de alimento ofrecido-rechazado, para determinar el consumo de materia seca (DMI) y consumo de ME (MEI), la ración fue ajustada por el peso vivo de la oveja cada 14 días.

Las ovejas se pesaron cada 14 días durante la mañana con retiro previo de 16 horas de alimento y agua, para determinar cambios de peso vivo (LWC). El grosor de la grasa subcutánea (SF) se midió al inicio y después de cada pesaje por ultrasonido entre la 12^a y 13^a vértebra dorsal, usando un fatómetro.

Análisis químico de alimento y heces.

Muestras diarias del alimento ofrecido y rechazado fueron tomadas dos veces por semana. Muestras de heces frescas fueron tomadas por oveja, utilizando bolsas plásticas directamente del recto durante la mañana los días 6, 13, 20 y 27 de cada período experimental. Las muestras de alimento y heces se secaron en estufa a 60°C por 48 horas para determinar el contenido de materia seca, subsecuentemente el material seco se molió con criba de 1 mm y se analizó para determinar el porcentaje de cenizas insolubles en ácido, proteína cruda (CP), fibra detergente neutra (NDF), fibra detergente ácida (ADF), cenizas y energía bruta (GE, Mcal/kg DM) en el alimento (10). La composición química de la dieta por nivel de alimentación se presenta en la tabla 1. La variación en valores de la dieta para todos los indicadores fue menor al 8 %, no existieron diferencias en la dieta debidas al nivel de alimentación ($p \geq 0.05$).

Digestibilidad de la materia seca y contenido de EM. La digestibilidad de la MS (DMD) de la ración experimental fue estimada para cada oveja en cada nivel de alimentación, utilizando el

Table 1. Chemical composition (DM basis) per feed level of experimental diet for ewes in Yucatan, Mexico.

Feed level	CP (%)	NDF (%)	ADF (%)	EE (%)	Ash (%)	GE (% DM)
<i>Ad libitum</i>	11.4	50.7	27.0	1.3	5.9	4.0
120 kcal/kg ^{0.75}	10.2	52.4	30.2	1.2	5.9	3.7
100 kcal/kg ^{0.75}	11.5	50.1	26.3	1.3	5.6	3.5
Mean	11.0	51.1	27.8	1.3	5.8	3.7
CV	6.4	2.4	7.6	7.0	3.0	5.5

CP= crude protein; NDF= neutral detergent fiber; ADF= acid detergent fiber; EE= ether extract; GE= gross energy; DM= dry matter; kcal= kilocalories; kg^{0.75}= kilograms of metabolic weight; CV= coefficient of variation.

Diet gross energy digestibility (GED) was computed as $GED (\%) = 0.981 DMD - 1.08$, digestible energy (DE) in feed was estimated as $DE (\text{Mcal/kg DM}) = GE * (GED/100)$ and ME (Mcal/kg DM) content was valued as 82% of DE (5).

Maintenance requirements and energy efficiency. The ME requirement for maintenance (ME_m) was considered, as the amount of ME consumed by ewe which induces zero change in live weight and was calculated by regressing values of CLW against MEI ($Y = B_0 + B_1 * x$), expressed as kcal of ME per kg metabolic body weight per day (kcal/Kg^{0.75}/d⁻¹). Energy efficiency of weight gain (EEWG) was estimated as the grams of weight increase per Mcal of MEI (g/Mcal MEI) (12).

Efficiency of utilization of ME for maintenance (k_m) and weight gain (k_g) were estimated by equations $k_m = 0.35 qm + 0.503$ and $k_g = 0.78 qm + 0.006$, where qm is the metabolizability of diet, proportion of ME in GE (13).

Statistical analysis. A simple statistical model was used to analyze the effect of ewe breed, feeding level and interaction, the variables were analyzed by general linear model procedure of statistical computational software SAS, the interaction was excluded because was not significant ($p \geq 0.05$), means in each factor were compared with the multiple range test (minimum significant difference).

RESULTS

The results of measurements in live weight change, dry matter consumption, metabolizable energy intake, digestibility and subcutaneous fat thickness in Pelibuey and Katahdin sheep are shown in table 2.

porcentaje de cenizas insolubles en ácido (AIA) en alimento y heces como marcador interno, mediante la siguiente ecuación (11):

$$DMD (\%) = 100 - 100 \left(\frac{(\%AIA \text{ en alimento})}{(\%AIA \text{ en heces})} \times (\% IA \text{ en heces}) / (\%AIA \text{ en alimento}) \right)$$

La digestibilidad de la energía bruta de la dieta (GED) fue computada como $GEP (\%) = 0.981 DMD - 1.08$, la energía digestible (DE) del alimento se estimó como $DE (\text{Mcal/kg DM}) = GE * (GED/100)$ y el contenido de ME (Mcal/kg DM) fue calculado como el 82% de la DE (5).

Requerimientos de mantenimiento y eficiencia energética. El requerimiento de ME para mantenimiento (ME_m) fue considerado, como la cantidad de ME consumida por oveja con cero cambios de peso vivo y fue calculado por regresión de los valores de CLW contra MEI ($Y = B_0 + B_1 * x$), se expresó como kcal de ME por kg de peso metabólico por día (kcal/Kg^{0.75}/d⁻¹). La eficiencia energética del incremento de peso (EEWG) fue estimada como los gramos de incremento de peso por Mcal de MEI (g/Mcal MEI) (12).

La eficiencia de utilización de la EM para el mantenimiento (k_m) y ganancia de peso (k_g) fue estimado por las ecuaciones $k_m = 0.35 qm + 0.503$ y $k_g = 0.78 qm + 0.006$, donde qm representa la metabolizabilidad de la dieta, proporción de ME en la GE (13).

Análisis estadístico. Se utilizó un modelo estadístico simple para analizar el efecto de las raza de la oveja, el nivel de alimentación y la interacción, las variables fueron analizadas por el procedimiento de modelos lineales generales del programa estadístico SAS, la interacción fue excluida debido a que no resultó significativa ($p \geq 0.05$), las medias para cada factor fueron comparadas con la prueba de rango múltiple (Mínima diferencia significativa).

RESULTADOS

Los resultados de las mediciones del peso vivo, consumo de materia seca, energía metabolizable, digestibilidad y grosor de grasa subcutánea en ovejas Pelibuey y Katahdin se muestran en la tabla 2.

El peso inicial y final por oveja fue 30.7 ± 2.2 y 38.9 ± 4.0 kg; no hubieron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre razas (31 ± 2 y 32 ± 4 kg de peso inicial para Pelibuey y Katahdin respectivamente; 38 ± 4 y 40 ± 3 kg de peso final para Pelibuey y Katahdin respectivamente).

Table 2. Breed and feed level means of dry matter intake, DM digestibility, metabolizable energy intake, live weight change and subcutaneous fat of Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan, Mexico.

		LWC (g/d ⁻¹)	DMI (g/kg ^{0.75})	MEI (kcal/kg ^{0.75})	DMD (%)	SF (mm)
Breed	Pelibuey	110	68	123	60.0	6.1 ^a
	Katahdin	119	66	120	59.6	4.9 ^b
	SE	11	0.9	2	0.5	0.2
Feed level	<i>Ad libitum</i>	123 ^a	85 ^a	154 ^a	59.4	6.1 ^a
	120 kcal/kg ^{0.75}	107 ^a	64 ^b	115 ^b	59.3	5.8 ^a
	100 kcal/kg ^{0.75}	- 59 ^b	53 ^c	96 ^c	60.6	4.6 ^b
	SE	19	1.2	2	0.6	0.2

^{abc} different letters in same variation factor and variable indicates statistical difference ($p < 0.05$); DMI = dry matter intake; DMD = DM digestibility; MEI = metabolizable energy intake; LWC = live weight change; SF = subcutaneous fat; Mcal = megacalories; kcal = kilocalories; kg^{0.75} = kilograms of metabolic weight; SE = standard error of estimation.

The average initial and final live weights for ewes were 30.7 ± 2.2 and 38.9 ± 4.0 kg; there were no differences ($p \geq 0.05$) between breeds (31 ± 2 and 32 ± 4 kg of initial weight for Pelibuey and Katahdin; 38 ± 4 and 40 ± 3 kg of final weight for Pelibuey and Katahdin).

The feed consumption behavior was influenced by feed level ($p \leq 0.05$), average DMI and MEI was 67 ± 14 g/kg^{0.75} and 122 ± 21 kcal/kg^{0.75}, there were no statistical differences ($p \geq 0.05$) for breed factor.

There were statistic differences between breeds ($p \leq 0.05$) for subcutaneous fat. The feed level affected ($p \leq 0.05$) dry matter intake, energy intake, live weight and subcutaneous fat thickness.

The regression equations to estimate maintenance energy requirements, efficiency of ME utilization for maintenance (k_m), gain (k_g) and energy efficiency of weight gain of Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan, Mexico, are presented in table 3.

El consumo de alimento estuvo influenciado por el nivel de alimentación ($p \leq 0.05$), el DMI y MEI promedio 67 ± 14 g/kg^{0.75} y 122 ± 21 kcal/kg^{0.75} respectivamente, no existieron diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) por el factor raza.

Se detectaron diferencias significativas entre razas ($p \leq 0.05$) para grosor de grasa subcutánea. El nivel de alimentación afectó ($p \leq 0.05$) el consumo de materia seca, consumo de energía, peso vivo y grosor de grasa subcutánea.

Las ecuaciones de regresión para estimar los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento, eficiencia de utilización de la ME para el mantenimiento (k_m), ganancia (k_g) y eficiencia energética del incremento de peso de ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán, se presentan en la tabla 3.

No hubo efecto de raza o nivel de alimentación ($p \geq 0.05$) en los parámetros de requerimientos y eficiencia energética, no obstante, las ovejas Katahdin presentaron 12.5 y 8.6% más altos requerimientos de mantenimiento (ME_m) y eficiencia energética (EEWG) que las ovejas Pelibuey.

Table 3. Energy requirements for maintenance, efficiency of ME utilization and energy efficiency for weight gain in Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan.

Breed	Regression equation	R	SE	ME _m (kcal/kg ^{0.75})	CV (%)	k _m (%)	k _g (%)	EEWG (g/Mcal)
Pelibuey	$Y = 103.817 + 0.267367 \text{ LWC}$	0.71	19.1	97.3	9.8	0.67	0.39	58.2
Katahdin	$Y = 113.189 + 0.151998 \text{ LWC}$	0.72	18.8	109.5	5.7	0.67	0.38	63.2

R= correlation coefficient; SE= standard error of estimation; LWC= live weight change; ME_m = metabolizable energy requirement for maintenance; CV= coefficient of variation; k_m = efficiency of ME utilization for maintenance; k_g = energy efficiency of ME utilization for gain; EEWG = energy efficiency of weight gain.

There were no effect of breed or feed level ($p \geq 0.05$) on parameters of energy requirements and efficiency, nevertheless Katahdin ewes had 12.5 and 8.6% higher metabolizable energy requirements for maintenance (ME_m) and energy efficiency for weight gain (EEWG) than Pelibuey.

DISCUSSION

As expected, the live weight was affected by feed level ($p \leq 0.05$) but it was similar between breeds ($115 \pm 6 \text{ g/d}^{-1}$ LWC, CV = 6%). Wildeus et al (14) have reported coefficients of variation of 19.9 % between hair sheep ($p \leq 0.001$), despite to growth rates and mature body weight breed differences. Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan seem to have similar increase rates and mature body weight.

The feed consumption was similar in both ewe breed ($p \geq 0.05$), Canton et al (15) observed this behavior in the same region, they recorded similar DMI ($p \geq 0.05$) between growing crossbreeding hair sheep ($198 \pm 8 \text{ g/kg}^{0.75}$ DMI, CV=4.1%) On the other hand, Silva et al (16) quantified about 12.5 % less average DMI and observed differences ($p \leq 0.05$) between Morada Nova and Santa Inês ewes in Brazil ($59 \pm 15 \text{ g/kg}^{0.75}$ DMI, CV=21%). The Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan have similar consumption behavior; this could have implications on nutritional requirements and efficiency of use of energy from feedstuff.

There was no effect of breed or feed level on diet digestibility, the average DMD was $59.8 \pm 2.6\%$ (CV=3.0%), this results contrast with Silva et al (17) who reported 59.9 and 62.0 % of DMD to wool and hair sheep respectively ($p \leq 0.05$). The results indicate that Pelibuey and Katahdin sheep have similar capacities to draw upon feedstuff to obtain metabolizable energy (ME) at any feed level situation.

There was no effect of feed level on subcutaneous fat ($p \geq 0.05$) in ewes, in contrast with Chay et al (18), who found a significant increment in body fat (7 to 10%) of Pelibuey ewes in Yucatan, Mexico. There were differences by breed factor in subcutaneous fat thickness ($p \leq 0.05$), Pelibuey ewes accumulated 25% more fat than Katahdin, feed level had significant effect ($p \leq 0.05$) in fat accumulation as well. This inclination that has been noticed by Partida et al (19), they found a variation coefficient of 7.3% between Pelibuey and Pelibuey x Suffolk/Dorset sheep in carcass fat ($p \leq 0.05$). Hernandez et al (20) validated this fact in sheep biotypes; they measured significant differences ($p \leq 0.05$)

DISCUSIÓN

Como se esperaba, el peso vivo fue afectado por el nivel de alimentación ($p \leq 0.05$), pero fue similar entre razas ($115 \pm 6 \text{ g/d}^{-1}$ LWC, CV = 6%). Wildeus et al (14) han reportado coeficientes de variación de 19.9 % entre razas ovinas de pelo ($p \leq 0.001$), debido a diferencias raciales en tasas de crecimiento y peso vivo maduro. Las ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán aparentemente presentan similares tasas de incremento de peso y peso a la madurez.

El consumo de alimento fue similar en ambas razas ovinas ($p \geq 0.05$), Canton et al (15) observaron este comportamiento en la misma región, registraron un similar DMI ($p \geq 0.05$) entre ovinos de pelo cruzados en crecimiento ($198 \pm 8 \text{ g/kg}^{0.75}$ DMI, CV=4.1%). Por otro lado, Silva et al (16) cuantificaron un 12.5 % menos DMI y observaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre ovejas de las razas Morada Nova y Santa Inês en Brasil ($59 \pm 15 \text{ g/kg}^{0.75}$ DMI, CV=21%). Las ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán presentan consumo de alimento similar; esto podría tener implicaciones en los requerimientos nutricionales y la eficiencia del uso de la energía de los alimentos.

No hubo efecto de raza o nivel de alimentación en la digestibilidad de la dieta, la DMD promedio fue $59.8 \pm 2.6\%$ (CV=3.0%), este resultado contrasta con Silva et al (17) quienes reportaron 59.9 y 62.0% de DMD para razas ovinas de lana y pelo respectivamente ($p \leq 0.05$). Los resultados indican que las ovejas Pelibuey y Katahdin tienen capacidad similar para aprovechar y obtener energía metabolizable en cualquier nivel de alimentación.

No existió efecto del nivel de alimentación en el grosor de grasa subcutánea ($p \geq 0.05$) en las ovejas, en contraste con Chay et al (18), quienes encontraron un incremento significativo en la grasa corporal (7 a 10%) de ovejas Pelibuey en Yucatán, México. Hubieron diferencias por efecto de raza en el grosor de grasa subcutánea ($p \leq 0.05$), las ovejas Pelibuey acumularon 25% más grasa que Katahdin, el nivel de alimentación tuvo también un efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la acumulación de grasa. Esta tendencia ha sido documentada por Partida et al (19), ellos encontraron un coeficiente de variación de 7.3% en la grasa en canal de ovinos Pelibuey y Pelibuey x Suffolk/Dorset ($p \leq 0.05$). Hernandez et al (20) validaron este hecho en biotipos ovinos; ellos midieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el grosor de grasa subcutánea (2.5 ± 0.05 y 2.3 ± 0.04 mm, para Pelibuey y razas lanares respectivamente) y concluyeron

in subcutaneous fat thickness (2.5 ± 0.05 and 2.3 ± 0.04 mm for Pelibuey and wool sheep) and concluded that sheep from rustic and prolific groups such as Pelibuey tend to accumulate more fat than other specialized breeds. Fat reserves in hair sheep such as Pelibuey and Katahdin ewes would represent an advantage in dry season in Yucatan sheep system; this energy reservoir can be used for maintenance and lactation with an efficiency of 74 to 84% (5).

The ME_m average was 103.4 ± 9.9 kcal/kg^{0.75} and was in the range for cattle in sheep (100 to 110 kcal/kg^{0.75}) suggested by NRC (5). In Mexico there are reports of high coefficients for ME_m for hair sheep (117 to 143 kcal/kg^{0.75}, $r^2 = 0.42$), even higher than wool breeds (21). Pelibuey and Katahdin sheep ME_m measurements in Yucatan, are in the range (85.9 to 112.8 kcal/kg^{0.75}) of the another studies about Pelibuey crosses (Pelibuey x Rambouillet/Dorper/Han/Santa Inês) in the world (22,23).

The values of ME use efficiency for maintenance and gain (k_m , k_g) were similar to evaluations made for sheep in different regions and nutritional systems. The k_m has been ranged from 0.64 to 0.67 by different sources (24); k_g is widely ranged from 0.3 to 0.6 by AFRC (25), but results are close to Galvani et al (23) observations ($k_g = 0.36 \pm 3.7$). The average EEWG was 60.7 ± 14.3 g/Mcal MEI and there are no precedents of measurements about this indicator, but results are near of cattle studies (EEWG = 72.9 ± 10.4 g/Mcal MEI) carried out in Yucatan (11).

In conclusion, the energy requirements for maintenance (ME_m) are similar in Pelibuey and Katahdin non-pregnant, non-lactating, multiparous ewes in Yucatan systems. The ME is used with similar efficiency for weight gain in Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan. There are differences in subcutaneous fat thickness between Pelibuey and Katahdin ewes in Yucatan. Fat reserves in Pelibuey and Katahdin ewes would represent an advantage for dry season in Yucatan systems; it can be use for maintenance and lactation with high efficiency.

que ovinos de grupos rústicos y prolíficos como el Pelibuey tienden a acumular más grasa que otras razas especializadas. Las reservas de grasa en razas ovinas de pelo como el Pelibuey y Katahdin pueden representar una ventaja en la época seca en sistemas ovinos de Yucatán; esta reserva de energía puede ser utilizada para el mantenimiento y lactancia con una eficiencia del 74 al 84% (5).

El ME_m promedio fue 103.4 ± 9.9 kcal/kg^{0.75} y se encontró en el rango para bovinos y ovinos (100 a 110 kcal/kg^{0.75}) sugerido por el NRC (5). En México existen reportes de altos coeficientes de ME_m para ovinos de pelo (117 a 143 kcal/kg^{0.75}, $r^2 = 0.42$), incluso más altos que razas lanares (21). Las mediciones de ME_m en ovinos Pelibuey y Katahdin en Yucatán, se encuentran en el rango (85.9 a 112.8 kcal/kg^{0.75}) de otros estudios sobre cruza con la raza Pelibuey (Pelibuey x Rambouillet/Dorper/Han/Santa Inês) en el mundo (22,23).

Los valores de uso de la ME para mantenimiento y ganancia (k_m , k_g) fueron similares a los obtenidos en evaluaciones de ovinos en diferencias regionales y sistemas nutricionales. La k_m ha sido reportada en el rango de 0.64 a 0.67 por diferentes fuentes (24); la k_g ha sido reportada con un amplio rango de 0.3 a 0.6 por AFRC (25), pero los resultados son más cercanos a las observaciones de Galvani et al (23) ($k_g = 0.36 \pm 3.7$). La EEWG promedio fue 60.7 ± 14.3 g/Mcal MEI y no se encontraron antecedentes en la medición de este indicador, sin embargo los resultados se encontraron cercanos a los obtenidos en estudios con bovinos (EEWG = 72.9 ± 10.4 g/Mcal MEI) llevados a cabo en Yucatán (11).

En conclusión, los requerimientos de energía para mantenimiento (ME_m) son similares para ovejas Pelibuey y Katahdin multíparas, no gestantes, no lactantes en sistemas ovinos de Yucatán. La energía metabolizable se utiliza con eficiencia similar para el incremento de peso en ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán. Existen diferencias en el grosor de grasa subcutánea entre ovejas Pelibuey y Katahdin en Yucatán. Las reservas de grasa en las ovejas Pelibuey y Katahdin podrían representar una ventaja para la época seca en los sistemas ovinos de Yucatán; ésta puede ser utilizada para mantenimiento y lactación con alta eficiencia.

REFERENCES

1. Ku VJC, Briceño EG, Ruiz A, Mayo R, Ayala AJ, Aguilar CF, et al. Manipulation of the energy metabolism of ruminants in the tropics: options for improving meat and milk production and quality. *Cuban J Agric Sci.* 2014; 48(1):43-53.
2. Duarte VF, Sandoval CC y Sarmiento FL. Evaluación del modelo CNCPS-S para predecir el crecimiento del borrego Pelibuey. *Rev Cient FCV-LUZ.* 2008; 18(3):296-304.
3. Lupton CJ. Impacts of animal science research on United States sheep production and predictions for the future. *J Anim Sci.* 2008; 86(11):3252-3274.
4. Chay CAJ, Espinoza HJC, Ayala BAJ, Magaña MJG, Aguilar PCF, Chizzotti ML, et al. Relationship of empty body weight with shrunken body weight and carcass weights in adult Pelibuey ewes at different physiological states. *Small Rumin Res.* 2014; 117:10-14.
5. [NRC] National Research Council. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids.* Natl Acad Press: Washington, DC; 2007.
6. Caton JS and Olson BE. Energetics of grazing cattle: Impacts of activity and climate. *J Anim Sci.* 2016; 94(6):74-83.
7. Ferrell CL and Oltjen JW. Net energy systems for beef cattle - Concepts, application, and future models. *J Anim Sci.* 2008; 86(10):2779-2784.
8. Calegare L, Alencar MM, Packer IU and Lanna DPD. Energy requirements and cow/calf efficiency of Nellore and Continental and British *Bos taurus* x Nellore crosses. *J Anim Sci.* 2007; 85:2413-2422.
9. García M. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen.* Universidad Nacional Autónoma de México. Ed. UNAM: México; 1981.
10. Cárdenas MJV, Kú VJC y Magaña MJG. Eficiencia energética de la producción de destetes en vacas Brahman (*Bos indicus*) y cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) en Yucatán, México. *Archivos de Zootecnia.* 2015; 64(246):117-122.
11. Cárdenas MJV, Ku VJC and Magaña MJG. Estimation of metabolizable energy requirements for maintenance and energetic efficiency of weight gain in *Bos taurus* and *Bos indicus* cows in tropical Mexico. *J Anim Vet Adv.* 2010; 9(2):421-428.
12. Chizzotti ML, Tedeschi LO and Valadares Filho SC. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. *J Anim Sci.* 2008; 86(5):1588-1597.
13. Marcondes MI, Tedeschi LO, Valadares Filho SC and Gionbelli MP. Predicting efficiency of use of metabolizable energy to net energy for gain and maintenance of Nellore cattle. *J Anim Sci.* 2013; 91(10):4887-4898.
14. Wildeus S, Turner KE, Collins JR. Growth performance of Barbados blackbelly, Katahdin and St. Croix Hair sheep lambs fed pasture- or hay-based diets. *Sheep & Goat Research Journal.* 2005; 20(1):37-41.
15. Canton GCJ, Bores QR, Baeza RJ, Quintal FJ, Santos RR and Sandoval CC. Energy retention of F1 Pelibuey lambs crossed with breeds for meat production. *J Anim Vet Adv.* 2009; 8(12):2655-2661.
16. Silva TPD, Marques CAT, Torreão JNC, Araújo MJ and Bezerra LR. Intake, digestibility, milk yield and indicators of the metabolic status of native ewes fed supplemented diet under grazing system. *Ital J Anim Sci.* 2015; 14:272-279.
17. Silva A, Silva SA, Trindade I, Resende K and Bakke O. Net requirements of protein and energy for maintenance of wool and hair lambs in tropical region. *Small Rumin Res.* 2003; 49:165-171.
18. Chay CAJ, Ayala BAJ, Ku VJC, Magaña MJG and Tedeschi LO. The effects of metabolizable energy intake on body fat depots of adult Pelibuey ewes fed roughage diets under tropical conditions. *Trop Anim Health Prod.* 2011; 43(5):929-936.
19. Partida PJA, Braña VD and Martínez RL. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruces con Suffolk o Dorset. *Tec Pec Méx.* 2009; 47(3):313-322.

20. Hernández CL, Ramírez BJE, Guerrero LMI, Hernández MO, Crosby GMM and Hernández CLM. Effects of crossbreeding on carcass and meat quality of Mexican lambs. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2009; 61(2):475-483.
21. Canton GCJ, Moguer OY and Castellanos RA. Estimación de rendimiento energético de mantenimiento en borrego Pelibuey en clima tropical. *Tec Pec Méx.* 1995; 33(1):66-73.
22. Deng KD, Jiang CG, Tu Y, Zhang NF, Liu J, Ma T, et al. Energy requirements of Dorper crossbred ewe lambs. *J Anim Sci.* 2014; 92(5):2161-2169.
23. Galvani DB, Pires AV, Susin I, Gouvêa VN, Berndt A, Chagas LJ, et al. Energy efficiency of growing ram lambs fed concentrate-based diets with different roughage sources. *J Anim Sci.* 2014; 92(1):250-263.
24. Tedeschi LO, Cannas A and Fox DG. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Rumin Res.* 2010; 89(2):174-184.
25. [AFRC] Agriculture and Food Research Council. Energy and Protein Requirements of Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International: Wallingford, U.K.; 1993.