

Profile of fatty acids of *Longissimus dorsi* muscle and productive indicators of sheeps, supplemented with pods of *Acacia cochliacantha*, in grasslands native to dry tropics

Perfil de ácidos grasos del *Longissimus dorsi* e indicadores productivos de corderos, suplementados con vainas de *Acacia cochliacantha*, en praderas nativas del trópico seco

E.J. Mireles¹, D. Rodríguez², H. Jordán², M. Valdivia³, A. Ramírez⁴, A. García⁴ and J. Olivares¹

¹ Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Guerrero, México.
km 2.5 Carretera Cd. Altamirano- Iguala Cd Altamirano Gro. CP 40660

² Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³ Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
Av. Universidad 3000, Coyoacán, Del Carmen, 04510 Ciudad de México, D.F., México

⁴ Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

Email: emirelesmartinez@gmail.com

Daily weight gain, hot carcass yield and profile of fatty acids of *Longissimus dorsi* muscle were determined in 30 Pelibuey-Black Belly x Dorper-Katahdin lambs, with 20 ± 2 kg of liveweight, supplemented with ground pods of *Acacia cochliacantha*, in irrigated native grasslands. The animals were selected at random and three treatments were designed: 1) grazing and 0 % of supplementation, 2) grazing plus 15 % of supplementation, and 3) grazing plus 30 % of supplementation with *Acacia cochliacantha*, according to the dry matter requirements. The grasslands were composed by shrubs, grasses and herbaceous plants. Daily weight gain, hot carcass yield, weight of liver, kidneys and heart, perirenal and pericardial fat, and profile of fatty acids were determined. The analysis of variance was applied to the data. There were no significant differences in daily weight gain (68, 59 and 63 g), hot carcass yield (37.08, 37.84 and 39.09 %), weight of viscera and intramuscular fat (1.59, 1.84 and 1.72 %). There was a C18:2-n6/c18:3-n3 (omega 6/omega 3) relation of 3.53, 3.25 and 3.38 in the *Longissimus dorsi* muscle, for the 0, 15 and 30 % supplementation groups, respectively. The treatment with 30 % of supplementation had the lowest content ($P < 0.05$) of C22:1n-9, regarding the control treatment. It can be concluded that lambs in irrigated native grasslands, with or without supplementation of pods of *Acacia cochliacantha*, produced acceptable hot carcass yield and daily weight gains, and a close relation of C18:2-n6/c18:3-n3. There was only a decrease of erucic acid (C22:1n-9) in the *Longissimus dorsi* muscle of the supplemented animals

Key words: ovine, daily weight gain, intramuscular fat, supplementation, *Acacia cochliacantha*

Se determinó la ganancia diaria de peso, el rendimiento de la canal caliente y el perfil de ácidos grasos del *Longissimus dorsi* de 30 corderos Pelibuey-Black Belly x Dorper-Katahdin, de 20 ± 2 kg de peso vivo, suplementados con vaina molida de *Acacia cochliacantha*, en pastoreo de praderas nativas irrigadas. Los animales se seleccionaron completamente al azar y se diseñaron tres tratamientos: 1) pastoreo y 0 % de suplementación; 2) pastoreo más 15 % suplementación; 3) pastoreo más 30 % de suplementación con *Acacia cochliacantha*, según los requerimientos de materia seca. Las praderas estuvieron compuestas por gramíneas, arbustivas y herbáceas. Se determinó la ganancia diaria de peso, el rendimiento en canal caliente, el peso del hígado, riñones, corazón, grasa pericárdica y perirenal y perfil de ácidos grasos. A los datos se les aplicó análisis de varianza. No hubo diferencias significativas en la ganancia diaria de peso (68, 59 y 63 g), rendimiento en canal caliente (37.08, 37.84 y 39.09 %), peso de las vísceras y grasa intramuscular (1.59, 1.84 y 1.72 %). Hubo relación C18:2-n6/c18:3-n3 (omega 6/omega 3) de 3.53, 3.25 y 3.38 en el músculo *Longissimus dorsi*, para los grupos con 0, 15 y 30 % de suplementación, respectivamente. El tratamiento con 30 % de suplementación tuvo menor contenido ($P < 0.05$) de C22:1n-9, con respecto al tratamiento control. Se concluye que los corderos en praderas nativas irrigadas, con suplementación de vaina *Acacia cochliacantha* o sin ella, produjeron ganancia diaria de peso y rendimientos en canal caliente aceptables y relación estrecha de C18:2-n6/c18:3-n3. Solo hubo disminución del ácido erúico (C22:1n-9) en el *Longissimus dorsi* en los animales suplementados.

Palabras clave: ovinos, ganancia diaria de peso, grasa intramuscular, suplementación *Acacia cochliacantha*

Introduction

Ovine meat production in Mexico is not enough to cover the demand of this product. Therefore, more than 40 % of the national consumption is imported (Martínez *et al.* 2009). Feeding based on forages generates a reduction of productive indexes, but at low costs compared to the intensive fattening based on grains and pastes of oleaginous plants, to obtain daily weight gains (DWG) of 250 g or more (Macedo and Castellanos 2004 and Macías *et al.* 2010). The meat of sheep fed with forages show less content of fat and a

Introducción

La producción de carne de ovino en México es insuficiente para cubrir la demanda de este producto. Por ello, se importa más de 40 % del consumo nacional (Martínez *et al.* 2009). La alimentación basada en forrajes genera reducción de los índices productivos, pero a menores costos, en comparación con la engorda intensiva basada en granos y pastas de oleaginosas, para obtener ganancias diarias de peso (GDP) de 250 g o más (Macedo y Castellanos 2004 y Macías-Cruz *et al.* 2010). La carne de ovinos alimentados con forrajes

beneficial fatty acid profile for the health of consumers, regarding those fed with large amounts of grain in the ration (Velazco *et al.* 2004 and Nuernberg *et al.* 2008). Nowadays, it is important the production of hair sheep, with a great performance in systems of low inputs, based on forages of medium nutritional quality that produce small and lean carcasses, with different chemical composition, compared to the animals fattened with grain-rich diets (Johnson *et al.* 2010 and Turner *et al.* 2014).

Lamb grazing in irrigated native grasslands and the physical control of weeds is an alternative for feeding lambs, together with the supplementation with shrub fruits. The objective of this study was to determine daily weight gain (DWG), carcass yield, weight of some viscera and perirenal and pericardial fat, and to perform a proximal chemical analysis and find the profile of fatty acids of the *Longissimus dorsi* muscle of sheeps in native grasslands, with irrigation and supplementation with ground pods of *Acacia cochliacantha*.

Materials and Methods

This study was carried out from October, 2012 to January, 2013, at the Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia from the Universidad Autónoma de Guerrero, located at km 2.5 de la carretera Altamirano- Iguala, Pungarabato municipality, Tierra Caliente region, Guerrero, Mexico. This area is located at 18° 20' 30" NL and 100° 39' 18" WL. The climate, according to a classification of Köopen, is subhumid warm AW0 type (INIA1982).

Animals. An amount of 30 Pelibuey-Black Belly x Dorper-Katahdin lambs were used, with 20 ± 2 kg of liveweight. They were wormed and injected intramuscularly with A, D, E vitamins before the beginning of the experimental period, and they were divided completely at random into three treatments: 1) 100 % grazing with 0 % of supplementation (control treatment), 2) grazing plus 15 % of supplementation, and 3) grazing plus 30 % of supplementation (30 % treatment). The ground pods of *Acacia cochliacantha* were used as supplementation, with 102 g and 205 g, respectively. Table 1 shows the chemical composition of the diets.

Grazing. Six mixed native grasslands were used, with 20 x 40 m, with rotational grazing of five days per 30 d of recovery, with irrigation every seven days and annual application of ovine manure ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) during the dry period (González 1995).

Weeds were extracted from their root for their control. Grass cutting was performed every three months to avoid the growth of shrubs over 50 cm high. The botanical composition was determined with the use of two exclusion cages (1x1m) FAO (1996), located in three grasslands, selected at random, one per each treatment.

presenta menos contenido de grasa y perfil de ácidos grasos benéfico para la salud de los consumidores, con respecto a los ovinos alimentados con grandes cantidades de granos en la ración (Velazco *et al.* 2004 y Nuernberg *et al.* 2008). En la actualidad, es de gran interés la producción de ovinos de pelo, con buen desempeño en sistemas de bajos insumos, basados en forrajes de moderada calidad nutritiva que producen canales pequeñas, magras y con diferente composición química, en comparación con animales que se engordan con dietas altas en granos (Johnson *et al.* 2010 y Turner *et al.* 2014).

Una alternativa para la alimentación de ovinos es el pastoreo de corderos en las praderas nativas irrigadas y el control físico de malezas, unido a la suplementación con frutos de arbustos. El objetivo de este estudio fue determinar la ganancia diaria de peso (GDP), rendimiento en canal, peso de algunas vísceras y grasa pericárdica y perirenal; además de realizar el análisis químico proximal y hallar el perfil de ácidos grasos del *Longissimus dorsi* de corderos que habitan en pradera nativas, con riego y suplementación con vainas molidas de *Acacia cochliacantha*.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó de octubre de 2012 a enero de 2013, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en el km 2.5 de la carretera Altamirano- Iguala, en el municipio de Pungarabato, en la región de Tierra Caliente, Estado de Guerrero. Esta zona está situada en los 18° 20' 30" latitud norte y 100° 39' 18" de longitud oeste. El clima, según la clasificación de Köopen, es de tipo AW0 cálido subhúmedo (INIA1982).

Animales. Se utilizaron 30 corderos, de 20 ± 2 kg de peso vivo, de raza Pelibuey-Black Belly x Dorper-Katahdin. Se desparasitaron e inyectaron vía intramuscular con vitaminas A, D, E, antes de iniciar el período experimental y se dividieron completamente al azar en tres tratamientos: 1) 100 % pastoreo con 0 % de suplementación (tratamiento control), 2) pastoreo más 15 % de suplementación, 3) pastoreo más 30 % de suplementación (tratamiento 30 %). La suplementación fue con vaina molida de *Acacia cochliacantha*, 102 g y 205 g respectivamente. La composición química se muestra en la tabla 1.

Pastoreo. Se utilizaron seis praderas nativas mixtas, de 20 x 40 m, con pastoreo rotativo de cinco días por 30 d de recuperación, con riego cada siete días, con aplicación única anual de abono de ovino ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en el período seco (González 1995).

Las malezas se extrajeron de raíz para su control. El chapeo se realizó cada tres meses para evitar el crecimiento de los arbustos por encima de los 50 cm de altura. La composición botánica se determinó por medio de dos jaulas de exclusión (1x1m) FAO (1996), colocadas en tres praderas, seleccionadas al azar una por tratamiento.

La composición botánica promedio de las dietas estuvo

Table 1. Chemical composition of experimental diets and *Acacia cochliacantha* pod digestibility of lambs in irrigated native grasslands

Nutritional principle	0%	15%	30%	SE±	P	Pods of <i>Acacia cochliacantha</i>
Dry matter	35.06	37.74	39.50	2.4	0.4463	94.04
Crude protein (N x 6.25)	8.93	7.82	8.54	0.69	0.6766	11.89
Ether extract	4.32	3.41	3.71	0.78	0.8324	3.05
Ashes	12.09	12.53	11.67	0.33	0.1714	6.35
Crude fiber	27.78	28.68	28.40	1.39	0.8366	32.30
Nitrogen-free elements	46.88	47.57	47.69	1.74	0.8953	46.42
ADF	43.83	47.06	45.10	1.94	0.7867	46.16
NDF	69.21	69.76	65.83	2.07	0.3673	59.88
Cell content	34.40	34.71	38.92	2.49	0.2581	40.12
Cellulose	32.64	33.04	33.64	1.17	0.7895	33.52
Hemicellulose	25.39	22.70	20.73	1.66	0.0627	13.72
Lignin	7.86	8.27	8.70	0.53	0.5530	12.11
IVDDM	36.78	38.39	40.17	4.88	0.8794	48.71 ¹

IVDDM *in vitro* digestibility of dry matter¹*In vivo* digestibility, conventional method (McDonald *et al.* 2006)

The mean botanical composition of diets was formed by grasses (*Chloris virgata* Sw 72.28 %, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. 5.52 % and *Setaria* spp. 6.10 %), shrubs (*Acacia cochliacantha* 6.93 %, *Acacia farnesiana* (L.) Willd. 3.19 %, *Prosopis laevigata* 0.16 % and *Pithecellobium dulce* 1.01 %), legumes (*Indigofera jamaicensis* Spreng 0.03 %), and herbaceous plants (*Desmanthus virgatus* (L) 0.27 %, *Ipomoea pedatisecta* Mart. et Gal 3.34 %, *Mitracarpus hirtus* (L) DC 0.11 %, *Aeschynomene americana* (L) 0.34 % and *Euphorbia nutans* Lam. 0.72 %).

Experimental procedure. Lambs grazed daily from 9.00 a.m. to 6.00 p.m. During the night, they were kept in pens (3 x 3 m), with ground floor and galvanized roof, with free access to water in the treatments with 15 and 30 %. The animals received ground pods of *Acacia cochliacantha* in feeding troughs every day, with 102 and 205 g of DM/lamb, equivalent to 15 and 30 % of dry matter requirements, respectively, according to NRC (2007).

The adapting period lasted 10 d. the record of liveweight was performed every 21 d for five periods.

Six lambs were sacrificed from each group, selected at random. The living animal and the hot carcass were weighed with a scale of 100 g. A top loading balance was used to weight the pericardial and perirenal fat, heart, kidneys, liver and gallbladder.

A sample of the *Longissimus dorsi* muscle of each sheep was taken, through a dissection from the first to the seventh thoracic vertebra of the left side of the carcass. The samples were refrigerated at 4 °C during 24 h and, later, they were frozen up to -20 °C until their processing.

The studied variables were total weight gain (TWG), daily weight gain (DWG), hot carcass yield (HCY),

constituida en porcentaje por gramínea (*Chloris virgata* Sw 72.28, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. 5.52 y *Setaria* spp. 6.10); arbustivas (*Acacia cochliacantha* 6.93, *Acacia farnesiana* (L.) Willd. 3.19, *Prosopis laevigata* 0.16 y *Pithecellobium dulce* 1.01); leguminosas (*Indigofera jamaicensis* Spreng 0.03); herbáceas (*Desmanthus virgatus* (L) 0.27, *Ipomoea pedatisecta* Mart. et Gal 3.34 *Mitracarpus hirtus* (L) DC 0.11, *Aeschynomene americana* (L) 0.34 y *Euphorbia nutans* Lam. 0.72).

Procedimiento experimental. Los corderos pastorearon diariamente de 9.00 a.m. a 6.00 p.m. Durante las noches se alojaron en corraletas (3 x 3 m), con piso de tierra y techo de lámina galvanizada, con acceso libre al agua, en los tratamientos con 15 y 30 %. Los animales recibían diariamente en comederos vaina molida de *Acacia cochliacantha*, 102 y 205 g de MS/cordero respectivamente, cantidad equivalente a 15 y 30 % de los requerimientos de materia seca respectivamente, según el NRC (2007).

El período de adaptación fue de 10 d. El registro del peso vivo fue cada 21 d durante cinco períodos.

Se sacrificaron de cada grupo seis corderos, seleccionados completamente al azar. Se pesó el animal vivo y la canal caliente con una báscula con escala de 100 g. Para pesar la grasa pericárdica, perirenal, corazón, riñón derecho e izquierdo, hígado y vesícula biliar, se utilizó una balanza granataria.

A cada cordero se le tomó una muestra del músculo *Longissimus dorsi* por medio de la disección, desde la primera a la séptima vertebra torácica del lado izquierdo de la canal. Se refrigeró a 4 °C durante 24 h y luego, se congeló a -20 °C hasta procesar las muestras.

Las variables estudiadas fueron: ganancia total de peso (GTP), ganancia diaria de peso (GDP), rendimiento de la canal caliente (RCC), peso de la grasa pericárdica

weight of the pericardial and perirenal fat, and weight of the heart, kidneys and gallbladder. Proximal chemical analysis, content of gallic acid and profile of fatty acids were performed to the *Longissimus dorsi* muscle. The fatty acids were classified as total lipids (TL), saturated fatty acids (SFA), mono-unsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA).

Chemical analysis. The bromatological composition of the consumed grass and the supplement was determined at the Laboratorio de Bromatología y Bioquímica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), according to AOAC (2003). The NDF and ADF were determined according to the described by Van Soest *et al.* (1991). *In vitro* digestibility of dry matter (IVDDM) of diets of grazing lambs was determined regarding the technique of Tilley and Terry (1963), and the digestibility of *Acacia cochliacantha* pods was performed *In vivo*, using the conventional method, according to McDonald *et al.* (2006).

Muscle samples were processed at the Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. A proximal chemical analysis was also carried out. Humidity was determined through dehydration at 60 °C, ashes through incineration at 550 °C and the crude protein by the method of Kjeldahl (AOAC 2003). Total lipids (TL) were determined according to Folch *et al.* (1957). Identification and quantification of fatty acids were performed through saponification and methylation, using gas chromatography in Varian Star 3400 CX equipment, with Split injector and flame ionization (Bligh and Dyer 1959, and Morrisson and Smith 1964). Total poly-phenols (TP) were determined according to Folin-Ciocalteu, through the colorimetric method proposed by Taga *et al.* (1984). TP concentration was calculated using the gallic acid as standard.

Statistical analysis. Data underwent a statistical analysis of variance, with a linear model. The test of Duncan (1955) for $P < 0.05$ was applied to the means, according to the InfoStat statistical package, version 2012 (Balzarini *et al.* 2012).

Results and Discussion

The supplement intake in both groups was 100 %. Table 2 shows that the DWG of the three treatments statistically similar, with 63 g as average. The values of the treatments with 15 (59 g) and 30 % (63 g) can be attributed to the high content of CF and lignin in the pods, compared to the forage from grazing (table 1). This possibly led to a lower digestibility of the celluloses in the pods and, with that, to a lower energy contribution (Bondi 1989).

The contribution of the supplement was 49.68g (15%) and 99.85 g (30%) of dry matter, which possibly provoked the decrease equivalent to forage in grazing.

Values of DWG, HCY, and weights of liver,

y perirenal, peso del corazón, riñones y vesícula biliar. Del músculo *Longissimus dorsi* se determinó análisis químico proximal, contenido de ácido gálico y perfil de ácidos grasos. Se clasificaron como lípidos totales (LT), ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y ácidos grasos polinsaturados (AGP).

Análisis químico. En el Laboratorio de Bromatología y Bioquímica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se determinó la composición bromatológica de la pradera consumida y del suplemento, según AOAC (2003). Se determinó FND y FAD, de acuerdo con lo descrito por Van Soest *et al.* (1991). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de la dieta de los corderos en el pastoreo se determinó según la técnica de Tilley y Terry (1963), y la de la vaina de *Acacia cochliacantha* se realizó *In vivo* por medio del método convencional, de acuerdo con McDonald *et al.* (2006).

Las muestras del músculo se procesaron en el Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se les realizó además, análisis químico proximal. La humedad se determinó por medio de la deshidratación a 60 °C, las cenizas por incineración a 550 °C y la proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC 2003). Los lípidos totales (LT) se determinaron de acuerdo con Folch *et al.* (1957). La identificación y cuantificación de los ácidos grasos se realizó por saponificación y metilación, por medio de cromatografía de gases en un equipo Varian Star 3400 CX, con inyector Split e ionización de llama (Bligh y Dyer 1959 y Morrisson y Smith 1964). Los polifenoles totales (PT) se determinaron de acuerdo con Folin-Ciocalteu por el método calorimétrico propuesto por Taga *et al.* (1984). La concentración de PT se calculó utilizando como estándar el ácido gálico.

Análisis estadístico. Los datos se sometieron a análisis estadístico de varianza, con modelo lineal. A las medias se les aplicó la dócima de Duncan (1955) para $P < 0.05$, según paquete estadístico InfoStat, versión 2012 (Balzarini *et al.* 2012).

Resultados y Discusión

El consumo de suplemento en los dos grupos fue de 100 %. En la tabla 2 se muestra que la GDP en los tres tratamientos fue estadísticamente similar, de 63 g como promedio. Los valores en los tratamientos 15 (59 g) y 30 % (63 g) se pueden atribuir al mayor contenido en la vaina de FC y lignina, en comparación con el del forraje del pastoreo (tabla 1). Esto produjo, posiblemente, menor digestibilidad de las celulosas de la vaina y con ello, menor aporte de energía (Bondi 1989).

El aporte del suplemento fue de 49.68 y 99.85 g de materia seca, en los tratamientos con 15 y 30 % respectivamente, lo que ocasionó posiblemente la disminución equivalente de forraje en el pastoreo.

Los valores de GDP, RCC y pesos del hígado,

Table 2. Productive indicators and heart, pericardial and perineal fat, kidneys, liver and gallbladder weights of lambs in irrigated native grasslands, supplemented with ground pods of *Acacia cochliacantha*

Indicator	0%	15%	30%	SE ±	P
Initial weight, kg	20.52	20.22	20.26	0.69	0.9462
Final weight, kg	27.68	26.41	27.17	1.07	0.7011
TWG, kg	7.16	6.19	6.63	0.76	0.6708
DWG, g	68.19	58.95	63.14	7.26	0.6708
HCY, %	37.09	37.05	39.10	1.05	0.4159
Heart, g	92.37	86.85	87.25	1.87	0.0996
Pericardial fat, g	8.92	5.55	5.87	1.39	0.2004
Kidneys, g	80.27	74.90	75.78	2.77	0.3648
Perineal fat	84.63	86.08	93.28	8.69	0.7565
Liver, g	408.02	373.45	382.88	18.82	0.4268
Gallbladder, g	21.10	18.88	16.33	3.20	0.5849

0 % of supplementation with ground pod

15 % of supplementation with ground pod

30 % of supplementation with ground pod

gallbladder, heart, kidneys, and pericardial and perirenal fat (table 2), as well as the percentages of humidity, protein, polyphenols and fat from the *Longissimus dorsi* muscle (table 3) had no statistical differences among treatments. This can be attributed to the similarities of diets in the content of all the nutrients of consumed forage in the grasslands (table 1), and to the probable substitutive effect of the fruit in the intake of grasses in the treatments with 15 and 30 %.

The DWG of this study were similar or close to those reported by Vázquez *et al.* (2012), who referred values of 68 g in Pelibuey x Dorper lambs grazing *Paspalum notatum* and *Axonopus compressus*, supplemented with nutritional blocks with 20 % *Leucaena leucocephala* plus 20 % of wheat bran. Likewise, Fernández *et al.* (1997) stated 71 g in lambs grazing native grasslands, complemented with nutritional blocks. Ortiz *et al.* (2007) indicated 77 g with a feeding based on *Bothriochloa pertusa* and supplemented with molasses (6 g kg⁻¹ of liveweight). This can possibly be attributed to the variety of plant species (grasses, shrubs and herbaceous plants) from the grasslands consumed by the lambs in this study.

vesícula biliar, corazón, riñones, grasa pericárdica y perirenal (tabla 2), al igual que los porcentajes de humedad, proteína, polifenoles y grasa del músculo *Longissimus dorsi* (tabla 3), no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Esto se puede atribuir a la similitud de las dietas en el contenido de todos los nutrientes del forraje consumido en las praderas (tabla 1), y al probable efecto sustitutivo del fruto en el consumo de pradera en los tratamientos con 15 y 30 %.

Las GDP en este estudio fueron similares o cercanas a las informadas por Vázquez *et al.* (2012), quienes refirieron valores de 68 g en corderos Pelibuey x Dorper en pastoreo de *Paspalum notatum* y *Axonopus compressus*, suplementados con bloques nutricionales con 20 % de *Leucaena leucocephala* más 20 % de salvado de trigo. Similarmente, Fernández *et al.* (1997) señalaron 71 g en ovinos que pastorearon praderas nativas complementadas con bloques nutricionales. Ortiz *et al.* (2007) indicaron 77 g con alimentación basada en *Bothriochloa pertusa* y suplementación con melaza (6 g kg⁻¹ de peso vivo). Esto se puede atribuir, probablemente, a que los corderos de este estudio pastaron en praderas con diversidad de especies,

Table 3. Proximal chemical analysis and polyphenols, as equivalents of the gallic acid of the *Longissimus dorsi* muscle in sheep of irrigated native grasslands and supplemented with ground pods of *Acacia cochliacantha*

Indicator, %	0 %	15 %	30 %	SE ±	P
Humidity	77.29	77.53	77.56	0.32	0.7968
Dry matter	22.71	22.47	22.74	0.32	0.7968
Protein	20.38	19.89	20.04	0.44	0.7210
Ashes	1.08	1.09	1.05	0.01	0.1188
Fat	1.59	1.84	1.72	0.12	0.1363
Polyphenols (gallic acid) mg/100 g	16.18	14.46	15.64	1.54	0.7278

Regarding the HCY of grazing lambs, Romano *et al.* (1983) and Lemes *et al.* (2014) reported figures of 37.2 and 37.16 %, respectively. Ortiz *et al.* (2007) pointed out 45.8 %, when lambs were fed with native grasslands of *Bothriochloa pertusa* and supplemented with molasses (6 g kg⁻¹ of liveweight). This could be caused by the highest ingestion of energy represented by the supplementation.

Regarding liver weight, Ortiz *et al.* (2007) reported 537 g in lambs fed in native grasslands of *Bothriochloa pertusa* and supplemented with molasses (6 g kg⁻¹ of liveweight). This is probably caused by the sugars provided by the molasses. These authors pointed out similar values for kidney weight (79 g) and heart weight (106 g), respectively.

Fat percentages were statistically similar among treatments, with 1.71 % as average value, which gives the meat its lean characteristic (table 3).

The sum of TFA, SFA, MUFA, and PFA of the *Longissimus dorsi* muscle, that of C12:0, C14:0 and C16:0 (lauric, miristic and palmitic acids), the values of C18:0 (stearic acid), C18:O (oleic acid) and the C18:2-n6/c18:3 relationship (table 4) were statistically similar among treatments with 0, 15 and 30 % of supplementation with ground pods of *Acacia cochliacantha*.

The contents of TFA, determined in the *Longissimus dorsi* muscle of the lambs in this study, were similar to those pointed out by Díaz *et al.* (2005) in lambs (1682.75 mg) in an extensive system from Uruguay. However, TFA values in lambs fed with grain-enriched rations in Germany and the United Kingdom were 2,808.75 mg and 2 430.74 mg, respectively.

The average percentage in the three treatments of C18:1 was reduced, to 9.91 %. Reza *et al.* (2012) reported 39.91 % and Mazzone *et al.* (2010) stated 30.87 % in lambs fed with hay from grasslands and supplemented with grains. This difference could be caused by the supplementation, which influenced on the poly-unsaturated/saturated (P/S) fatty acids relation, with 0.19 and 0.42, respectively, regarding the 0.03 obtained in this study.

Fat contents and the profile of fatty acids from the *Longissimus dorsi* muscle obtained in this study can be attributed to the forages consumed during grazing and to the supplementation with pods of *Acacia cochliacantha*. It can be also attributed to the possible effect of tannins within the shrub leaves (24.82 %) (Olivares *et al.* 2014) and within the supplement (5.03 %) (Reyes *et al.* 2013) because these metabolites decrease the hydrogenation of fats at ruminal level, as informed by Priolo *et al.* (2005) and Vasta *et al.* (2007).

Among the percentages of SFA, the C18:0 had the highest representation (37.46 %). Consequently, percentages corresponding to C12:0, C14:0 and C14:0 decreased (table 5). This condition is related to the

compuestas por gramíneas, arbustivas y herbáceas.

Con respecto al RCC de corderos en pastoreo, Romano *et al.* (1983) y Lemes *et al.* (2014) informaron cifras de 37.2 y 37.16 % respectivamente. En tanto, Ortiz *et al.* (2007) señalaron 45.8 %, cuando los corderos se alimentaron en pradera nativa de *Bothriochloa pertusa* y se suplementaron con melaza (6 g kg⁻¹ de peso vivo). Esto se puede atribuir a la mayor ingestión de energía representada por la suplementación.

Con respecto al peso del hígado, Ortiz *et al.* (2007) informaron 537 g en corderos alimentados en pradera nativa de *Bothriochloa pertusa* y suplementados con melaza (6 g kg⁻¹ de peso vivo). Esto se debe, posiblemente, al aporte de azúcares por parte de la melaza. Valores similares señalaron estos autores para el peso de los riñones (79 g) y para el corazón (106 g), respectivamente.

Los porcentajes de grasa fueron estadísticamente similares entre los tratamientos, con 1.71 % como promedio, valor que le confiere a la carne la característica de ser magra (tabla 3).

La suma de los AGT, AGS, AGMI y AGP del *Longissimus dorsi*, la de los ácidos grasos C12:0, C14:0 y C16:0 (laúrico, mirístico y palmítico), los valores del C18:0 (esteárico), C18:O (oleico) y la relación C18:2-n6/c18:3 (tabla 4) fueron estadísticamente similares entre los tratamientos con 0, 15 y 30 % de suplementación de vaina molida de *Acacia cochliacantha*.

Los contenidos de AGT, determinados en el *Longissimus dorsi* de los corderos de este estudio, fueron semejantes a los señalados por Díaz *et al.* (2005) en corderos (1682.75 mg) en sistema extensivo en el Uruguay. Sin embargo, al alimentar corderos con raciones ricas en granos en Alemania y Reino Unido, los valores de AGT fueron de 2 808.75 mg y 2 430.74 mg, respectivamente.

El porcentaje promedio en los tres tratamientos del C18:1 fue reducido, de 9.91 %. Reza *et al.* (2012) informaron 39.91 % y Mazzone *et al.* (2010), 30.87 % en corderos alimentados con heno de pradera y suplementados con granos. Esta diferencia se puede atribuir a la suplementación, que influyó en la relación de ácidos grasos polinsaturados/saturados (P/S) de 0.19 y 0.42 respectivamente, con respecto al 0.03 obtenido en este estudio.

Los contenidos de grasa y el perfil de ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* obtenidos en este estudio se pueden atribuir a los forrajes consumidos en el pastoreo y a la suplementación con vainas de *Acacia cochliacantha*, a lo que se adiciona el posible efecto de los taninos presentes en las hojas de los arbustos (24.82 %) (Olivares *et al.*) y en el suplemento (5.03 %) (Reyes *et al.* 2013), ya que estos metabolitos disminuyen la hidrogenación de las grasas a nivel ruminal, como lo informan Priolo *et al.* (2005) y Vasta *et al.* (2007).

Entre los porcentajes de los AGS, el C18:0 fue el de mayor presencia (37.46 %). En consecuencia, los porcentaje correspondientes a C12:0, C14:0 y C14:0 se

Table 4. Profile of fatty acids of the *Longissimus dorsi* muscle of lambs in irrigated native grasslands, supplemented with ground pods of *Acacia cochliacantha* in the dry tropic of Guerrero, Mexico

Fatty acid, mg 100 g ⁻¹ muscle <i>L. dorsi</i>	0 %	15 %	30 %	SE ±	P
C10:0	1.70	2.03	0.88	0.46	0.2051
C12:0	0.53	8.10	1.80	2.38	0.1788
C13:0	0.33	0.0	5.43	3.55	0.5472
C14:0	18.00	32.47	29.43	7.78	0.4216
C14:1n-5	5.70	8.20	17.28	6.56	0.4063
C15:0	38.87	27.13	85.23	43.63	0.6587
C16:0	299.17	281.20	331.55	90.53	0.9330
C16:1n-7	35.07	43.47	34.93	4.58	0.4820
C17:0	339.27	313.03	412.58	79.80	0.6876
C18:0	576.60	659.40	619.55	57.94	0.4240
C18:1	99.17	339.63	113.45	113.10	0.3811
C18:2n-6 LN	23.77	23.87	17.93	3.64	0.4912
C18:3n-3 ALA	7.20	7.60	5.43	1.37	0.4642
C20:0	9.63	4.53	3.35	2.79	0.3672
C20:1n-9	40.67	37.07	23.65	4.63	0.0951
C:22:0	4.57	9.63	4.95	2.47	0.4099
C22:1n-9	17.20 ^a	10.70 ^{ab}	7.08 ^b	1.84	0.0250
C24:0	17.95	13.67	10.00	2.18	0.2843
Σ TFA	1591.70	1847.87	1724.45	156.60	0.6159
Σ SFA	1300.63	1351.20	1504.73	161.41	0.7842
Σ MUFA	197.80	439.07	196.38	116.29	0.3734
Σ PFA	30.97	31.47	23.35	4.38	0.4252
P/S	0.02	0.02	0.05	0.01	0.3040
C18:2-n6/c18:3-n ³	3.53	3.25	3.38	0.50	0.9499

^{ab} Values with different letter in the same line are statistically different (Duncan 1955)

TFA total fatty acids, (C10:0+C12:0+C13:0+C14:0+C15:0+C16:0+C17:0+C18:0+C20:0+C22:0+C24:0); MUFA, (C14:1+C16:1+C18:1+C20:1+C22:1); PFA, (C18:2+C18:3)

benefits it brings to human health (Paim *et al.* 2014). Regarding the stearic acid (C18:0), Willems *et al.* (2014) stated 36.30 %, and amounts similar to those of this study in grazing lambs.

The percentage of fat in the lambs of this study, lower than 2 % of the *Longissimus dorsi* muscle, belongs to diets based on forages. Reza *et al.* (2012) reported a similar situation, with 1.92 % in lambs fed in an extensive system. These values can be attributed to carcasses considered as lean. However, these authors obtained 2.41 % of fat with the grain supplementation. Mazzone *et al.* (2010) informed 2.80 %, attributed to the energy supplementation represented by grains.

The reduced contents of C12:0, C14:0, C16:0, C18:0 and C18:1, and the close relation of C18:2-n6/c18:3-n3, obtained in this study, are beneficial for human health, regarding the prevention of cardiovascular diseases (Webb and O'Neill 2008, Russo 2009, Hunter *et al.* 2010, Dervishi *et al.* 2011 and Paim *et al.* 2014).

redujeron (tabla 5), condición que se relaciona con los beneficios que representan para la salud humana (Paim *et al.* 2014). Con respecto al ácido esteárico (C18:0), Willems *et al.* (2014) señalaron 36.30 % y en corderos en praderas, cantidades semejantes a las de este trabajo.

El porcentaje de grasa de los corderos de este estudio, inferior al 2 % del *Longissimus dorsi*, corresponde a dietas basadas en forrajes. Semejante situación informaron Reza *et al.* (2012), con 1.92 % en corderos alimentados en sistema extensivo. Estos valores se atribuyen a canales consideradas como magras. Sin embargo, estos autores, al suplementar con granos, obtuvieron 2.41 % de grasa. Mazzone *et al.* (2010) informaron 2.80 %, lo que se puede atribuir a la suplementación energética que representan los granos.

Los contenidos reducidos de C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1 y la relación estrecha de C18:2-n6/c18:3-n3 obtenida en este estudio resultan beneficiosos para la salud humana, en lo que respecta a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Webb y O'Neill 2008, Russo 2009, Hunter *et al.* 2010, Dervishi *et al.* 2011 y Paim *et al.* 2014).

Table 5. Lipid percentage of the fat of the *Longissimus dorsi* muscle of lambs in irrigated grasslands, supplemented with ground pods of *Acacia cochliacantha* in the dry tropic of Guerrero, Mexico

Fatty acid, % of the total of lipids	0 %	15 %	30 %	SE±	P
C10:0	0.11	0.11	0.05	0.02	0.2099
C12:0	0.03	0.46	0.09	0.14	0.1988
C13:0	0.02	0.00	0.39	0.25	0.5416
C14:0	1.14	1.77	1.60	0.30	0.5087
C14:1n-5	0.36	0.44	1.11	0.42	0.4563
C15:0	2.55	1.51	5.82	3.16	0.6500
C16:0	18.95	14.66	18.25	4.54	0.7600
C16:1n-7	2.20	2.38	1.98	0.15	0.4487
C17:0	21.26	18.40	23.65	4.12	0.8177
C18:0	39.57	36.73	36.07	3.08	0.9586
C18:1	6.43	16.57	6.74	5.11	0.4260
C18:2n-6 LN	1.52	1.25	1.05	0.17	0.2519
C18:3n-3 ALA	0.46	0.41	0.31	0.07	0.4286
C20:0	0.56	0.25	0.21	0.14	0.2937
C20:1n-9	2.66	2.03	1.40	0.39	0.1862
C22:0	0.29	0.50	0.27	0.12	0.5105
C22:1n-9	1.09 ^a	0.57 ^{ab}	0.40 ^b	0.09	0.0043
C24:0	0.82	0.74	0.59	0.22	0.2436
Σ SFA	85.29	75.12	86.99	5.87	0.4237
Σ MUFA	12.37	21.55	11.29	5.20	0.4454
Σ PFA	1.98	2.88	1.36	0.69	0.2386

^{ab}Values with different letter in the same line are statistically different (Duncan 1955)

SFA: (C10:0+C12:0+C13:0+C14:0+C15:0+C16:0+C17:0+C18:0+C20:0+C22:0+C24:0), MUFA: (C14:1+C16:1+C18:1+C20:1+C22:1)

PFA: (C18:2+C18:3),

The C:22:1n-9 was different ($P < 0.05$) among treatments. However, the amount of this mono-unsaturated fatty acid was not reflected on the whole amount of MUFA (table 5).

Conclusions

Lambs in native grasslands, irrigated and supplemented with or without pods of *Acacia cochliacantha*, produced acceptable DWG and HCY. It was also confirmed that there was a close relation of C18:2-n6/c18:3-n3, with a decrease of C22:1n-9 only in the *Longissimus dorsi* muscle of the supplemented animals.

El C:22:1n-9 fue diferente ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo, la cantidad de este ácido graso monoinsaturado no se reflejó en la totalidad de los AGMI (tabla 5).

Conclusiones

Los corderos en praderas nativas, irrigadas con suplementación de vaina *Acacia cochliacantha* o sin ella, produjeron GDP y RCC aceptables. Se constató además, relación estrecha de C18:2-n6/c18:3-n3, con disminución del C22:1n-9 solamente en el *Longissimus dorsi* de los animales suplementados.

References

- AOAC 2003. Official Methods of Analysis. 23ed Edition. Ass. Off. Anal. Chem. Washington D.C.
- Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Casanoves F., Di Rienzo, J.A. & Robledo, C.W. 2012. Paquete estadístico INFOSTAT. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Bligh, E.G., & Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total extraction and purification. *Can J. Biochem. Physiol* 37: 911
- Bondi, A.A. 1989. Nutrición animal. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p. 50
- Dervishi, E., Serrano, C., Joy, M., Serrano, M., Rodellar, C. & Calvo, J.H. 2011. The effect of feeding system in the expression of genes related with fat metabolism in semitendinous muscle in sheep. *Meat Sci.* 89:91
- Díaz, M.T., Ivarez, I.A., De la Fuente, J., Sañudo M.M., Campo, M.A., Oliver, M.A., Font, I., Furnols, M., Montossi, F., San Julián, R., Nute, G.R. & Cañeque, V. 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Sci.* 71:256
- FAO 1996. Principios de manejo de praderas naturales. Segunda Edición. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA

- en Argentina y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. p.118
- Fernández, G., San Martín, F. & Escurra, E. 1997. Uso de bloques nutricionales en la suplementación de ovinos al pastoreo. *Rev. Inv. Pec* 8:29
- Folch, J.M., Less, M. & Sloane-Stanley, G. 1957. A simple method of the isolation and purification of total lipids. *J. Biol. Chem.* 226:497
- González, S.A. 1995. Aplicación y efecto residual del estiércol en producción y calidad del buffel (*Cenchrus ciliaris* C.V. Texas-4464) en el trópico seco. Master Thesis. Universidad de Colima, México. Available: http://digest.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf%20Gonzalez%20Sotelo.pdf. [Consulted: January 10th, 2012]
- Hunter, J.E., Zhang, J. & Kris-Etherton, P.M. 2010. Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. *Animal J. Clin. Nutr.* 91:46
- INIA. 1982. Diagnóstico de la problemática del cultivo de maíz en la región de la Tierra Caliente (Guerrero y Michoacán). Mimeo. CD Altamirano Guerrero, México
- Johnson, C.R., Doyle, S.P. & Long, R.S. 2010. Effect of feeding systems on meat goat growth, performance and carcass traits. *Sheep and Goat Research J.* 25:78
- Lemes, J.S., Osorio, M.T.M., Gonzaga, J.C.S., Martins, L.S., Esteves, R.M.G. & Lehmen, R.I. 2014. Características da carcaca e da carne de cordeiros Corridale manejados em duas alturas de miletho. *Arch. Zootec.* 63:161
- Macedo, R. & Castellanos, Y. 2004. Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. *Avances Inv. Agropec.* 8:1
- Macías, U., Álvarez, F.D., Rodríguez, J., Correa, A., Torrentera, N. G., Molina, L. & Avendaño, L. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.* 42:147
- Martínez, G.S., Aguirre, O.J., Zepeda, G.J., Ulloa, C.R., Figueroa, M.R., Macías, C.H. & Moreno, F.L.A. 2009. La ovinocultura de Nayarit, México. In: Cavalloti VBA, Marcof ACF (ed). *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Chapingo, México, DF. Pp. 305-309
- Mazzone, G., Giammarco, M., Vignola, G., Sardi, L. & Lambertini, L. 2010. Effects of season on carcass and meat quality of suckling Apennine. *Meat. Sci.* 86:474
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. 2006. Nutrición animal. Chapter 10. In: *Valoración de los alimentos (A) Digestibilidad*. Sixth Ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España. p. 205
- Morrison, W.R. & Smith, L.M. 1964. Preparation of fatty acid esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lip. Res.* 5:600
- NRC 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Research Council Washington, D.C. p. 256
- Nuernberg, K., Fischer, A., Ender, K. & Dannenberger, D. 2008. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. *Small Ruminant Res.* 74:279
- Olivares, P.J., Avilés, N.F., Albarrán, P.B., Hernández, R.S., Córdova, I.A., Mancera, V.A. & Castelán, O. 2014. Chemical composition of leguminous tree foliage and efecto of polyethylene glycol on gas production and *in vitro* digestion parameters. *Agroecosystems.* 17: 207
- Ortiz, A., Elías, A. & Valdivie, M. 2007. Evaluación de la pollinaza de cascarilla de café como complemento alimenticio en la ceba de ovinos en pastoreo. *Pastos y Forrajes* 30:279
- Paim, T.P., Viana, P., Brandao, E., Amador, S., Barbosa, T., Cardoso, C., Dantas, A.M.M., Rodriguez, S.J., McManus, C., Abdalla, A.L. & Louvandinia, H. 2014. Carcass traits and fatty acid profile of meat fed different cotton seed by-products. *Small Ruminant Res.* 116:71
- Priolo, A., Bella, M., Lanza, M., Galofaro, V., Biondi, L., Barbagallo, D., Ben Salem, H. & Pennisi, P. 2005. Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethulene glycol or concentrate. *Small Ruminant Res.* 59: 281
- Reyes, E.R., Torres, E.A.C., Olivares, J., Rojas, S., Avilés, F., Córdova, A., Villa, A., Valencia, M.T., Gutiérrez, I. & Mireles, M.E.J. 2013. Composición química del fruto de tres arbóreas forrajeras tropicales y análisis de su digestibilidad y producción de gas *in vitro*. XIII Reunión de ALPA y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba. p. 1407
- Reza, A.Y., Kohram, H., Zare, A.S., Nik Khanh, A. & Campbell, A. W. 2012. Comparisons of them eat quality and fatty acid composition of traditional fat-tailed (Call) and tailed (Zel) Iranian sheep breeds. *Meat Sci.* 92: 417
- Romano, M.J.L., Hernández, G.J. & Castellanos, R.A. 1983. Repercusión del valor nutritivo de la dieta sobre el crecimiento del borrego Pelibuey. *Tec. Pec. Mex.* 45:67
- Russo, G.L. 2009. Dietary n_6 and n_3 polyunsaturated fatty acids: From chemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochem. Pharmacology* 77:937
- Taga, M., Miller, E. & Pratt, D. 1984. Chia seeds as source of natural lipid antioxidants. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 61: 928
- Tilley, J.M.A. & Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Brit. Grass. Soc.* 18:104-113
- Turner, K.E., Belesky, D.P., Cassida, K.A. & Zerby, H.N. 2014. Carcass merit and meat in Suffolk lambs, Katahdin lambs, and meat-goat kids finished on grass-legume pasture with and without supplementation. *Meat Science.* 98:211
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583
- Vasta, V., Nudda, A. Cannas, A., Lanza, M., Barbagallo, D., Bella, M. & Priolo, A. 2007. Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniferous diet with or without polyethylene glycole supplementation. *Meat Sci.* 76:739

- Vázquez, M.P., Castelán, O.O.A., García, M.F. & Avilés, N.F. 2012. Uso de bloques nutricionales como complemento para ovinos en el trópico seco del altiplano central de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15:87
- Velazco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Pérez, C. & Huidobro, F. 2004. Effect of different feed on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. *Meat Sci.* 66: 457
- Webb, E.C. & O'Neill, H.A. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci.* 80:28
- Willems, H., Kreuzer, M. & Leiber, F. 2014. Alpha-linolenic and linoleic acid in meat and adipose tissue of grazing lambs differ among alpine pasture types with contrasting plant species and phenolic compound composition. *Small Ruminant Res.* 116:173

Received: July 11, 2014