

Productive performance of hair lambs, fed with fresh lemon pulp as an energy source

Comportamiento productivo de corderas de pelo, alimentadas con pulpa fresca de limón como fuente energética

Benigna Faustino-Lázaro,¹ M.Sc, Arnoldo González-Reyna,¹ Ph.D,
Hugo Bernal-Barragán,² Ph.D, Luis Gómez-Hernández,¹ M.Sc.,
Martín Ibarra-Hinojosa,¹ Ph.D, Juan Martínez-González,^{1*} Ph.D.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Apartado Postal 149, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149. ²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Campus de Ciencias Agropecuarias. Calle Francisco Villa S/N, Col. Ex-Hacienda "El Canadá". Gral. Escobedo, Nuevo León, México. C.P. 66054.
*Correspondence: jmartinez@uat.edu.mx

Received: August 2015; Accepted: December 2015.

ABSTRACT

Objective. Evaluate the effect of the inclusion of different levels of fresh lemon pulp (FLP) was determined as a substitute of sorghum grain in the feeding of hair sheep in parameters of daily weight gain (DWG), daily food consumption (DFC), and feed conversion (FC), the nutritional composition of the ration was also determined. **Materials and methods.** The study was carried out using 20 hair ewes individually fed on a period of 75 days. The treatments were as follows: T₁=0% FLP; T₂=10% FLP; T₃=20% FLP; and T₄=30% FLP based on DM. A totally randomized design was used with five replicates per treatment. Concentrate and FLP were offered *ad libitum* as a mixture, registering the amounts of feed offered and rejected daily. Body weight was registered every 21 days for the DWG and analysis of nutritional composition of rations was performed. And for an analysis of daily food consumption. The data were evaluated through ANOVA in an entirely randomized design. **Results.** There was no meaningful difference ($p>0.05$) for the DWG that scored 97, 108, 103 and 103 g or for the FC that scored 9.62, 8.68, 9.31 and 10.23, respectively. For each treatment and for each DFC based on DM, a meaningful difference was observed ($p<0.05$) for T₄ by replacing sorghum to 30%. **Conclusions.** FLP is an alternative to replace partially or completely the grains for hair ewes without lessening the evaluated parameters.

Keywords: Feed conversion, feed intake, weight gain (*Source: CAB*).

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de pulpa fresca de limón (PFL), como sustituto del grano de sorgo en la alimentación de corderas de pelo, sobre los parámetros de ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA, base materia seca, MS) y conversión alimenticia (CAL), y se determinó la composición bromatológica de las raciones. **Materiales y métodos.** El estudio se realizó, utilizando 20 corderas de pelo, alimentadas individualmente durante un período

de 75 días, bajo condiciones de estabulación. Los tratamientos fueron: $T_1=0\%$ PFL; $T_2=10\%$ PFL; $T_3=20\%$ PFL; y $T_4=30\%$ PFL con base a MS. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. El concentrado y la PFL fueron ofrecidos de manera mezclada y a libre acceso, pesando el alimento ofrecido y rechazado diariamente, con pesajes cada 21 días para la GDP. Se realizó un análisis de composición nutricional de las raciones. Los datos se evaluaron mediante un ANOVA en un diseño completamente al azar. **Resultados.** No se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) para la GDP que fueron de 97, 108, 103 y 103 g y las CAL fueron de 9.62, 8.68, 9.31 y 10.23, respectivamente, para cada tratamiento. Se observó un CDA con base en MS, mayor ($p<0.05$) para T_4 al sustituir el sorgo hasta el 30%. **Conclusiones.** La PFL es una alternativa para sustituir parcial o totalmente a los granos en raciones para corderas de pelo, sin disminuir la productividad en los parámetros evaluados.

Palabras clave: Ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia (*Source: CAB*).

INTRODUCTION

In Mexico, sheep production is an adequate alternative for the production of food and other products (skin, wool, manure, etc.) because they are small ruminant animals that adapt easily to different environments and take advantage of the resources available in each region (1).

The main source of feed for sheep, as well as for other ruminants, is fodder; which growth and availability, as well as quality in the tropics, vary during the year, generating deficiencies in the availability of biomass and its nutritional properties, which is required by livestock (2). Due to these changes, in extreme conditions there is weight losses, deaths and an appreciable decrease in the continuity of the productive process of animals, so supplementary feeding is one of the elements that determine the productivity of the system (2).

As in all species, sheep need to meet nutrient requirements (3). Grain-based supplements or rations are often incorporated, which prices have increased and consequently production costs are higher (1), which makes it necessary to look for food alternatives for livestock maintenance (4-6).

There are several inputs that can be used to cover the nutritional requirements of sheep, since ruminants can use fibrous products and by-products that other non-ruminant animals cannot consume (3,6).

The State of Tamaulipas is a citrus producing region. In 2012 a production of 605 thousand tons was achieved between orange, lemon and grapefruit; of the total production, about 10%, is intended for the juice extraction industry. During this process, a large amount of by-product is obtained, producing residues from 45 to 60% of the fruit's weight, which is composed from 60 to 65% of the husk, from 30 to 35% of the pulp and from 0 to 10% of the seed; said residues constitute the fresh citrus pulp (FCP), Which can be used in animal feed (4,5).

INTRODUCCIÓN

En México la producción de ovinos constituye una alternativa adecuada de producción de alimentos y otros productos (piel, lana, estiércol, etc.), por ser animales rumiantes pequeños que se adaptan fácilmente a diversos ambientes y aprovechan de manera adecuada los recursos disponibles de cada región (1).

La fuente principal de alimento para el ganado ovino, al igual que para otros rumiantes la constituyen los forrajes; cuyo crecimiento y disponibilidad, así como su calidad en el trópico varía durante el año; generando deficiencias en la disponibilidad de biomasa y de sus propiedades nutricionales, que requiere el ganado (2). Debido a estos cambios, en condiciones extremas ocurren pérdidas de peso en los animales, muertes y apreciable disminución de la continuidad del proceso productivo, por lo que la alimentación suplementaria es uno de los elementos que determinan la productividad del sistema (2).

Como en todas las especies, los ovinos tienen la necesidad de cubrir los requerimientos de nutrientes (3). Con frecuencia se incorporan suplementos o raciones con base a granos, cuyos precios han aumentado y en consecuencia los costos de producción son mayores (1), lo cual hace necesario buscar alternativas de alimentación para la manutención del ganado (4-6).

Son diversos los insumos que se pueden utilizar para cubrir los requerimientos nutricionales en los ovinos, ya que por ser rumiantes pueden utilizar productos y subproductos fibrosos que otros animales no rumiantes no pueden utilizar (3,6).

El Estado de Tamaulipas es una región productora de cítricos. En 2012 se logró una producción de 605 mil toneladas entre naranja, limón

Potentially the FCP can be considered as a source of highly fermentable and digestible fiber in the rumen, contributing quantities of energy substrates (4-6). In addition, this by-product is relatively cheap because the only cost is the transport from the juice fountain to the production unit.

On the other hand, Caparra et al (7) and Villanueva et al (4) indicated that the citrus residue is a low protein by-product and rich in soluble carbohydrates, in neutral detergent fiber; being an available source for the growth of rumen microorganisms. Dihigio et al (8) mentioned that, because of its energy content, FCP can be used as a substitute for cereals.

The purpose of this study was to evaluate the effect of fresh lemon pulp (FLP) at different levels, as a source of energy and as a substitute for sorghum grain, on the parameters of weight gain, food consumption and feed conversion, as a feeding alternative for hair lambs.

MATERIALS AND METHODS

Study area. The experimental work was carried out at the Zootechnical Site "Ing. Herminio Garcia Gonzalez" of the Faculty of Engineering and Sciences (FIC) of the Autonomous University of Tamaulipas (UAT), located at km 23 of the Victoria-Monterrey highway, in the Municipality of Güemez, Tamaulipas, Mexico. It is geographically located at 23° 45' 10" North latitude and 98° 59' 05" West longitude, at an altitude of 145 meters above sea level, with predominant semi-dry and warm climate, with an average annual rainfall of 700 mm and average annual temperature of 22°C (9).

The bromatological analyzes of the rations used were conducted at the Nutrition and Food Quality Laboratory of the Faculty of Agronomy of the Autonomous University of Nuevo Leon, located in Gral. Escobedo, Nuevo Leon, Mexico.

Experimental units. Twenty hair lambs were selected from the Blackbelly, Pelibuey and Katahdin breeds, with an average live weight of 22.13±1.87 kg. Later the ewes were dewormed with 0.5 mL of ivermectin. On the other hand, 2.5 mL of toxoid bacterium was applied subcutaneously, for symptomatic charcoal and malignant edema, and a dose (1 mL) of ADE vitamin was administered intramuscularly.

The ewes were randomly distributed into four groups and kept under housing conditions under a concrete floor in metal cages of approximately 2 m², with individual feeders and drinking troughs.

y pomelo; del total de producción, el 10% aproximadamente, se destina para la industria de extracción de jugo. Durante este proceso, se obtiene una gran cantidad de subproducto; generando residuos del 45 al 60% del peso del fruto, el cual está compuesto de 60 a 65% de cáscara, 30 a 35% de pulpa y 0 a 10% de semilla, dichos residuos constituyen la pulpa fresca de cítricos (PFC), la cual puede ser aprovechada en la alimentación animal (4,5).

Potencialmente la PFC se puede considerar como una fuente de fibra altamente fermentable y digestible en el rumen, aportando cantidades de sustratos energéticos (4-6). Además, este subproducto es relativamente económico debido a que sólo cuesta el transporte de la jugüera a la unidad de producción.

Por otra parte, Caparra et al (7) y Villanueva et al (4) indicaron que el residuo de los cítricos es un subproducto bajo en proteínas y rico en carbohidratos solubles, en fibra detergente neutro; siendo una fuente disponible para el crecimiento de los microorganismos del rumen. Dihigio et al (8) mencionaron que por su contenido energético la PFC puede utilizarse como sustituto de los cereales.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la pulpa fresca de limón (PFL) en diferentes niveles, como fuente de energía y sustituto del grano de sorgo, sobre los parámetros de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, como alternativa en la alimentación de corderas de pelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El trabajo experimental se realizó en la Posta Zootécnica "Ing. Herminio García González" de la Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), localizada en el km 23 de la carretera Victoria-Monterrey, en el Municipio de Güemez, Tamaulipas, México. Geográficamente situada a 23° 45' 10" Latitud Norte y 98° 59' 05" Longitud Oeste, a una altitud de 145 msnm, predominando un clima semiseco y cálido, con una precipitación media anual de 700 mm y temperatura promedio anual de 22°C (9).

Los análisis bromatológicos de las raciones utilizadas se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en Gral. Escobedo, Nuevo León, México.

The work lasted for 75 days and was divided into a pre-experimental phase of 12 days of adaptation and 63 days of testing.

The treatments evaluated corresponded to four experimental rations whose percentage composition consisted of: $T_1=0\%$ of FLP and 30% of sorghum; $T_2=10\%$ of FLP and 20% of sorghum; $T_3=20\%$ of FLP and 10% of sorghum; and $T_4=30\%$ of FLP and 0% of sorghum. The rest of the mixture is shown in table 1. The FLP used in this work consisted of lemon husk, pulp and seeds, which were acquired after the processing of lemons for the extraction of juice at a plant located 1 Km away from the production unit where the experiment was performed.

Ration analysis. To evaluate the chemical composition of each one of the rations, samples of approximately 300 g were taken and transferred to the Nutrition and Food Quality Laboratory of the Autonomous University of Nuevo Leon, Faculty of Agronomy at Gral. Escobedo, Nuevo Leon, Mexico. The analyzes were determined in duplicate for each one of the characteristics. The content of dry matter (DM), ashes (C), crude protein (CP) and ethereal extract (EE) (AOAC 10). While neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (HEM), cellulose (CEL) and lignin (LIG) were performed according to the protocols of Van Soest et al (11).

The *in vitro* digestibility of the DM (IVDMD) of rations was determined using a ruminal fermenter methodology (Daisy II, Ankom Technology®, USA). The preparation of the culture medium and inoculum, as well as the determination of the digestibility of dry matter, was based on the protocol proposed by the fermentor supplier (Daisy II, Ankom Technology®, USA).

The determination of the gross energy content (GE) was calculated with the data generated in the adiabatic calorimetric pump (Parr®, 1241 USA). The content of digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) was calculated considering the GE and IVDMD of the samples.

Experimental design. A completely randomized design was used with four treatments and five replicates. Each treatment was applied to a group of ewes to which food and water were freely provided on a daily basis. The variables evaluated were: daily food intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed conversion (FC).

The DWG of animals was determined by weighing them at the beginning of the experimental phase and then with a frequency of every 7 days, with a fasting of 12 hours prior to weighing.

Unidades experimentales. Se seleccionaron 20 corderas de pelo, cruza de las razas Blackbelly, Pelibuey y Katahdin, con un peso vivo promedio de 22.13 ± 1.87 kg. Posteriormente las corderas se desparasitaron con 0.5 mL de ivermectina. Por otra parte se les aplicó vía subcutánea 2.5 mL de bacterina toxoide, contra carbón sintomático, edema maligno y se aplicó una dosis (1 mL) de vitamina ADE, vía intramuscular.

Las corderas fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos y mantenidas bajo condiciones de estabulación, alojadas bajo techo con piso de concreto en corraletas metálicas de aproximadamente 2 m², con comederos y bebederos individuales.

El trabajo tuvo una duración de 75 días y fue dividido en una fase pre-experimental de 12 días de adaptación y 63 días de prueba.

Los tratamientos evaluados fueron cuatro raciones experimentales cuya composición porcentual consistieron en: $T_1=0\%$ de PFL y 30% de sorgo; $T_2 = 10\%$ PFL y 20% sorgo; $T_3 = 20\%$ PFL y 10% sorgo; y $T_4 = 30\%$ de PFL y 0% de sorgo. El resto de la mezcla se muestra en la tabla 1. La PFL utilizada en el presente trabajo constaba de cáscara, pulpa y semillas de limón, que fue adquirida después del procesamiento de limones para la extracción del jugo en una planta que se localiza a 1 km de la unidad de producción donde se realizó el experimento.

Análisis de las raciones. Para evaluar la composición química de cada una de las raciones se tomaron muestras de 300 g aproximadamente y se trasladaron al Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía en Gral. Escobedo, Nuevo León, México. Los análisis se determinaron por duplicado para cada una de las características. El contenido de materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) (AOAC 10). Mientras que la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL) y lignina (LIG) se realizaron según los protocolos Van Soest et al (11).

La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) de las raciones, fue determinada con la metodología de un fermentador ruminal (Daisy II, Ankom Technology®, USA). La preparación del medio de cultivo y del inóculo, así como la determinación de la digestibilidad de la materia seca se basó en el protocolo propuesto por el proveedor del fermentador (Daisy II, Ankom Technology®, USA).

Consumption of DM (DFI) was estimated on a daily basis, by weighing the amount of food offered and subtracting the amount of food rejected.

The FC was calculated by dividing the food intake by the total weight gain obtained.

The productive behavior of ewes was determined using the following (covariance analysis) model:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Where:

Y_{ij} = Response variable in the j-th repetition of the i-th treatment, μ = Overall average, T_i = Effect of the i-th ration, X_{ij} = Initial weight of the j-th ewe, β = regression coefficient that relates Y_{ij} to the variable X_{ij} and ε_{ij} = Random error (12).

The chemical composition of the rations was determined using the following model:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Where:

Y_{ij} = Response variable in the i-th treatment and j-th repetition, μ = Overall average, T_i = Effect of the i-th treatment and ε_{ij} = Experimental error (12).

In the cases where there were significant statistical differences (12), Tukey's mean comparison tests were applied with a significance level of ($p < 0.05$).

RESULTS

The results of the chemical composition of the rations used in the feeding of ewes are detailed in table 1, which shows that the ash content decreased when the level of substitution of the sorghum by FLP was increased up to 20%, observing significant differences ($p < 0.05$). Similarly, the behavior on CP was reduced to the extent that the higher level of substitution of sorghum by FLP was reached; showing differences ($p < 0.05$) where T_4 had a lower value (8.29% CP) than T_1 (10.35% CP).

The EE content did not show any significant difference ($p > 0.05$), showing values of 4.90, 5.71, 6.86 and 7.44% for T_1 , T_2 , T_3 and T_4 , respectively.

For the fiber fractions NDF, ADF and CEL, significant differences ($p < 0.05$) were obtained with lower values of T_1 , with respect to the other treatments, which were similar to each other ($p > 0.05$). The sorghum substitution level radically affected the fiber fractions, increasing their values (48.62 to 52.51, 30.77 to 35.69 and 24.15 to 28.90%, respectively for NDF, ADF and CEL). However, the HEM content was lower in T_4 , showing significant

La determinación del contenido de energía bruta (EB) se calculó con los datos generados en la bomba calorimétrica adiabática (Parr®, 1241 USA). El contenido de energía digestible (ED) y metabolizable (EM) se calculó considerando la EB y DIVMS de las muestras.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Cada tratamiento fue aplicado a un grupo de corderas a las cuales se les proporcionó diariamente el alimento y agua a libre acceso. Las variables evaluadas fueron: consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CAL).

La GDP de los animales se determinó pesando al inicio de la fase experimental y posteriormente con una frecuencia de cada 7 días, con ayuno de 12 horas previo a la pesada.

El consumo de MS (CDA) se estimó diariamente, pesando la cantidad de alimento ofrecido y restando la cantidad de alimento rechazado.

La CAL se calculó al dividir el consumo de alimento entre la ganancia de peso total obtenida.

El comportamiento productivo de las corderas fue mediante el modelo (análisis de covarianza):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento, μ = Media general, T_i = Efecto de la i-ésima ración, X_{ij} = Peso inicial de la j-ésima cordera de la ración, β = coeficiente de regresión que relaciona Y_{ij} con la variable X_{ij} y ε_{ij} = Error aleatorio (12).

La composición química de las raciones mediante el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en el i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición, μ = Media general, T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento y ε_{ij} = error experimental (12).

En aquellos casos en que hubo diferencias estadísticas significativas (12), se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($p < 0.05$).

differences ($p < 0.05$), with respect to T_2 , with the values of T_1 and T_3 being intermediate and statistically similar ($p > 0.05$). Regarding LIG, there were no significant differences ($p > 0.05$) between treatments (Table 1).

Table 1. Composition of experimental rations with dry matter basis and their chemical composition to evaluate the effect of the substitution of sorghum grain for different levels of fresh lemon pulp (FLP) on the feeding of hair lambs.

Ingredients	Treatment (FLP Levels)			
	T ₁ 0%	T ₂ 10%	T ₃ 20%	T ₄ 30%
Buffelgrass	52	52	52	52
Fresh lemon pulp	00	10	20	30
Sorghum	30	20	10	00
Cottonseed meal	12	12	12	12
Molasses	04	04	04	04
Vitamins and minerals	02	02	02	02
Dry Matter	89.20	88.88	87.99	86.48
Ash	10.52 ^a	9.60 ^{ab}	8.91 ^b	9.28 ^{ab}
Crude Protein	10.35 ^a	9.54 ^{ab}	8.85 ^{ab}	8.29 ^b
Ethereal Extract	4.90	5.71	6.86	7.44
Neutral detergent fiber	48.62 ^b	53.69 ^a	52.48 ^a	52.51 ^a
Acid detergent fiber	30.77 ^b	34.23 ^a	34.69 ^a	35.69 ^a
Cellulose	24.15 ^b	27.66 ^a	28.45 ^a	28.90 ^a
Hemicellulose	17.84 ^{ab}	19.46 ^a	17.79 ^{ab}	16.83 ^b
Lignin	6.62	6.57	6.24	6.78

^{a,b} Averages with different letter in the same row are different Tukey ($p < 0.05$)

The IVDMD of rations showed a difference ($p < 0.05$) when raising the FLP level (20%) with a value of 68.05% in the ration replacing sorghum grain (T_1 vs. T_3). However, it showed a quadratic trend ($p = 0.99$) by completely replacing sorghum (30% FLP), which indicated a statistical similarity for T_1 , T_2 and T_4 (Figure 1).

The content of GE, DE and ME of the rations was increased with respect to the level of sorghum substitution by FLP. A quadratic trend (Figure 2) was observed (by determination coefficients greater than $p = 0.93$) in the energy level of the ration by having a higher level of substitution of sorghum by FLP. Regarding the ME for this work, the rations with the highest energy content were T_3 and T_4 (2.14 and 2.16 Mcal kg⁻¹ DM, respectively), being higher ($p < 0.05$) than T_1 and T_2 , which also showed significant statistical differences among themselves (Figure 2).

The Experimental rations were used to feed hair lambs, generating the following results for the parameters evaluated. DWG ranged from 97 to 108 g d⁻¹ with no significant differences ($p > 0.05$) between treatments. The DFI increased ($p < 0.05$) from 909 and 911 (T_1 and T_2) to 1026 g d⁻¹ by including 30% of FLP in substitution of sorghum;

RESULTADOS

Los resultados de la composición química de las raciones utilizadas en la alimentación de las corderas se detallan en la tabla 1, donde se observó que al incrementar el nivel de sustitución del sorgo por PFL hasta el 20%, disminuyó el contenido de cenizas, observándose diferencias significativas ($p < 0.05$). De la misma manera el comportamiento sobre la PC, se redujo en la medida en que se alcanzó el mayor nivel de sustitución de sorgo por PFL; mostrando diferencias ($p < 0.05$), donde T_4 presentó un valor inferior (8.29% PC), respecto a T_1 (10.35% PC).

El contenido de EE, no presentó diferencia significativa ($p > 0.05$), manifestando valores de 4.90, 5.71, 6.86 y 7.44% para T_1 , T_2 , T_3 y T_4 , respectivamente.

Para las fracciones de fibras FDN, FDA y CEL, se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) con valores menores en T_1 , respecto al resto de los tratamientos, los cuales fueron similares entre sí ($p > 0.05$). El nivel de sustitución del sorgo afectó radicalmente las fracciones de fibra incrementando sus valores (48.62 a 52.51, 30.77 a 35.69 y de 24.15 a 28.90%, respectivamente para FDN, FDA y CEL). Sin embargo, para el contenido de HEM fue menor en T_4 , mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$), respecto a T_2 , siendo los valores de T_1 y T_3 intermedios y similares estadísticamente ($p > 0.05$). En lo que respecta LIG no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 1).

La DIVMS de las raciones, mostró diferencia ($p < 0.05$) al elevar el nivel de PFL (20%) con un valor de 68.05% en la ración en sustitución del grano de sorgo (T_1 vs T_3). Sin embargo,

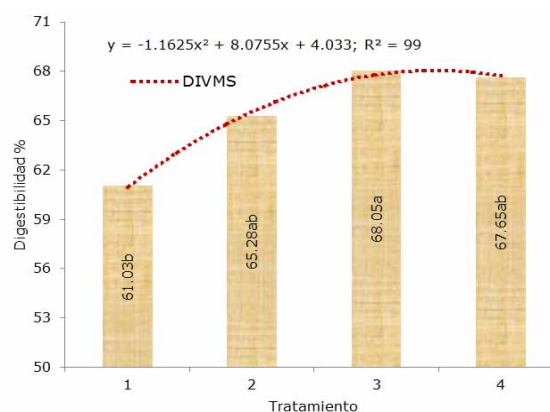
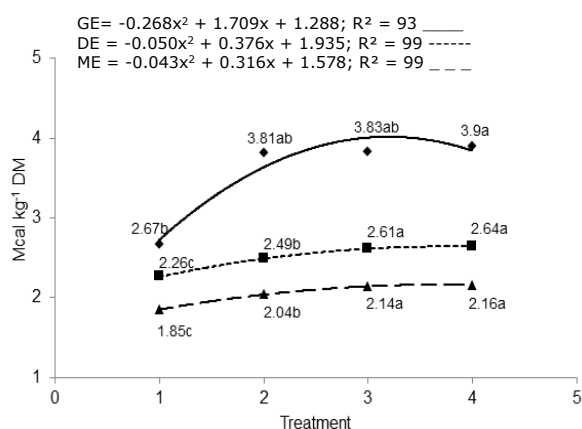


Figure 1. *In vitro* digestibility in rations with different levels of substitution of sorghum for fresh lemon pulp.



^{a,b} Averages with different letter in the same row are different Tukey ($p < 0.05$); IVDMD = in vitro dry matter digestibility, R^2 = determination coefficient (%); GE = gross energy; DE = digestible energy; ME = metabolizable energy.

Figure 2. Behavior of the level of gross energy (GE), digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) in rations with different levels of substitution of sorghum for fresh lemon pulp.

where T_3 was the intermediate value. However, FC was not different ($p > 0.05$) between treatments (Table 2).

Table 2. Averages of the productive behavior of ewes fed with different levels of fresh lemon pulp (FLP) in the ration.

Response Variables	Treatment (FLP Levels)			
	T_1 0%	T_2 10%	T_3 20%	T_4 30%
IW (kg)	22.4±2.8	22.0±2.3	21.6±1.5	22.4±1.3
FW (kg)	28.5±2.2	28.8±1.3	28.1±1.0	28.9±2.2
DWG (g d ⁻¹)	97.6±17.0	107.8±20.0	103.0±13.0	102.8±20.0
DFI (g d ⁻¹)	909.0±30.0 ^b	911.4±52.0 ^b	942.6±45.0 ^{ab}	1026.4±61.0 ^a
CAL	9.6±2.1	8.7±1.7	9.3±1.7	10.3±1.6

^{a,b} Averages with different letter in the same row are different Tukey ($p < 0.05$); IW = initial weight, FW = final weight, DWG = daily weight gain, DFI = daily food intake, FC = food conversion.

DISCUSSION

Composition of the nutritional content of diets.

The nutritional content of rations was affected by the level of substitution of sorghum by FLP. The crude protein content of the rations decreased as the highest level of sorghum substitution by FLP was achieved, with T_4 showing a lower value (8.29% CP) than T_1 (10.35% CP). These results are similar to those reported by Villanueva et al (5) when 15.0% of CP was obtained by integrating 15% of orange residue on the total ration and 12.5% of CP by incorporating 30%. This is attributed to the low CP

manifestó una tendencia cuadrática ($p=0.99$), al sustituir totalmente el sorgo (30% PFL), lo que indicó estadísticamente similitud para T_1 , T_2 y T_4 (Figura 1).

El contenido de EB, ED y EM de las raciones, se incrementó respecto al nivel de sustitución del sorgo por PFL. Se observó (Figura 2) una tendencia cuadrática (por los coeficientes de determinación mayores a $p=0.93$) en el nivel de energía de la ración al tener un mayor nivel de sustitución de sorgo por PFL. Respecto a EM para este trabajo las raciones con mayor contenido energético fueron T_3 y T_4 (2.14 y 2.16 Mcal kg⁻¹ MS, respectivamente) mostrándose superiores ($p < 0.05$) respecto a T_1 y T_2 , los cuales también fueron diferencias estadísticamente significativas entre sí (Figura 2).

Con las raciones experimentales se alimentaron a las corderas de pelo; generando los siguientes resultados de los parámetros evaluados. La GDP osciló entre 97 y 108 g d⁻¹ sin haber diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos. Para el CDA se incrementó ($p < 0.05$) de 909 y 911 (T_1 y T_2) hasta 1026 g d⁻¹ al incluir 30% de PFL en sustitución del sorgo; siendo T_3 el valor intermedio. Sin embargo, la CAL no fue diferente ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Composición del contenido nutricional de las dietas.

El contenido nutricional de las raciones se afectó con el nivel de sustitución de sorgo por PFL. El contenido de proteína cruda de las raciones se redujo en la medida que se alcanzó mayor nivel de sustitución de sorgo por PFL, mostrando T_4 un valor inferior (8.29% PC) respecto a T_1 (10.35% PC). Estos resultados son similares a los reportados por Villanueva et al (5) al obtener 15.0% de PC al integrar 15% de residuo de naranja del total de la ración y 12.5% de PC al incorporar un 30%. Esto se atribuye al bajo contenido de PC que presenta la pulpa fresca de naranja (6.0%), respecto al sorgo con 11.2% según reportaron Villanueva et al (5). Similarmente, Bampidis y Robinson (4) en la revisión que hacen de los subproductos citrícolos encontraron que el contenido de PC es de alrededor de 9.0%, de igual modo existen otras citas en la literatura que mencionan valores similares (6, 13).

En lo que respecta al contenido de EE, los valores obtenidos fueron mayores a los reportados por Bampidis y Robinson (4) en una revisión exhaustiva de subproductos citrícolos. De igual modo, Villanueva et al (5) reportaron valores

content of fresh orange pulp (6.0%) as compared to sorghum with 11.2% as reported by Villanueva et al (5). Similarly, Bampidis and Robinson (4), in their review of citrus fruit by-products, found that the CP content is about 9.0%; likewise, there are other texts in the literature that mention similar values (6, 13).

Regarding the EE content, the values obtained were higher than those reported by Bampidis and Robinson (4) in an exhaustive review of citrus fruit by-products. Similarly, Villanueva et al (5) reported values of 2.1% for EE when using 15, 20, 25 and 30% of fresh orange peel pulp in rations for fattening hair lambs. However, Dadvar et al (13) found values of 7.06% for EE.

In this study lignin showed values higher than those reported by Villanueva et al (5) and González et al (6).

The results obtained for the IVDMD of the rations used increased as the level of FLP increased (Figure 1), until obtaining a value of 68.1% for T₃ (20% of FLP). Macías-Cruz et al (14) reported that increasing fresh orange pulp in rations from 30 to 40%, the IVDMD improved from 80.6 to 84.2%, so it is expected that an increase in IVDMD will raise the ME level in the ration. However, Dadvar et al (13) found that IVDMD was 60.45%.

The increase in the inclusion level of FLP in the ration is associated with the increase in ME, as observed in figure 1; which can be attributed to the high pectin content (15). In this regard, Villanueva et al (5) reported values of 2.3 and 3.2 Mcal kg⁻¹ for the nutritional content of sorghum and FLP, respectively, which allows improving the content of ME in the ration.

Productive behavior of ewes. The values for of DFI recorded in this study were lower than those reported by Cienfuegos-Rivas et al (16), in lambs fed with rations that included dehydrated orange pulp, in which consumption was higher as the level of residue increased. Similarly, Macías-Cruz et al (14), when including up to 30% of fresh orange pulp, obtained a quadratic behavior in consumption (1.13, 1.22, 1.34 and 1.32 kg d⁻¹) of diets that included 0, 15, 30 and 45% of pulp, respectively. However, the results of this study are different from those reported by Villanueva et al (5), with DFI of 1.35, 1.22, 1.07 and 0.97 kg by incorporating 15, 20, 25, and 30% of fresh orange pulp in the rations.

Considering the results obtained for DWG, it is possible to mention that these are lower than those reported by Pascual-Córdova et al (17) in Pelibuey lambs, with 192 g d⁻¹, using whole diets with a ME content of 2.8 Mcal kg⁻¹ and 19.8% of CP. Similarly,

de 2.1% de EE cuando utilizaron 15, 20, 25 y 30% de pulpa fresca de cáscara de naranja en raciones para corderos de pelo de engorda. Sin embargo, Dadvar et al (13) encontraron valores de 7.06% para EE.

En el presente estudio la lignina tuvo valores superiores a los reportados por Villanueva et al (5) y González et al (6).

Los resultados obtenidos para DIVMS de las raciones utilizadas, se incrementaron al elevarse el nivel de PFL (Figura 1), hasta obtener un valor de 68.1% para el T₃ (20% de PFL). Macías-Cruz et al (14) reportaron que al incrementar pulpa fresca de naranja en raciones de 30 a 40% mejoró la DIVMS de 80.6 a 84.2%, por lo que a mayor DIVMS, se espera tener mayor nivel de EM en la ración. Sin embargo, Dadvar et al (13) encontraron que la DIVMS fue de 60.45%.

El incremento del nivel de inclusión de PFL en la ración se asocia con el aumento EM, como se observa en la figura 1; lo que se le puede atribuir al alto contenido de pectinas que presenta (15). Al respecto Villanueva et al (5) reportaron el contenido nutricional del sorgo y PFL, valores de 2.3 y 3.2 Mcal kg⁻¹, respectivamente, lo que permite mejorar el contenido de EM en la ración.

Comportamiento productivo de las corderas.

Los valores de CDA registrado en el presente trabajo fueron inferiores a los reportados por Cienfuegos-Rivas et al (16), en corderos alimentados con raciones que incluían pulpa deshidratada de naranja, en los que a medida que se incrementó el nivel de residuo, el consumo fue mayor. De igual modo, Macías-Cruz et al (14) al incluir hasta el 30% de pulpa fresca de naranja, obtuvieron un comportamiento cuadrático en el consumo (1.13, 1.22, 1.34 y 1.32 kg d⁻¹), de dietas que incluían 0, 15, 30 y 45% de pulpa, respectivamente. Sin embargo, los resultados del presente trabajo son diferentes a los reportados por Villanueva et al (5), con CDA de 1.35, 1.22, 1.07 y 0.97 kg al incorporar 15, 20, 25, y 30% de pulpa fresca de naranja en las raciones.

Considerando los resultados obtenidos de GDP se puede mencionar que son menores a los reportados por Pascual-Córdova et al (17) en corderas Pelibuey, con 192 g d⁻¹, utilizando dietas integrales con un contenido de EM de 2.8 Mcal kg⁻¹ y 19.8% de PC. Similarmente, Cienfuegos-Rivas et al (16) encontraron que las GDP fueron mayores en corderos de pelo Dorper x Pelibuey.

Con los resultados de este trabajo se concluye que la PFL, se puede aprovechar, hasta el 30% de la dieta, en sustitución del sorgo, en la

Cienfuegos-Rivas et al (16) found that the DWGs were higher in Dorper x Pelibuey hair lambs.

From the results of this work it can be concluded that FLP can be used, up to 30% of diet, as a replacement of sorghum in the feeding of hair lambs, without affecting the productive parameters of DWG and FC of hair lambs.

Similarly, the FLP is considered an alternative energy source to substitute sorghum grain in the feeding of hair lambs.

Acknowledgements

To the National Council of Science and Technology for the scholarship granted to the first author and to the Academic Strengthening Program for Indigenous Peoples. To the Faculty of Engineering and Sciences of the Autonomous University of Tamaulipas and to the Autonomous University of Nuevo Leon.

alimentación de corderas de pelo, sin afectar los parámetros productivos de GDP y CAL de las corderas de pelo.

Del mismo modo, se considera a la PFL una alternativa como fuente energética para sustituir al grano de sorgo en la alimentación de corderas de pelo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor y al Programa de Fortalecimiento Académico para Indígenas. A la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y a la Universidad Autónoma de Nuevo León.

REFERENCES

1. Montaldo HH, Flores-Serrano C, Sulaiman Y, Osorio-Avalos J, Ortiz-Hernández A, et al. Crecimiento y comportamiento reproductivo de ovinos Poll Dorset y Suffolk bajo condiciones intensivas. *Rev Mex Cien Pecu* 2011; 2(3):359-369.
2. Rodríguez I. Estrategias de alimentación para bovinos en el trópico. *Mundo Pecuario* 2011; 7(3):167-170.
3. Arrázola PG, Buelvas DH, Arrieta DY. Aprovechamiento de las características nutricionales del almendro de la India (*Terminalia catappa L.*) como suplemento en la alimentación animal. *Rev MVZ Córdoba* 2008; 13(1):1205-1214.
4. Bampidis VA, Robinson PH. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Anim Feed Sci Technol* 2006; 128(3-4):175-217.
5. Villanueva Z, Ibarra MA, Zárate P, Briones F, Escamilla OS, González A, et al. Comportamiento productivo de corderos de pelo alimentados con residuo fresco de naranja (*Citrus sinensis*) en sustitución de granos de sorgo (*Sorghum vulgare*). *Rev Cub Cien Agr* 2013; 47(1):27-31.
6. González RA, Lucero MFA, Zárate FP, Hernández MJ, Ibarra HMA, Limas MAG, et al. Evolución del valor nutritivo de la pulpa de naranja fresca almacenada durante siete días. *Zootec Trop* 2013; 31(2):159-164.
7. Caparra P, Fotti F, Scerra M, Sinatra MC, Scerra V. Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. *Small Rumin Res* 2007; 68(3):303-311.
8. Dihigo LE, Savón L, Hernández Y, Domínguez M, Martínez M. Caracterización físico-química de las harinas de morera (*Morus alba*), pulpa de cítrico (*Citrus sinensis*) y harina de caña (*Saccharum officinarum*) para la alimentación de los conejos. *Rev Cub Cien Agr* 2008; 42(1):65-69.
9. INEGI. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (Acceso el 8 de junio 2013). URL Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geografia/default.aspx>.
10. Horwitz W, Latimer JrGW. Official methods of analysis of AOAC *International*. 18th edition. AOAC INTERNATIONAL: USA; 2006.

11. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides analyses in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991; 74(10):3583-3597.
12. SAS. Version 9.0 para windows. User's guide Statistics. Statistical Analysis System Institute. SAS Institute Inc., Cary, NC; 2002.
13. Dadvar P, Dayani O, Mehdipour M, Morovat M. Determination of physical characteristics, chemical composition and digestion coefficients of treated lemon pulp with *Saccharomyces cerevisiae* in goat diet. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2015; 99(1):107-113.
14. Macías-Cruz U, Quintero-Elisea JA, Avendaño-Reyes L, Correa-Calderón A, Álvarez-Valenzuela FD, et al. Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) substitution for orange pulp on intake, digestibility, and performance of hair sheep lambs. *Trop Anim Health Prod* 2010; 42(2):223-232.
15. Barbosa de Macedo CA, Yurika Mizubuti I, Barros Moreira F, Sales Pereira E, de Azambuja Ribeiro EL, da Rocha MA, et al. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de bagaço de la naranja em substituição à silagem de sorgo na ração. *R Bras Zootec* 2007; 36(6):1910-1916.
16. Cienfuegos-Rivas EG, González-Reyna A, Hernández-Meléndez J, Ibarra-Hinojosa MA, Lucero-Magaña FA, Zárate-Fortuna P. Comportamiento productivo en corderos alimentados con combinaciones de pulpa fresca de naranja y heno de zacate buffel como fuentes de fibra. *Ciencia UAT* 2010; 4(3):64-68.
17. Pascual-Córdova A, Oliva-Hernández J, Hernández-Sánchez D, Torres-Hernández G, Suárez-Oporta ME, Hinojosa-Cuellar JA. Crecimiento postdestete y eficiencia reproductiva de corderas pelibuey con un sistema de alimentación intensiva. *Arch Med Vet* 2009; 41(3):205-212.