



Effect of a diet based on mesquite pod, maguey silage and prickly pear on production and physicochemical quality of Saanen goat milk

Efecto de una dieta con base en vaina de mezquite, maguey y nopal sobre la producción y calidad físicoquímica de leche de cabras Saanen

Julia Carolina Galaviz Castillo¹; Felipe Asael Rodríguez Rangel¹;
Juan Antonio Rendón Huerta^{1*}; Gregorio Álvarez Fuentes²;
Juan Ángel Morales Rueda³; Juan Carlos García López²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, carretera Salinas-Santo Domingo núm. 200, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, C. P. 78600.

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Altair núm. 200, col. Del Llano, San Luis Potosí, S. L. P. México. C. P. 78377.

³Viscoelabs Materials Research Center, ave. Real de Lomas núm. 350, int. 113, Lomas 4ta., San Luis Potosí, S. L. P. México. C. P. 78216.

*Corresponding author: antonio.rendon@uaslp.mx, Tel: 4969634030.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the production and quality of milk from Saanen goats supplemented with maguey silage, prickly pear cladodes and mesquite pod. Two diets for milk-producing goat were prepared. The first diet was formulated with maize, alfalfa hay, soy meal and poultry litter (diet 1); the second diet was prepared with the same ingredients, and it was supplemented with maguey, prickly pear, and mesquite (diet 2). The diets were subjected to a chemical analysis and an *in vitro* digestibility test. Eight second-calving Saanen goats were used. The experiment lasted for 28 days. The considered variables were production of milk per goat per day, and to define its physicochemical quality, percentages of fat, lactose, protein and non-fat solids were measured. Milk production was higher with diet 1 ($P < 0.05$) but fat percentage was higher ($P < 0.05$) with diet 2 (3.6 %); the rest of the variables were similar with both diets. Supplementation with maguey silage, prickly pear and mesquite pod decreased milk production; milk quality was similar between diets. In addition, the feed cost per animal decreased 54 %, i.e., it changed from \$22 to \$10 pesos.

Keywords: Milk production, goats, *in vitro* digestibility, maguey silage.

Resumen

Con el objetivo de evaluar la producción y calidad de leche de cabras Saanen suplementadas con ensilado de maguey, penca de nopal y vaina de mezquite, dos dietas para cabras productoras de leche fueron elaboradas. La primera dieta se elaboró con maíz, alfalfa, soya y pollinaza (dieta 1); la segunda se formuló con los mismos ingredientes y se suplementó con maguey, nopal y mezquite (dieta 2). Un análisis químico y una prueba de digestibilidad *in vitro* de las dietas fueron realizadas. Ocho cabras de la raza Saanen de segundo parto se utilizaron en el experimento. Las cabras se alimentaron con dichas dietas durante 28 días; las variables involucradas fueron producción de leche por día y para definir su calidad físicoquímica se midieron porcentaje de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos. La producción de leche fue mayor con la dieta 1 ($P < 0.05$); sin embargo, el porcentaje de grasa fue mayor ($P < 0.05$) con la dieta 2 (3.6 %); las otras variables fueron similares con ambas dietas. La suplementación con maguey, nopal y mezquite disminuyó la producción de leche; la calidad de la leche fue similar entre las dietas. Además, el costo de alimentación por animal disminuyó 54 %, i.e. cambió de \$22 a \$10 pesos.

Palabras clave: Producción de leche, cabras, digestibilidad *in vitro*, silo de maguey.



Introduction

Goat production in Mexico is concentrated in arid and semi-arid regions where water and food scarcity are common; production systems are mostly practiced extensively, since the basic feed comes from natural grassland, which varies greatly, not only seasonal in terms of quantity and quality, but also locally and even within the same farm (Echeverría et al., 2006; Gómez and González, et al., 2009). This variation regarding quality and quantity of forage, mainly in times of drought, affects growth and development of livestock, which has an effect on goat milk and meat production (Sánchez, et al., 2003). According to Escareño et al. (2011), the main product derived from goat production is milk, followed by *cabrito* (roast goat). Milk production depends on many factors, such as breed, stage of lactation, season of the year, management practices, feeding and health condition (Salvador and Martínez, 2007). Goat milk production in Mexico comes mainly from extensive production systems. In Mexico, the goat population is nine million head, ranking sixteenth worldwide and second in Latin America with a milk production of 160 000 tons (FAO STAT, 2017). The largest number of goats is located in the states of Oaxaca, Puebla, Guerrero, Zacatecas, Coahuila and San Luis Potosí (SIAP, 2018). Feeding of dairy goats in the Potosi Plateau is mainly by extensive systems or grazing; however, this practice alone cannot meet nutritional needs during lactation; therefore, supplementation of the diet of grazing goats is necessary if milk production is to be increased (Maldonado et al., 2017). The adverse effects most present in dairy goats in exclusively grazing systems are weight loss and low milk production compared to semi-stabled or stabled goats (Morand-Ferh, et al., 2007).

However, in arid areas there are natural resources such as maguey, prickly pear plants and mesquite pods; in general, these resources are poorly used in animal feed to increase productivity. García-López et al. (2019) point out that the mesquite tree (*Prosopis laevigata*) can produce up to 31.8 kg of pods with potential as a resource for animal feed for small livestock in plots in the Central Plateau of Mexico. Zamudio et al. (2009) mention that feeding maguey silage and alfalfa to goats increases the productive properties of these animals because both nutritional quality and ruminal digestibility are improved. Peña-Avelino, et al. (2016) suggest that mesquite pods can be used as a substitute for maize grain in diets for sheep, since daily weight gain, feed intake and feed conversion are improved due to the source of soluble carbohydrates and, also, the metabolism of nitrogen and volatile fatty acids in the rumen is improved

The nutritional quality of non-conventional forages such as maguey, prickly pear and mesquite in

Introducción

En México, la producción de cabras se concentra en las regiones áridas y semi áridas donde prevalece la escasez de agua y alimentos; los sistemas de producción se practican mayoritariamente en forma extensiva, ya que la alimentación básica proviene del pastizal natural, el cual presenta una gran variación, no solo estacional en cuanto a cantidad y calidad, sino también a nivel local y aún dentro del mismo predio (Echeverría et al., 2006; Gómez y González, et al., 2009). Esta variación en cuanto a calidad y cantidad de los forrajes, principalmente en épocas de sequía, limita el crecimiento y desarrollo del ganado, por lo cual existe un efecto sobre la producción de leche y carne de cabras (Sánchez, et al., 2003). Según Escareño et al. (2011), el principal producto derivado de la producción de cabra es la leche y después el cabrito. La producción de leche depende de muchos factores, tales como la raza, etapa de lactancia, estación del año, prácticas de manejo, estado de salud y alimentación (Salvador y Martínez, 2007). La producción de leche de cabra en México proviene principalmente de sistemas de producción extensiva. En México, la población caprina es de nueve millones de cabezas, ocupando el décimo sexto lugar a nivel mundial y segundo a nivel Latinoamérica con una producción de leche de 160 000 toneladas (FAO STAT, 2017). La mayor cantidad de caprinos se ubica en los estados de Oaxaca, Puebla, Guerrero, Zacatecas, Coahuila y San Luis Potosí (SIAP, 2018). La alimentación de las cabras lecheras en el altiplano potosino es principalmente por sistemas extensivos o pastoreo; sin embargo, esta práctica por sí sola no puede satisfacer las necesidades nutricionales durante la lactancia; por lo tanto, la complementación de la alimentación de las cabras en pastoreo es necesaria si se desea aumentar la producción de leche (Maldonado et al., 2017). Los efectos adversos más presentes en las cabras lecheras en sistemas exclusivamente de pastoreo son la pérdida de peso y producción de poca leche en comparación con las cabras semi-estabuladas o estabuladas (Morand-Ferh, et al., 2007).

Sin embargo, en las zonas áridas existen recursos naturales como maguey, nopal y mezquite; en general, esos recursos son subutilizados en la alimentación para animales con fines de incremento de la productividad. García-López et al. (2019) señalan que el árbol de mezquite (*Prosopis laevigata*) llega a producir hasta 31.8 kg de vaina con potencial como recurso para la alimentación de animales de ganado menor en solares del Altiplano Potosino de México. Zamudio et al. (2009) indican que al alimentar cabras con ensilado de maguey y alfalfa se incrementan las propiedades productivas de los animales debido a que se mejoran tanto la calidad nutricional como la digestibilidad ruminal. Peña-Avelino, et al. (2016) mencionan que las vainas de mezquite pueden ser usadas como sustituto de grano de

ruminants has been tested. However, studies in which their addition to a diet has been evaluated on productive variables in dairy goats are scarce. For this reason, the hypothesis proposed is that the supplementation of maguey silage, prickly pear cladodes and mesquite pods in a conventional diet for dairy goats increases milk production and its physicochemical quality. The objective of this study was to evaluate milk production and milk quality of Sannen goats fed a diet supplemented with maguey silage, prickly pear cladodes and mesquite pods.

Materials and methods

The experiment was carried out in a private production unit in the town of “El Alegre” in the municipality of Salinas de Hidalgo, San Luis Potosi, Mexico, located at coordinates 22° 31’ 42” N and 101° 39’ 14” W at 2 100 masl. The climate is semi-arid with an average annual temperature of 18.7 °C and an average annual rainfall of 391 mm.

Formulation of feed rations

Two mixed diets were formulated for milk producing goats according to the nutritional requirements established by the NRC (2007), considering a live weight of 40 kg and a diet containing 16 % crude protein; first, a conventional diet was developed, based on the diets used in goat feeding in intensive housed systems, supplemented with some sources of energy and protein (e.g., steam-rolled corn, soybean meal, alfalfa hay, corn silage and poultry litter) (diet 1). At the same time, a second diet was formulated with the same ingredients and, also, other non-conventional forages were added because they are abundant in the Western Plateau region of San Luis Potosi; such as prickly pear, maguey silage and mesquite pods (diet 2). Therefore, aboveground parts of the cladodes of the agave plant for mezcal and pulque (*Agave salmiana*), red ripe mesquite (*Prosopis laevigata*) pods and prickly pear (*Opuntia streptacantha*) cladodes were collected in the municipality of Salinas de Hidalgo. Spines were removed from prickly pear cladodes and these cladodes were cut into 3 x 3 cm pieces; mesquite pods were ground in an industrial blender (International), and maguey silage were chopped. With the latter, a silage was made with 30 days of fermentation in black bags under anaerobic conditions. Chemical analysis was performed on the collected ingredients. Finally, the ingredients of each diet were mixed. In both diets, an approximate ratio of forage: concentrate = 45:55 on a dry matter basis was considered, as shown in Table 1.

Chemical composition of the diets

Samples (500 g) of the diets were taken weekly for dry matter analysis. These samples were dried at 60°C in a

maíz en dietas para borregos, ya que la ganancia de peso diaria, consumo de alimento y la conversión alimenticia se mejoran debido a la fuente de carbohidratos solubles y, además, el metabolismo del nitrógeno y de ácidos grasos volátiles en el rumen se mejora.

La calidad nutricional de forrajes no convencionales como maguey, nopal y mezquite en rumiantes se ha comprobado. Sin embargo, los estudios en los que se haya evaluado su adición en una dieta sobre variables productivas de cabras lecheras son escasos. Por tal motivo, la hipótesis planteada es que la suplementación de ensilado de maguey, penca de nopal y vaina de mezquite en una dieta convencional para cabras lecheras incrementa la producción de leche y su calidad fisicoquímica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción y calidad de leche de cabras Sannen con una dieta suplementada con ensilado de maguey, penca de nopal y vaina de mezquite.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en una unidad de producción privada en la localidad “El Alegre” del municipio de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, ubicada en las coordenadas 22° 31’ 42” N y 101° 39’ 14” W a 2 100 msnm. El clima es semiárido con una temperatura media anual de 18.7 °C y una precipitación pluvial media anual de 391 mm.

Formulación de las raciones

Dos dietas totalmente mezcladas se formularon para cabras productoras de leche de acuerdo a los requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (2007), al considerar un peso vivo de 40 kg y una dieta que contuviera 16 % de proteína bruta; en primera instancia se elaboró una dieta convencional a las dietas utilizadas en la alimentación del ganado caprino en los sistemas estabulados intensivos complementados con algunas fuentes de energía y proteína (e.g. maíz rolado, pasta de soya, heno de alfalfa, ensilado de maíz y pollinaza) (dieta 1). A la par, una segunda dieta se formuló con los mismos ingredientes y, además, otros forrajes no convencionales se agregaron porque son abundantes en la región Altiplano Oeste de San Luis Potosí; tales son los casos de nopal, ensilado de maguey y vaina de mezquite (dieta 2). Por lo tanto, partes aéreas de pencas de maguey mezcalero y pulquero (*Agave salmiana*), vainas rojas maduras de mezquite (*Prosopis laevigata*) y pencas de nopal cardón (*Opuntia streptacantha*) fueron recolectadas en el municipio de Salinas de Hidalgo. Las pencas de nopal se desespitaron y se cortaron en trozos de 3 x 3 cm; las vainas de mezquite se molieron en una licuadora industrial (International), y las pencas de maguey se picaron. Con estas últimas se elaboró un ensilado con 30 días de fermentación en bolsas negras en condiciones anaerobias. A los

forced air oven (SHEL LAB) for 24 hours. Then, dry and wet weight percentages were recorded. Subsequently, the samples were ground in a Willy mill with a 1 mm sieve. These diets were chemically analyzed to determine crude protein content by the Kjeldahl method, as well as ethereal extract, acid detergent fiber and ash, following the methods of the AOAC (1999). Also, neutral detergent fiber (NDF) was determined by the method of Van Soest, et al. (1991).

Once the rations were formulated, an *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) analysis was performed using the technique of Tilley and Terri (1963). Four male goats weighing 44.2 ± 1.5 kg live weight were fed both diets ($n=2$ for each diet) for a period of 10 days. Subsequently, the goats were sent to the Salinas municipal slaughterhouse for slaughter. There, rumen fluid samples were collected. At the laboratory, 20 test tubes were prepared with 50 mL of McDougall's saliva, 5 mL of filtered rumen fluid and 0.5 g of dry feed ($n = 10$ for each diet). IVDMD values were used to predict digestible energy (DE, kcal·kg⁻¹) with the equation developed by Fonnesebeck, et al. (1984): $DE (Mcal \cdot kg^{-1}) = 0.27 + 0.0428 \times DMD (\%)$. Subsequently, DE values were converted to metabolizable energy (ME) with the formula proposed by Gonzalez and Everitt (1982) $ME (Mcal \cdot kg^{-1}) = 0.821 \times DE$. Energy values were expressed in MCal and converted to MJ.

In vivo study

A total of eight second-birth female goats of the Saanen breed of 90 days of lactation, 30 months of age and

ingredientes recolectados se les realizó un análisis químico. Finalmente, los ingredientes de cada dieta fueron mezclados. En ambas dietas se consideró una proporción aproximada de forraje: concentrado = 45:55 con base en materia seca, tal como se muestra en la Cuadro 1.

Composición química de las dietas

Para la determinación de materia seca se tomaron muestras (500 g) de las dietas cada semana. Esas muestras se secaron a 60° C en un horno de aire forzado (SHEL LAB) durante 24 horas. Luego, los porcentajes de peso seco y húmedo se determinaron. Posteriormente, las muestras se molieron en un molino de la marca Willy con una criba de 1 mm. A dichas dietas se les realizó un análisis químico para determinar los contenidos de proteína cruda mediante el método Kjeldahl, así como de extracto etéreo, fibra detergente ácida y cenizas, siguiendo los métodos de la AOAC (1999). También, fibra detergente neutra (FDN) se determinó con el método de Van Soest, et al. (1991).

Una vez que las raciones se formularon, un análisis de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se realizó mediante la técnica de Tilley y Terri (1963). Cuatro cabras macho de 44.2 ± 1.5 kg de peso vivo se alimentaron con ambas dietas ($n=2$ para cada dieta) durante un periodo de 10 días. Posteriormente, las cabras se enviaron al rastro municipal de Salinas para su sacrificio. Ahí se obtuvieron muestras de líquido ruminal. En laboratorio se prepararon 20 tubos de ensayo con 50 mL de Saliva de McDougall, 5 mL de

Table 1. Composition of the two diets.

Cuadro 1. Composición de las dos dietas.

Ingredients, g·kg ⁻¹ DM/ Ingredientes, g·kg ⁻¹ de MS	Diet 1/Dieta 1	Diet 2/Dieta 2
Steam-rolled maize /Maíz rolo	270	100
Poultry litter /Pollinaza	50	50
Soybean meal /Pasta de soya	170	150
Alfalfa hay /Heno de alfalfa	150	150
Corn silage /Ensilado de maíz	340	-
Prickly pear /Nopal	-	200
Mesquite pod /Vaina de mezquite	-	150
Maguey silage /Ensilado de maguey	-	180
Mineral premix [§] /Premezcla mineral [§]	20	20

DM Dry matter

[§]Nutrigan for sheep: calcium 220 mg·kg⁻¹; phosphorus 280 mg·kg⁻¹; magnesium 0.5 %; urea 102 g·kg⁻¹; salt 845 g·kg⁻¹; vitamin A 150 MUI·kg⁻¹; vitamin B 25 MUI·kg⁻¹; vitamin E 150 MUI·kg⁻¹; sulfur 30 g·kg⁻¹; selenium 10 mg·kg⁻¹; potassium 215 mg·kg⁻¹; iron 50 mg·kg⁻¹; cobalt 20 mg·kg⁻¹; zinc 50 mg·kg⁻¹; manganese 1600 mg·kg⁻¹; copper 300 mg·kg⁻¹; lasalocid 1.3 g·kg⁻¹

MS Materia Seca

[§]Nutrigan borregos: calcio 220 mg·kg⁻¹; fosforo 280 mg·kg⁻¹; magnesio 0.5 %; urea 102 g·kg⁻¹; sal 845 g·kg⁻¹; vitamina A 150 MUI·kg⁻¹; vitamina B 25 MUI·kg⁻¹; vitamina E 150 MUI·kg⁻¹; azufre 30 g·kg⁻¹; selenio 10 mg·kg⁻¹; potasio 215 mg·kg⁻¹; hierro 50 mg·kg⁻¹; cobalto 20 mg·kg⁻¹; zinc 50 mg·kg⁻¹; manganeso 1600 mg·kg⁻¹; cobre 300 mg·kg⁻¹; lasalocid 1.3 g·kg⁻¹

weighing 45 ± 1.6 kg were used in the experiment. The animals were treated according to NOM-062-ZOO-1999. The two treatments ($n = 4$) were randomly assigned. The animals were placed in individual corrals with water and *ad libitum* feeding for seven days, as an adaptation period, and were given an initial fully mixed diet (F:C, 75:25); once this period was over, the proportion of concentrate in this diet increased (F:C, 45:55); feeding was given at 8:00 and 17:00 h for four more weeks.

Costs

Commercial costs of the ingredients were used to calculate the price per kilogram of diet feed and, subsequently, the total feed costs were calculated. The variables evaluated were dry matter intake and milk production per day. Body weight was recorded each week. Production efficiency was calculated as the ratio of milk produced to feed intake. In addition, each week a milk sample was taken and its physicochemical quality, i.e., fat, lactose, protein and total non-fat solids in milk were determined using an ultrasonic lactoscan (Milkotester Master Eco).

Statistical Analysis

The results of *in vitro* digestibility ($n = 10$), biometric variables, goat milk production ($n = 4$), fat content, protein, lactose and total non-fat solids for each of the portions ($n = 4$) were analyzed with Student's t-test at a significance level $\alpha = 0.05$, using the statistical package R Core team (2017). To compare milk production, a mixed model was applied, using PROC MIXED of SAS (SAS, 2002) with the REML method and the REPEATED function to estimate effect of diets over time (4 weeks). The treatment (diet) was included as a fixed component in the model, while the goat was involved as a random component.

Results and Discussion

The composition of the diets used is shown in Table 2. Dry matter and ethereal extract contents were higher ($P < 0.05$) in diet 1; the lowest DM content was for diet 2 due to the higher moisture contents in the maguey silage and prickly pear cladodes. Ethereal extract content was lower in diet 2 ($P < 0.05$); the other nutritional variables showed non-significant differences ($P < 0.05$). *In vitro* digestibility at 48 hours, as well as digestible and metabolizable energy presented non-significant statistical differences ($P < 0.05$). Digestibility values were slightly higher than 70 %. These results coincide with those reported in other studies in which from 200 to 300 g·kg⁻¹ DM of mesquite pods were included in the diet; estimated values ranged from 65 to 75 % dry matter digestibility (Andrade-Montemayor, et al., 2011; Negrete et al., 2017). Regarding maguey

líquido ruminal filtrado y 0.5 g de alimento seco ($n = 10$ para cada dieta). Los valores de la DIVMS se usaron para predecir la energía digestible (ED, kcal·kg⁻¹) con la ecuación desarrollada por Fonnesbeck, et al. (1984): $ED \text{ (Mcal·kg}^{-1}\text{)} = 0.27 + 0.0428 \times \text{DIVMS (\%)}$. Posteriormente, los valores de ED fueron convertidos a energía metabolizable (EM) con la fórmula propuesta por Gonzalez y Everitt (1982) $EM \text{ (Mcal·kg}^{-1}\text{)} = 0.821 \times \text{ED}$. Los valores de energía se expresaron en MCal y se convirtieron a MJ.

Estudio *in vivo*

Ocho cabras hembras de segundo parto de la raza Saanen de 90 días de lactancia, 30 meses de edad y un peso de 45 ± 1.6 kg se utilizaron en el experimento. Los animales fueron tratados conforme a lo establecido en la NOM-062-ZOO-1999. Los dos tratamientos ($n = 4$) se asignaron aleatoriamente. Los animales se colocaron en corrales individuales con agua y alimentación *ad libitum* durante siete días, como período de adaptación, y se les dio una dieta inicial totalmente mezclada (F:C, 75:25); una vez que este periodo transcurrió, la proporción de concentrado en la dieta se incrementó (F:C, 45:55) y la alimentación se ofreció a las 8:00 y 17:00 h durante cuatro semanas más.

Costos

Los costos comerciales de los ingredientes se utilizaron para calcular el precio por kilogramo de alimento de dieta y, posteriormente, se calcularon los costos totales de alimentación. Las variables evaluadas fueron consumo de materia seca y producción de leche por día. Cada semana se registró el peso corporal. La eficiencia de producción se calculó como la proporción de leche producida entre el consumo de alimento. Además, cada semana se tomó una muestra de leche y se determinó su calidad fisicoquímica, i.e. grasa, lactosa, proteína y sólidos totales no grasos en leche mediante un lactoscan ultrasónico (Milkotester Master Eco).

Análisis estadístico

Los resultados de digestibilidad *in vitro* ($n = 10$), variables biométricas, producción de leche de cabra ($n=4$), contenidos de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales no grasos para cada una de las raciones ($n = 4$) se analizaron con la prueba de t de Student a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con el paquete estadístico R Core team (2017). Para comparar la producción de leche se utilizó un modelo mixto, mediante el PROC MIXED de SAS (SAS, 2002) con el método REML y la función REPEATED para estimar efecto de las dietas a través del tiempo (4 semanas). El tratamiento (dieta) fue incluido como componente fijo en el modelo, mientras que la cabra fue involucrada como componente aleatorio.

Table 2. Proximal analysis and percentage digestibility of two diets.**Cuadro 2. Análisis proximal y porcentaje de digestibilidad de dos dietas.**

Variable	Diet/Dieta		P value/ Valor de p
	Diet 1/ Dieta 1	Diet 2/ Dieta 2	
Dry matter, %/Materia seca, %	76.20 ± 2.4	62.30 ± 3.2	***
Ether extract, % of DM/Extracto etéreo, % de MS	7.83 ± 0.19	6.54 ± 0.27	***
Neutral detergent fiber, % of DM/Fibra detergente neutra, % de MS	37.00 ± 1.2	37.80 ± 1.6	n.s.
Acid detergent fiber, % of DM/Fibra detergente ácida, % de MS	18.50 ± 1.31	18.20 ± 1.15	n.s.
Protein, % of DM / Proteína, % de MS	16.00 ± 1.93	16.10 ± 1.58	n.s.
Ash, % of DM/Cenizas, % de MS	3.85 ± 0.31	3.58 ± 0.17	n.s.
Degradation at 48 h, % of DM / Degradación a las 48 h, % de MS	71.40 ± 1.82	70.60 ± 2.64	n.s.
Digestible energy, MJ·kg ⁻¹ of DM / Energía digestible, MJ·kg ⁻¹ de MS	13.90 ± 0.18	13.70 ± 0.23	n.s.
Metabolizable energy, MJ·kg ⁻¹ of DM/ Energía metabolizable, MJ·kg ⁻¹ de MS	11.40 ± 0.14	11.30 ± 0.21	n.s.

Data correspond to mean values ± standard deviation.

DM Dry Matter

n.s. = non-significant; *** $P < 0.0001$

Los datos corresponden a valores medios ± desviación estándar

MS Materia Seca

n.s. = no significativo; *** $P < 0.0001$

silage, Álvarez-Fuentes et al. (2015) indicate that, despite the low dry matter and protein contents, its high sugar content allows a more accelerated fermentation in contrast to other conventional silages; in addition, mixing them with other protein sources, such as alfalfa, leads to a positive impact on nutritional quality.

Initial goat weight, dry matter intake and efficiency (Table 3) were similar ($P > 0.05$) in both treatments; however, weight, total gain and gain per day, milk production per day, cost per kg of fresh diet, feed cost per animal per day and production cost per liter of milk were higher ($P < 0.05$) in diet 1, at the end of the experiment. Although milk production is lower in the case of diet 2, the use of the resources involved in its design is more profitable because the animals do not lose weight, its efficiency is higher than 85 % and feeding costs per goat per day are lower ($P < 0.05$). It is important that the costs of non-conventional forages, i.e. maguey, prickly pear and mesquite were not considered due to the availability and proximity to the place where the experiment was carried out, since the land is ejido land and these resources are little or not used at all.

Based on the statistical analysis, there were differences ($P < 0.0001$) in milk production (Figure 1) associated with the sources of variation in treatment and time. Increases in milk production were recorded in the experiment as a result of the effect of both diets. In the first intake, the differences were not significant

Resultados y discusión

La composición de las dietas utilizadas se muestra en el Cuadro 2. Los contenidos de materia seca y extracto etéreo fueron mayores ($P < 0.05$) en la dieta 1; el contenido de MS menor se observó en la dieta 2 debido a los contenidos mayores de humedad en el ensilado de maguey y en las pencas de nopal. El contenido de extracto etéreo fue menor en la dieta 2 ($P < 0.05$); las otras variables nutricionales presentaron diferencias no significativas ($P > 0.05$). La digestibilidad *in vitro* a las 48 horas, así como la energía digerible y metabolizable presentaron diferencias estadísticas no significativas ($P > 0.05$). Los valores de digestibilidad fueron un poco mayores que 70 %. Estos resultados coinciden con los consignados en otros estudios en los cuales se incluyeron desde 200 hasta 300 g·kg⁻¹ MS de vaina de mezquite en la dieta; los valores estimados variaron entre 65 y 75 % de digestibilidad de la materia seca (Andrade-Montemayor, et al., 2011; Negrete et al., 2017). Con respecto al ensilado de maguey, Álvarez-Fuentes et al. (2015) señalan que, a pesar de los contenidos pequeños de materia seca y proteína, su gran contenido de azúcares permite una fermentación más acelerada en contraste con otros ensilados convencionales; además, el mezclarlos con otras fuentes proteicas, como alfalfa, se induce un impacto positivo sobre la calidad nutricional.

Las variables peso inicial de las cabras, consumo de materia seca y eficiencia (Cuadro 3) fueron similares ($P > 0.05$) en ambos tratamientos; sin embargo, peso,

Table 3. Comparison of biometric variables in goats fed two diets. Conventional diet (Diet 1) and diet supplemented with maguey silage, prickly pear cladodes and mesquite pods (Diet 2).

Cuadro 3. Comparación de variables biométricas en cabras alimentadas con dos dietas. Dieta convencional (Dieta 1) y dieta suplementada con ensilado de maguey, penca de nopal y vaina de mezquite (Dieta 2).

Variable	Diet/Dieta		P value/ Valor de p
	Diet 1	Diet 2	
Initial weight, kg/Peso inicial, kg	42.90 ± 0.37	42.90 ± 0.40	n.s.
Final weight, kg / Peso final, kg	48.20 ± 0.25	46.80 ± 0.27	***
Weight gain, kg/Ganancia de peso, kg	5.25 ± 0.64	3.90 ± 0.31	***
Daily weight gain, kg·d ⁻¹ /Ganancia de peso día, kg·d ⁻¹	0.17 ± 0.02	0.10 ± 0.01	***
Milk production, kg·d ⁻¹ / Producción de leche, kg·d ⁻¹	1.60 ± 0.14	1.51 ± 0.08	n.s.
DMI, kg·d ⁻¹ /CMS, kg·d ⁻¹	2.52 ± 0.21	2.47 ± 0.14	n.s.
Cost, \$ weight·kg ⁻¹ fresh/Costo, \$ pesos·kg ⁻¹ en fresco	8.68	3.31	***
Feed cost, \$·animal ⁻¹ ·d ⁻¹ /Costo de alimentación, \$·animal ⁻¹ ·d ⁻¹	21.90 ± 1.97	9.93 ± 1.64	***
Cost per liter of milk, \$/Costo por litro de leche, \$	12.40 ± 0.35	6.16 ± 0.24	***

Data correspond to mean values ± standard deviation.

DM Dry matter

DMI Dry Matter Intake

n.s. = non-significant; *** P < 0.0001

Los datos corresponden a valores medios ± desviación estándar

MS Materia Seca

CMS Consumo de Materia Seca

n.s.= no significativa; *** = P < 0.0001

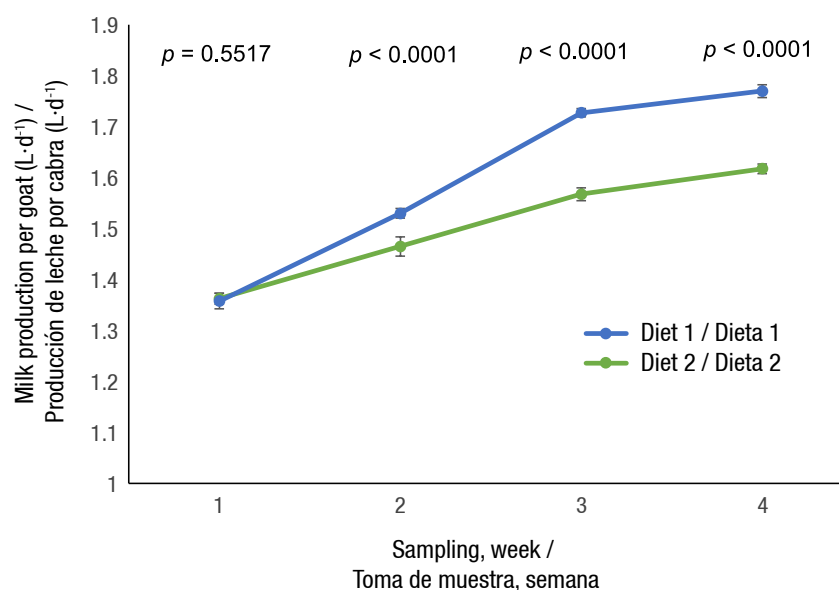


Figure 1. Comparison of goat milk production between a conventional diet (diet 1) and a diet supplemented with maguey silage, prickly pear cladodes and mesquite pods during the experimental period (diet 2).

Figura 1. Comparación de la producción de leche de cabra entre una dieta convencional (dieta 1) y una dieta suplementada con ensilado de maguey, penca de nopal y vaina de mezquite durante el periodo de experimentación (dieta 2).

($P = 0.55$) and the initial production was 1.35 kg·d⁻¹; however, from the second week on, the highest production values ($P < 0.0001$) were associated with diet 1, with a maximum average of 1.77 kg·d⁻¹ in the last week. Milk production data in second calving Saanen goats 90 days in lactation agree with those reported by Rojo-Rubio *et al.* (2015) and Martínez, et al.,

ganancia total y ganancia por día, producción de leche por día, costo por kg de la dieta en fresco, costo de la alimentación por animal por día y costo de producción por litro de leche fueron mayores ($P < 0.05$) en la dieta 1, al final del experimento. Si bien la producción de leche es menor en el caso de la dieta 2, el uso de los recursos involucrados en su dieño es más rentable

(2018), who reported that 1.6 kg·d⁻¹ are produced under these conditions. Decrease in milk production with diet 2 could be due to the content of some anti-nutritional variables in mesquite pods described by Andrade-Montemayor et al. (2011). On the other hand, Goetsch, et al. (2011) mentioned that the reduced number of calvings is an aspect of small productivity and clarified that maximum productivity is associated with the third and fourth calving.

Finally, physicochemical milk quality variables (Table 4) only had significant differences in fat content between the two diets. The highest value (3.67 %) was associated with diet 2; the values of the rest of the variables were similar ($P > 0.05$) and congruent with that reported by Gómez and González, et al. (2009), Torres-Vázquez, et al. (2009). Thum et al. (2015) consigned the values 3.4-3.7 % fat, 2.8-3.0 % protein and 4.7 % lactose. Those values are similar to those found in this study. It should be noted that the inclusion of forage resources in dairy goat diets does not affect the quality of the nutritional composition of milk.

Conclusions

The results suggest that the inclusion of maguey silage, prickly pear cladodes and ground mesquite pods in diets for goats decreased milk production; also, physiological and productive variables were affected. Despite the above, the physicochemical quality of the milk did not decrease; on the contrary, the percentage of fat increased and the cost of feeding per animal per day was 54 % lower when these forage resources were

porque los animales no pierden peso, su eficiencia es mayor que 85 % y los costos de alimentación por cabra por día son menores ($P < 0.05$). Cabe mencionar que los costos de los forrajes no convencionales, i.e. maguey, nopal y mezquite no se consideraron en el cálculo debido a la disponibilidad y cercanía con el lugar donde se realizó el experimento, ya que los terrenos son ejidales y dichos recursos son poco o nulamente aprovechados.

En la producción de leche (Figura 1), de acuerdo con el análisis estadístico, se presentaron diferencias ($P < 0.0001$) asociadas a las fuentes de variación tratamiento y tiempo. Durante el experimento se observaron incrementos en la producción de leche por efecto de ambas dietas. En la primera toma las diferencias fueron no significativas ($P = 0.55$) y la producción inicial fue de 1.35 kg·d⁻¹; sin embargo, a partir de la segunda semana, a la dieta 1 se asociaron los valores productivos mayores ($P < 0.0001$) con un promedio máximo de 1.77 kg·d⁻¹ en la última semana. Los datos de producción de leche en cabras Saanen de segundo parto y 90 días en lactancia concuerdan con los consignados por Rojo-Rubio *et al.* (2015) y Martínez, et al., (2018), quienes señalaron que en estas condiciones se producen 1.6 kg·d⁻¹. La disminución en la producción de leche con la dieta 2 podría deberse al contenido de algunas variables anti nutricionales en las vainas de mezquite que describieron Andrade-Montemayor *et al.* (2011). Por otro lado, Goetsch, et al. (2011) mencionan que el número reducido de partos es un aspecto de productividad pequeña y aclaran que los máximos productivos se asocian a los partos tercero y cuarto.

Table 4. Chemical analysis of milk from goats fed two diets. Conventional diet (Diet 1) and diet supplemented with maguey silage, prickly pear cladodes and mesquite pods (Diet 2).

Cuadro 4. Análisis químico de leche de cabras alimentadas con dos dietas. Dieta convencional (Dieta 1) y dieta suplementada con ensilado de maguey, penca de nopal y vaina de mezquite (Dieta 2).

Variable	Diet/Dieta		P value/ Valor de p
	Diet 1/ Dieta 1	Diet 2/ Dieta 2	
Fat, % /Grasa, %	3.00 ± 0.16	3.67 ± 0.15	***
Protein, % /Proteína, %	2.91 ± 0.14	2.87 ± 0.12	n.s.
Lactose, % /Lactosa, %	4.40 ± 0.22	4.45 ± 0.19	n.s.
Non-fat solids, % /Sólidos no grasos, %	8.06 ± 0.43	8.53 ± 0.28	n.s.
Salts, % /Sales, %	0.62 ± 0.05	0.60 ± 0.01	n.s.
Density, g·mL ⁻¹ /Densidad, g·mL ⁻¹	1,020.45 ± 0.70	1,019.55 ± 0.45	n.s.
Freezing point, °C /Punto de congelación, °C	-0.52 ± 0.03	-0.53 ± 0.04	n.s.

Data correspond to mean values ± standard deviation.

n.s. = non-significant; *** $P < 0.0001$

Los datos corresponden a valores medios ± desviación estándar

n.s. = no significativo; *** = $P < 0.0001$

included in the diet for dairy goats. This means that it is suitable for use in small goat milk production units by including these resources in their diets.

End of English version

References / Referencias

- Álvarez-Fuentes, G., García-López, J. C., Pinos-Rodríguez, J. M., Jasso-Pineda, Y., Tristán-Patiño, F. M., y González-Garduño, R. (2015). Maguey (*Agave* spp.) silage production with either alfalfa or mesquite pod meal as protein sources. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(1), 3714-3721.
- Andrade-Montemayor, H. M., Cordova-Torres, A. V., García-Gasca, T., y Kawas, J. R. (2011). Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). *Small Ruminant Research*, 98, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.023>
- AOAC. (1999). Official methods of analysis (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Inc., Washington, DC, USA.
- Echeverría, F., Gutiérrez, R., Ledesma, R., Bañuelos, R., Aguilera, J., y Serna, P. (2006). Influence of small ruminant grazing systems in a semiarid range in the State of Zacatecas Mexico: I Native vegetation. *Técnica Pecuaria en México*, 44, 203-217. http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/sistema_de_pastoreo.pdf
- Escareño-Sánchez, L., Wurzinger, M., Pastor López, F., Salinas, H., Sölkner, J., y Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la comarca lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 235-246.
- <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.087>
- FAO STAT. 2017. Ganadería primaria. En línea en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>
- Fonnesbeck, P. V., Clark, D. H., Garret, W. N., y Speth, C. F. (1984). Predicting energy utilization from alfalfa hay from the western region. *Proceedings of the American Society of Animal Science*, 35, 305-308.
- García-López, J. C., Durán-García, H. M., de-Nova, J. A., Álvarez-Fuentes, G., Pinos-Rodríguez, J. M., Lee-Rangel, H. A., López-Aguirre, S., Ruiz-Tavares, D., Rendón-Huerta, J. A., Vicente-Martínez, J. G., y Salinas-Rodríguez, M. (2019). Producción y contenido nutricional de vainas de tres variantes de mezquite (*Prosopis laevigata*) en el Altiplano Potosino, México. *Agrociencia*, 53, 821-831. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1846/1843>
- Goetsch, A. L., S. S., Zeng, S. S., y Gipson, T. A. (2011). Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*, 101, 55 - 63. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.025>
- Gómez y González, A., Pinos Rodríguez, J. M., y Aguirre Rivera, J. R. (2009). *Manual de Producción Caprina*. Universidad

Finalmente, las variables de calidad fisicoquímica de la leche (Cuadro 4) solo mostraron diferencias significativas en el contenido de grasa entre las dos dietas. A la dieta 2 se asocia el valor mayor (3.67 %); los valores del resto de las variables fueron similares ($P > 0.05$) y congruentes con lo reportado por Gómez y González, et al. (2009), Torres-Vázquez, et al. (2009). Thum et al. (2015) consignaron los valores 3.4-3.7 % de grasa, 2.8-3.0 % de proteína y 4.7 % de lactosa. Esos valores son similares a los encontrados en este estudio. Cabe señalar que la inclusión de los recursos forrajeros en la alimentación de cabras lecheras no afecta la calidad de la composición nutricional de la leche.

Conclusiones

Los resultados sugieren que la inclusión de ensilado de maguey, nopal y vaina de mezquite molida en dietas para cabras disminuyó la producción de leche; también, las variables fisiológicas y productivas se vieron afectadas. A pesar de lo anterior, la calidad fisicoquímica de la leche no disminuyó; por el contrario, el porcentaje de grasa se incrementó y el costo de alimentación por animal al día fue 54 % menor al incluir estos recursos forrajeros en la dieta para cabras lecheras. Ello hace factible su uso para unidades pequeñas de producción de leche de cabra al involucrar esos recursos en sus dietas.

Fin de la versión en español

Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México. ISBN 978-970-705-082-2

- Gonzalez, C. L., y Everitt, J. H., (1982). Nutrient contents of major food plants eaten by cattle in the south Texas plains. *Journal of Range Management*, 35, 733 - 736.
- Maldonado, J. A., Granados, L. D., Hernández, O., Pastor, F. J., Maconetzni, L., Salinas, H., y Torres, G. (2017). Use of total mixed ration as supplement in grazing local goats: Milk production response and chemical composition. *Nova Scientia*, 18(9), 55 - 75. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.728>
- Martínez, G. M., León Jurado, J. M., Suarez, V. H., y Barba Capote, C. (2018). Determinación de la curva de lactancia de cabras Saanen del noroeste argentino. *Revista FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 17, 6-11. <https://doi.org/10.14409/favecv.v17i1.7159>
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., y Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68,20-34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.019>
- Negrete, L. O., Pinos-Rodríguez, J. M., Grajales-Lagunes, A., Morales, J. A., García-López, J. C., y Lee-Rangel, H. A. (2017). Effects of increasing amount of dietary *Prosopis laevigata* pods on performance, meat quality and

- fatty acid profile in growing lambs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101, e303-e311. doi: 10.1111/jpn.12606
- Norma Oficial Mexicana. (1999). NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/062ZOO.PDF>
- NRC. (2007). *Nutrient Requirement of Small Ruminants; Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academic Press, Washington, D.C. USA. <https://doi.org/10.17226/11654>
- Peña-Avelino, L. Y., Pinos-Rodríguez, J. M., Juárez-Flores, B. I., y Yáñez-Estrada, L. (2016). Effects of *Prosopis laevigata* pods on growth performance, ruminal fermentation and blood metabolites in finishing lambs. *South African Journal of Animal Science*, 46(4), 360-365. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v46i4.3>
- R Development Core Team. (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rojo-Rubio, R., Kholif, A. E., Salem, A. Z. M., Mendoza, G. D., Elghandour, M. M. M. Y., Vazquez-Armijo, J. F., y Lee-Rangel, H. (2015). Lactation curves and body weight changes of Alpine, Saanen and Anglo-Nubian goats as well as pre-weaning growth of their kids. *Journal of Applied Animal Research*, 44:1, 331-337. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031790>
- Salvador, A., y Martínez, G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 48(2), 61- 76.
- Sánchez, C., García, M., y Álvarez, M. (2003). Efecto de la suplementación alimenticia sobre el comportamiento productivo de cabras al postparto en la micro-región Río Tocuyo, Estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 21(1), 43-55.
- SAS, Statistical Analysis System. (2002). *SAS/STAT 9 User's Guide*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- SIAP. (2018). *Producción Ganadera*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En línea: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Thum, C., Cookson, A., McNabb, W. C., Roy, N. C., y Otter, D. (2015). Composition and enrichment of caprine milk oligosaccharides from New Zealand Saanen goat cheese whey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 30-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2015.01.022>
- Tilley, J. M., y Terry, R.A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *The Journal of the British Grassland Society*, 18, 104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Torres-Vázquez, J. A., Valencia-Posadas, M., Castillo-Juárez, H., y Montaldo, H. H. (2009). Genetic and phenotypic parameters of milk yield, milk composition and age at first kidding in Saanen goats from Mexico. *Livestock Science*, 126, 147-153. doi:10.1016/j.livsci.2009.06.008
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Zamudio, D. M., Pinos-Rodríguez, J. M., González, S. S., Robinson, P. H., García, J. C., y Montañez, O. (2009). Effects of *Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. *Animal Feed Science and Technology*, 148, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.02.002>