



Nova Scientia

E-ISSN: 2007-0705

nova_scientia@delasalle.edu.mx

Universidad De La Salle Bajío

México

Maldonado-Jaquez, Jorge Alonso; Granados-Rivera, Lorenzo Danilo; Hernández-Mendo, Omar; Pastor-Lopez, Francisco Javier; Isidro - Requejo, Luis Maconetzin; Salinas-González, Homero; Torres-Hernández, Glafiro

Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche

Nova Scientia, vol. 9, núm. 18, 2017, pp. 55-75

Universidad De La Salle Bajío

León, Guanajuato, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203350918004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Revista Electrónica Nova Scientia

Uso de un alimento integral como complemento a
cabras locales en pastoreo: respuesta en producción
y composición química de la leche

Use of total mixed ration as supplement in
grazing local goats: Milk production response
and chemical composition

Jorge Alonso Maldonado-Jaquez¹, Lorenzo Danilo Granados-Rivera², Omar Hernández-Mendo², Francisco Javier Pastor-Lopez¹, Luis Maconetzin Isidro-Requejo¹, Homero Salinas-González¹ y Glafiro Torres-Hernández²

¹ Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila.

² Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texoco, Estado de México.

México

Lorenzo Danilo Granados Rivera. E-mail: granados.lorenzo@colpos.mx; dgr_8422@hotmail.com

Resumen

En México, la población caprina se concentra en sistemas de producción extensivos, con hatos formados en mayoría por cabras que los productores llaman criollas, denominación ahora aceptada como locales. La alimentación de la cabra lechera en el sistema extensivo es a través del pastoreo, pero éste, por sí solo no puede satisfacer las necesidades nutricionales de la cabra. Por tanto, si se quiere aumentar la producción de leche, es necesario complementar la alimentación de las cabras en pastoreo. Al respecto, en rumiantes en pastoreo que han sido complementados con un alimento integral se han reportado aumentos en la producción de leche. Por lo tanto, el objetivo de estudio fue evaluar el efecto en la producción y composición de la leche de cabras locales en pastoreo complementadas con un alimento integral. Para ello, se realizaron dos experimentos. En el primero, se evaluó el efecto de cambiar de un sistema de pastoreo a uno estabulado, con el fin de desafiar a las cabras a que expresaran su potencial productivo al ofrecerles un alimento integral. En el segundo, se evaluó el efecto en producción de leche y componentes de la leche de cabras en pastoreo al complementarlas con diferentes niveles del alimento integral usado en el experimento 1. Los datos de producción de leche y composición química en leche de ambos experimentos fueron analizados utilizando un modelo de medidas repetidas. Los datos de peso vivo y condición corporal final de las cabras, se analizaron como un diseño completamente al azar. Se realizó un análisis de costos parciales en ambos experimentos, con el fin de conocer la viabilidad económica de los tratamientos. En el experimento 1, la concentración de grasa en leche no se modificó ($p > 0.05$) por efecto de tratamientos, pero si aumentó ($p \leq 0.01$) la producción de leche y la concentración ($p \leq 0.05$) de proteína y lactosa en leche de cabras estabuladas comparadas con cabras en pastoreo. En el experimento 2, la complementación a cabras en pastoreo con el alimento integral a niveles de 500 g d^{-1} y 1000 g d^{-1} no cambió ($p > 0.05$) la concentración de grasa en leche, pero se mejoró ($p \leq 0.01$) la condición corporal de las cabras y aumentó ($p \leq 0.01$) la producción de leche y concentración ($p \leq 0.05$) de proteína y lactosa en leche respecto a cabras en solo pastoreo. El análisis de costos parciales indicó que la complementación de cabras en pastoreo no es viable económicamente. Por lo tanto, se recomienda realizar mayor investigación bajo un esquema de alimentos de bajo costo y negociación para mejorar precios por calidad de leche.

Palabras Clave: Complementación, leche, cabras locales, Comarca Lagunera

Recepción: 13-10-2016

Aceptación: 10-01-2017

Abstract

In Mexico, the goat population is concentrated in extensive production systems in Mexico, with herds mainly formed by goats that the producers called *Creoles*, now accepted as a local name. The power of the goat dairy in the extensive production system, is through the grazing, but this alone cannot meet the nutritional needs of the goat. Therefore, if the producers want to increase the production of milk, it is necessary to supplement the grazing goat diet with grains. On this manner, some results report an increase in milk production in grazing ruminants supplemented with an integral diet. The aim of this study was to evaluate the effect on the production and composition of milk in grazing local goats supplemented with an integral feed. Two experiments were performed. The first, evaluated the effect of changing from a grazing system to intensive system, in order to challenge the goats to express their productive potential by providing them with an integral feed. In the second, it evaluated the effect in grazing local goat milk reproduction and composition, evaluating them with different levels of supplements used in experiment one. Data from milk production and chemical composition in milk of both experiments were analyzed using a repeated measure model. The information of body weight and body condition of the goats, were analyzed as a completely randomized design. An analysis of partial cost was realized in both experiments, in order to know the economic viability of the treatments. In experiment one, the concentration of fat in milk did not changed ($p > 0.05$) by effect of treatment, however, it did increase milk production ($p \leq 0.01$) and concentration of protein and lactose ($p \leq 0.05$) in intensive goats compared with grazing goats. In experiment two, the grain supplementation in grazing local goats with two levels (500 g d^{-1} and 1000 g d^{-1}) did not change the concentration of fat in milk ($p > 0.05$), but increased body condition of goats and milk production ($p \leq 0.01$) and protein and lactose ($p \leq 0.05$) in comparison to local grazing goats. Thus, partial costs analysis indicated that the supplementation of grazing goats is not economically viable. For future references, further research is recommended under low-cost food and negotiation to improve prices for quality of milk.

Keywords: Supplementation, milk, local goats, Comarca Lagunera

Introducción

En México, 64 % de la población caprina se concentra en sistemas de producción extensivos de las regiones áridas y semiáridas del norte del país (Escareño *et al.*, 2011), en estas regiones los hatos caprinos están formados en su mayor parte por animales que los productores llaman criollos (Merlos-Brito, 2008), denominación ahora aceptada como "locales" (caprinos sin un fenotipo definido debido a la utilización mediante encaste de diferentes razas como Alpina, Saanen, Nubia y Toggenburg) (Montaldo *et al.*, 2010). Este sistema de producción genera ingresos complementarios en regiones marginales del norte del país, lo cual ayuda a incrementar la calidad de vida de las familias de dichas poblaciones. Debido a lo anterior, Salinas-González *et al.* (2015a) indican que la investigación respecto al sistema extensivo caprino en México, debe buscar mejorar la alimentación de la cabra bajo un esquema de aprovechamiento sustentable del ambiente, para así lograr un aumento de la productividad del sistema, mejorando en consecuencia la calidad de vida de las familias integradas a este sistema de producción.

Una característica del sistema extensivo caprino en México, al igual que en regiones aridas y semiáridas de África, Asia y Latinoamérica (Escareño, 2010), es que la alimentación de la cabra lechera es exclusivamente a través del pastoreo, pues esto implica una reducción en los costos de producción (Escareño *et al.*, 2011). Kawas *et al.* (2010), señalan que, en regiones tropicales y subtropicales, los pequeños rumiantes en pastoreo dependen exclusivamente del forraje como fuente de nutrientes. Este tipo de alimentación (pastoreo), ofrece al ganado un ambiente natural que se refleja en mayor bienestar animal respecto a sistemas estabulados, en donde la falta de actividad física se ha relacionado con una incidencia mayor de enfermedades principalmente problemas pódicos (Hernández-Mendo *et al.*, 2007). Además, propicia que la leche posea un perfil lipídico más favorable para la salud humana, al tener una cantidad mayor de ácidos grasos insaturados comparado con sistemas estabulados (Lahlou *et al.*, 2014), lo cual genera valor agregado a la leche producida en pastoreo (Lahlou *et al.*, 2014). De igual forma, la alimentación basada en pastos frescos genera en la leche características particulares que son transmitidas a derivados como queso y mantequilla, mejorándolos en sabor, textura y suavidad (Martin *et al.*, 2009), haciéndola más atractiva para la industria de la transformación.

Sin embargo, el pastoreo por sí solo no puede satisfacer las necesidades nutricionales de la cabra lechera (Morand-Fehr *et al.*, 2007), sobre todo en lactancia temprana (Kennedy *et al.*, 2011), ya que los pastos presentan a lo largo del año variaciones en cantidad y calidad nutricional

(Chilibroste *et al.*, 2007), lo cual propicia que cabras lecheras en sistemas exclusivamente de pastoreo pierdan más peso y produzcan menos leche respecto a cabras semi-estabuladas o estabuladas (Morand-Fehr *et al.*, 2007). Para sintetizar leche, la cabra requiere consumir múltiples nutrientes como grasas, proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales (alimento integral) y agua limpia (NRC, 2007). Por tanto, si se quiere alcanzar el mayor potencial de producción de leche, el caprinoultor necesitará complementar la alimentación de las cabras de tal manera que esta cubra todos sus requerimientos nutricionales. Algunas evidencias se encuentran en reportes, donde, alimentos integrales han sido utilizados como complemento en vacas lecheras en pastoreo (Fajardo *et al.*, 2015) con incrementos en producción de leche de hasta 30% (Sprunck *et al.*, 2012) e incrementos en proteína y lactosa (Fajardo *et al.*, 2015) respecto al tratamiento sin complementación. Sin embargo, la información disponible sobre complementar la alimentación de cabras locales de la Comarca Lagunera es limitada (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Además, se desconoce el potencial de producción de leche de las cabras supliendo sus necesidades nutricionales. Por lo tanto, el objetivo de estudio fue evaluar el efecto en la producción y composición de la leche de cabras locales en pastoreo complementadas con un alimento integral y bajo un cambio a alimentación en estabulación.

Método

Se realizaron dos experimentos para evaluar el efecto en la producción y composición en leche de cabras al uso de un alimento integral. En el primer experimento, se evaluó el efecto de cambiar de un sistema de pastoreo a uno estabulado, con el objetivo de desafiar a las cabras a que expresaran su potencial productivo cuando se les ofreció una alimentación integral. En el segundo experimento, se evaluó el efecto en producción de leche y componentes de la leche de cabras en pastoreo al complementarlas con diferentes niveles del alimento integral utilizado en el experimento 1. Ambos experimentos se realizaron en la región de La Comarca Lagunera, ubicada entre las coordenadas 24° 22' y 26° 23' Latitud Norte y 102° 22' y 104° 47' Longitud Oeste, a 1100 msnm. El clima corresponde a BWhw, que se caracteriza por ser desértico, semicálido con invierno fresco, y precipitación media anual de 240 mm, la temperatura media anual a la sombra es de 25 °C, con rangos de -1 °C en invierno a 44 °C en verano (García, 1988). Las características de cada experimento se detallan a continuación.

Experimento 1

Cabras, diseño experimental y tratamientos. Se utilizaron 50 cabras adultas locales, con peso promedio de 34.6 ± 2.25 kg, 150 ± 7.8 días (d) en leche, y 2.5 partos, distribuidas aleatoriamente en dos grupos, uno con 45 cabras (grupo testigo) y otro con cinco cabras (grupo experimental). Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a cada grupo, usando un diseño completamente al azar. Las cabras tuvieron un periodo de adaptación de 14 d, y 49 d experimentales (siete semanas). Las muestras de leche se obtuvieron semanalmente durante el periodo experimental. Los tratamientos fueron, grupo testigo; con manejo típico para el sistema extensivo en pastoreo que se describirá en la siguiente sección, y grupo experimental, donde las cabras cambiaron de pastoreo extensivo a estabulación, estas cabras fueron alojadas en corraletas individuales 2 x 3 m, provistas de sombra, comederos y bebederos con agua *ad libitum*. Se les ofreció $2.5 \text{ kg cabra}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en fresco de un alimento integral diseñado de acuerdo a los requerimientos para cabras lecheras del NRC (2007). Los ingredientes del alimento integral fueron: grano de maíz (17.1%), grano de sorgo (17.1 %), salvado de trigo (9.0 %), pasta de soya (9.0 %), urea (1.2 %), melaza (4.8 %), rastrojo de maíz (8.0 %), heno de alfalfa (32.0 %), premezcla de minerales y vitaminas (1.8 %). Esta ultima integrada por: 24, 3, 2, 8, 12, 0.50, 0.50 y 0.50 % de Ca, P, Mg, Na, Cl, K, S y antioxidante; 2000, 5, 4000, 2000, 5000, 100, 30 y 60 ppm de lasalocida, Cr, Mn, Fe, Zn, I, Se y Co; 500 000, 150 000, 1000 UI de vitamina A, vitamina D y vitamina E, respectivamente.

La alimentación fue dos veces por día (8:00 am y 15:00 pm), y las cabras se ordeñaron una vez por día (8:00 am).

Manejo típico del sistema extensivo en pastoreo. La ordeña se realizó manualmente una vez por día, entre 6:00 a 7:00 am, posteriormente las cabras salían a pastorear de 9:00 am a 6:00 pm. Los recorridos fueron de 5 a 10 km d⁻¹, dependiendo de la disponibilidad de forraje y residuos agrícolas (avena (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum halepense*), entre otros). Al regreso las cabras se alojaban en corrales de descanso sin divisiones con disponibilidad a bloques de sal mineral. Adicionalmente, se realizaron recorridos a los sitios de pastoreo para identificar las especies vegetales que consumían las cabras, siguiendo la metodología propuesta por Toyes-Vargas *et al.* (2013). Con dicha metodología se identificaron cinco especies vegetales que consume las cabras: huizache (*Acacia spp.*), mezquite (*Prosopis laevigata*), gobernadora (*Larrea tridentata*), manilla (inflorescencia de agave; *Agave spp.*), y zacate salado (*Sporobolus airoides*).

Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche

Consumo de materia seca (CMS). El CMS se midió solo en cabras del grupo experimental. Durante todo el experimento se registró el alimento ofrecido y rechazado y por diferencia se determinó el consumo diario.

Producción y composición de leche. La producción de leche se midió en cada cabra con una báscula portátil (Torrey®, capacidad 10 kg ± 1 g) una vez por semana durante el periodo experimental, y se obtuvieron muestras de leche de cada cabra, las cuales fueron colectadas en frascos con rosca (100 ml) para su análisis químico (grasa, proteína y lactosa) en el laboratorio de inocuidad del INIFAP C.E. La Laguna, Matamoros, Coahuila.

Análisis de laboratorio. La composición química del alimento y de las especies vegetales del agostadero se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, donde se les determinó: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) (AOAC, 2006), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991). La composición química de la leche (proteína, grasa y lactosa) se determinó con un equipo automatizado a través de señales sonoras (Milkscope Expert®, Scope Electric).

Experimento 2

Cabras, diseño experimental y tratamientos. Se utilizaron 19 cabras adultas locales, con peso promedio de 35.8 ± 1.8 kg, condición corporal 1.5 ± 0.7 , 150 ± 6.2 d en leche, y 3.5 partos, distribuidas aleatoriamente en tres grupos, dos grupos con 6 cabras y uno con 7 cabras. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tres grupos, usando un diseño completamente al azar. Las cabras tuvieron un periodo de adaptación de 7 d, y 21 d experimentales (tres semanas), y las muestras de leche se obtuvieron un día de cada semana experimental. Los tratamientos fueron: 1) testigo, solo pastoreo (Pastoreo típico del sistema extensivo; descrito en el experimento 1 ($n=7$)); 2) pastoreo + 500 g de alimento integral ($n=6$); 3) pastoreo + 1000 g de alimento integral ($n=6$).

Manejo de las cabras. El manejo del hato fue el típico del sistema extensivo de producción caprina descrito en el experimento 1. Al regreso del pastoreo, los grupos que recibieron

complementación (500 g y 1000 g) se alojaron en corrales individuales donde se les ofreció el complemento según correspondía.

Peso y condición corporal. Todas las cabras se pesaron al inicio y final del periodo experimental, de igual forma se midió la condición corporal de acuerdo a la escala propuesta por Walkden-Brown *et al.*, (1994), donde 1 representa una cabra emaciada (extremadamente delgada) y 4 una cabra obesa.

Producción y composición de leche. Similar al procedimiento descrito en el experimento 1.

Análisis de laboratorio. Similar al procedimiento descrito en el experimento 1.

Análisis estadístico. Los datos de producción de leche y composición química (grasa, proteína, lactosa) de leche en ambos experimentos fueron analizados utilizando un modelo de medidas repetidas, a través del procedimiento MIXED (SAS, 2008). Para ello, se obtuvieron los criterios de información Bayesiano de Schwarz y Akaike que ayudaron a determinar la estructura de covarianza más adecuada para cada variable. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada. Además, se usó la producción de leche inicial como covariable. Los datos de peso vivo y condición corporal final de las cabras en el experimento dos se analizaron como un diseño experimental completamente al azar, utilizando el PROC GLM (SAS, 2008) y la prueba de Tukey para la comparación de medias, usando la producción de leche inicial como covariable.

Resultados

La composición química del alimento integral ofrecido como dieta total a cabras estabuladas o como complemento a cabras en pastoreo se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química del alimento integral ofrecido a cabras locales.

Variables	g kg^{-1} MS
Materia seca (MS)	865
Materia organica (MO)	926
Proteína cruda (PC)	146

Extracto etéreo (EE)	97
Fibra detergente neutro (FDN)	356
Fibra detergente ácido (FDA)	307

Composición química de las especies vegetales consumidas por las cabras en pastoreo se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química (g kg^{-1} de MS) de las especies vegetales consumidas por cabras locales en la Comarca Lagunera.

Nombre común	Nombre científico	MS	MO	PC	EE	FDN	FDA
Huizache	<i>Acacia spp</i>	896	962	115	88	476	373
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	831	896	148	79	242	379
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	911	957	126	132	394	529
Inflorescencia de agave	<i>Agave spp</i>	734	912	104	47	97	164
Zacate Salado	<i>Sporobolus airoides</i>	906	918	71	38	659	475

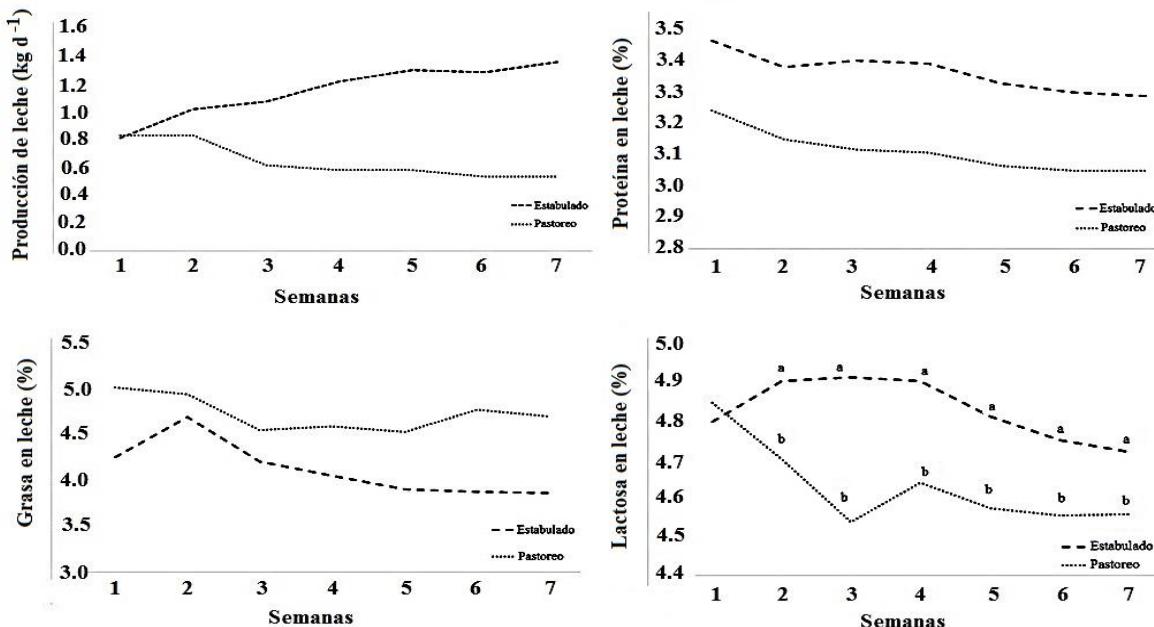
Experimento 1

El consumo de MS de cabras estabuladas fue de 1.67 kg d^{-1} . La producción de leche en cabras estabuladas aumentó ($p \leq 0.01$) 43.9 % respecto a cabras en pastoreo (Cuadro 3). En tanto, la concentración de grasa no cambió ($p > 0.05$) por efecto de tratamientos. La proteína aumentó ($p \leq 0.05$) 7.7 % y la lactosa aumentó ($p \leq 0.05$) 3.5 % en leche de cabras estabuladas comparadas con cabras en pastoreo (Cuadro 3). En la producción de leche de cabras estabuladas se observó un aumento progresivo durante las siete semanas experimentales, en contraste, en la producción de leche de cabras en pastoreo se observó una disminución (Figura 1). La concentración de proteína, grasa y lactosa en leche fue disminuyendo progresivamente durante las siete semanas experimentales en ambos tratamientos (Figura 1).

Cuadro 3. Producción y composición de leche de cabras locales en pastoreo comparadas con cabras estabuladas.

Variables	Alimento			P-Valúe		
	Pastoreo	Estabulado	EEM ¹	Alimento	Tiempo	D*T ²
Producción de leche (kg d ⁻¹)	0.64	1.14	0.11	0.02	0.54	0.06
Proteína (%)	3.11	3.37	0.03	<0.01	<0.01	0.95
Grasa (%)	4.59	4.12	0.22	0.17	<0.01	0.28
Lactosa (%)	4.68	4.85	0.02	<0.01	<0.01	<0.01

¹EEM= Error estándar de la media; ²Interacción Alimento * Tiempo.



^{ab} Valores con distinta literal entre líneas son diferentes ($p \leq 0.05$).

Figura 1. Comparación durante siete semanas de la producción y composición de leche de cabras locales en pastoreo respecto a cabras estabuladas.

Experimento 2

Los pesos vivos finales de las cabras no se modificaron ($p > 0.05$) por efecto de tratamientos, promediando $35.2 \text{ kg cabra}^{-1}$. No obstante, la condición corporal (CC) aumentó ($p \leq 0.01$) al complementar las cabras en pastoreo con el alimento integral. Al respecto, las cabras complementadas con 500 g tuvieron CC de 2.63, las complementadas con 1000 g CC de 2.17, y las cabras testigo presentaron CC de 1.75. La producción de leche aumentó ($p \leq 0.01$) al complementar la alimentación de las cabras con 500 g 45.1 %, y al complementarla con 1000 g

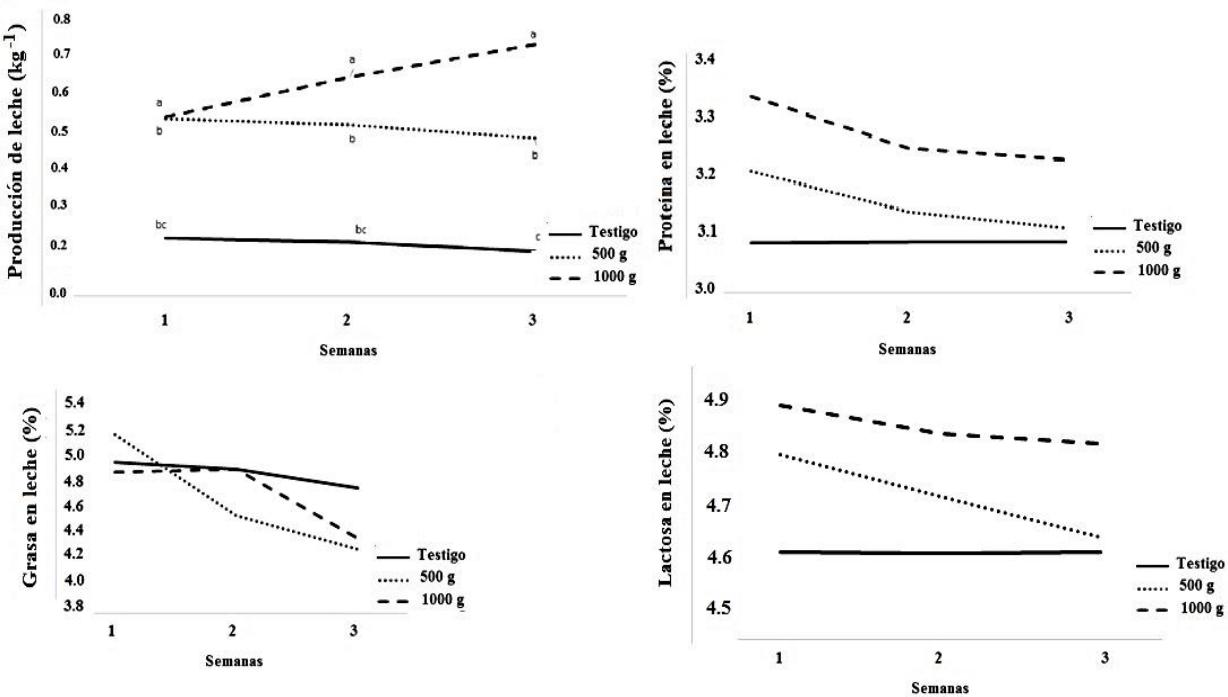
Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche

56.2 %, respecto al tratamiento testigo (Cuadro 4). La concentración de grasa en leche no cambió ($p > 0.05$) por efecto de tratamientos. Sin embargo, la concentración de proteína y lactosa aumentaron ($p \leq 0.05$) al complementar a las cabras en pastoreo con 1000 g del alimento integral (Cuadro 4). La producción de leche en cabras complementadas con 1000 g aumentó ($p \leq 0.01$) de forma progresiva a través de las siete semanas, mientras que en cabras complementadas con 500 g y testigo se observó una reducción progresiva a lo largo del periodo experimental. Respecto a la concentración de proteína, grasa y lactosa en leche, se observó una reducción progresiva durante las siete semanas experimentales (Figura 2).

Cuadro 4. Producción y composición de leche de cabras locales en pastoreo complementadas con un alimento integral.

Variable	Alimento				P-valúe		
	Testigo	500 g	1000 g	EEM ¹	Alimento	Tiempo	D*T ²
Producción de leche (kg d ⁻¹)	0.20 b	0.51 a	0.64 a	0.05	<0.01	0.13	<0.01
Proteína (%)	3.09 b	3.15 b	3.27 a	0.03	<0.01	0.14	0.68
Grasa (%)	4.91	4.72	4.76	0.33	0.91	<0.01	0.32
Lactosa (%)	4.61 b	4.72 ab	4.89 a	0.06	0.03	0.12	0.63

¹EEM= Error estándar de la media; ²Interacción Alimento * Tiempo.



abc Valores con distinta literal entre líneas son diferentes ($p \leq 0.05$).

Figura 2. Comparación durante tres semanas de la producción y composición de leche de cabras locales en pastoreo respecto a cabras complementadas con 500 g y 1000 g de un alimento integral.

Discusión

Experimento 1

El consumo de MS de las cabras estabuladas (1.67 kg d^{-1}) se encuentra dentro del rango que se ha reportado en cabras con producción de leche inferiores a 1.5 kg d^{-1} (Araque *et al.*, 2008; Domínguez-Martínez *et al.*, 2011). Esto sugiere que los requerimientos en consumo de MS fueron cubiertos.

La producción de leche aumentó ($p \leq 0.01$) en cabras estabuladas respecto a cabras en pastoreo. Este resultado confirma lo reportado por Ahamefule *et al.* (2007), y Goetsch *et al.* (2011), quienes indican que esto se debe al menor gasto energético por desplazamiento de las cabras en sistemas estabulados respecto a cabras en pastoreo. Además, las condiciones variantes en la composición química de las especies vegetales a lo largo del año y su disponibilidad estacional (Chilibroste *et al.*, 2007), provocan a través del tiempo, una variación en la calidad nutricional de la dieta de cabras lecheras en pastoreo, llegando a ser en algunos períodos insuficiente para cubrir sus requerimientos de mantenimiento y producción, por lo que tienen que degradar reservas corporales, principalmente tejido adiposo, para poder seguir manteniendo la producción de leche.

(Eknæs *et al.*, 2006). En este periodo, las cabras pueden perder hasta 67 g d⁻¹ de grasa corporal (Eknæs *et al.*, 2006). Al respecto, en La Comarca Lagunera (área de estudio de la presente investigación) la baja calidad y disponibilidad de las especies que consumen las cabras determina la baja producción de leche en la región (Escareño *et al.*, 2012). Así mismo, el valor promedio de FDN (356 g kg⁻¹) y FDA (307 g kg⁻¹) (Cuadro 1) del alimento que consumieron las cabras estabuladas fue menor respecto a los valores de las especies que consumieron las cabras en pastoreo (FDN 443 g kg⁻¹; FDA 439 g kg⁻¹) (Cuadro 2), lo cual indica que el alimento de las cabras estabuladas fue menos voluminoso y con mayor contenido energético, explicando la mayor producción de leche en cabras estabuladas respecto a cabras en pastoreo.

La concentración de grasa en leche no cambió ($p > 0.05$) por efecto de tratamientos, y promedió 4.3 %, resultado similar al reportado por Salinas *et al.*, (2015b) (4.1 %) en cabras locales de La Comarca Lagunera. Sin embargo, la concentración de grasa en leche de cabras en pastoreo, generalmente es mayor respecto a cabras estabuladas (Mancilla-Leyton *et al.* 2013). No obstante, esto dependerá del tipo y cantidad de lípidos que consuma la cabra (Chilliard *et al.*, 2014). Al respecto, el contenido de lípidos del alimento integral que consumieron las cabras estabuladas fue mayor (EE = 97 g kg⁻¹) respecto al de las especies que consumieron las cabras en pastoreo (EE = 77 g kg⁻¹), lo cual provocó que en las primeras dos semanas se observara un aumento en la concentración de grasa en leche de cabras estabuladas, permitiendo que la concentración global de grasa láctea en las siete semanas no difiriera entre tratamientos (Caroprese *et al.*, 2016).

La concentración de proteína en leche aumentó ($p \leq 0.05$) en cabras estabuladas comparadas con las cabras en pastoreo. Al respecto, la concentración de proteína en leche de cabras en pastoreo promedió 3.11 %, concentración menor a la reportada en cabras estabuladas con mayor producción de leche (Salinas *et al.* (2015b) 3.32 %; Tudisco *et al.* (2014) 3.57; Carnicella *et al.* (2008) 3.38 %), a pesar de que en éstas ultimas se esperaría menor concentración de proteína en leche por efecto de dilución. Esto sugiere, que las cabras en pastoreo presentan deficiencia en consumo de nitrógeno para sintetizar proteína en leche. En este sentido, el mayor contenido de FDA de las especies que consumieron las cabras en pastoreo (439 g kg⁻¹) comparada con el contenido en el alimento integral (307 g kg⁻¹) consumido por las cabras estabuladas, indica que la proteína cruda (PC) consumida por las cabras en pastoreo se integrada por una fracción mayor de PC indegradable en el rumen e indigestible en el intestino delgado respecto al alimento de las cabras estabuladas (NRC, 2007). Así mismo, el complemento ofrecido a cabras estabuladas contenía pasta de soya (9.0 %), salvado de trigo (9.0 %) y urea (1.2 %), ingredientes con alto

contenido de proteína verdadera, potencialmente degradable en el rumen. Situación que aumentó ($p \leq 0.05$) la concentración de proteína en leche de cabras estabuladas respecto a cabras en pastoreo.

El aumento ($p \leq 0.05$) en concentración de lactosa en leche de cabras estabuladas respecto a cabras en pastoreo, sugiere un estado de subnutrición en las cabras en pastoreo. Al respecto, la lactosa es el componente más estable en la leche de rumiantes (Lin *et al.*, 2016). Sin embargo, en condiciones de subnutrición, la lactosa en leche puede disminuir (Kuhn *et al.*, 1980). Además, alimentos integrales generan mayor producción de ácido propiónico en el rumen (Wang y Nishino, 2008; Cao *et al.*, 2008), el cual es precursor de glucosa (Zhao, 2014), y la glucosa a su vez es el principal precursor de lactosa en leche (Annison y Linzell, 1964). Por tanto, el alimento integral consumido por las cabras estabuladas, probablemente ocasionó producción mayor de ácido propiónico en rumen, mismo que indujo disponibilidad mayor de glucosa en glándula mamaria, incrementándose así la concentración de lactosa en leche de cabras estabuladas.

Experimento 2

Si bien, no hubo diferencias ($p > 0.05$) en peso vivo entre tratamientos, el incrementó ($p \leq 0.01$) en condición corporal de las cabras complementadas respecto a las cabras del tratamiento testigo, sugiere una subnutrición de las cabras testigo (Gómez-Pasten *et al.*, 2010). Al respecto, el peso vivo de animales en subnutrición no difiere del de aquéllos alimentados a libertad, debido a que los primeros pueden disminuir su tasa metabólica basal y sus requerimientos para mantenimiento, y así mantener el peso corporal (Gómez-Pasten *et al.*, 2010). Sin embargo, cabras lecheras en subnutrición degradan tejido adiposo para mantener la lactación (Eknæs *et al.*, 2006), y la perdida de condición corporal se refleja principalmente en disminución de tejido adiposo, sin necesariamente pérdida de peso vivo (Askar *et al.*, 2015). Es interesante observar que, aunque las cabras que solo pastoreaban se encontraban en subnutrición, seguían manteniendo la producción de leche, lo cual refleja la alta capacidad de adaptación de las cabras locales de La Comarca Lagunera a alimentos de baja calidad nutricional (Gómez-Pasten *et al.*, 2010).

La producción de leche de las cabras en pastoreo aumentó ($p \leq 0.01$) cuando se complementó con el alimento integral. Este resultado, podría estar relacionado con el hecho de que en las cabras complementadas no cambió ($p > 0.05$) la concentración de grasa en leche, pero si aumentó ($p \leq 0.01$) la concentración de proteína y lactosa en leche. Al respecto, cuando se complementa la dieta de cabras en pastoreo con un alimento integral con alto contenido de granos, como en el

presente estudio, se promueve aumento en producción de ácido propiónico en rumen (Wang y Nishino, 2008; Cao *et al.*, 2008), lo cual provoca incremento de glucemia a través de la gluconeogénesis, dando lugar a una mayor secreción de insulina, y en consecuencia, la lipólisis disminuye, reduciendo el aporte de ácidos grasos preformados para la síntesis de grasa en glándula mamaria (Bauman y Griinari, 2003), y debido a que la glucosa es necesaria para la síntesis de grasa en leche (Hötger *et al.*, 2013), se provoca un ahorro de glucosa. Por tanto, existe una mayor disponibilidad de glucosa en glándula mamaria para sintetizar más lactosa (Hötger *et al.*, 2013), y si se considera que la lactosa es el principal osmo-regulador en la captación mamaria de agua (Rigout *et al.*, 2002), la producción de leche puede aumentar. Con base en ello, el aumento ($p \leq 0.01$) de la producción de leche en las cabras complementadas con respecto a las cabras testigo, pudo deberse a un aumento de la concentración de lactosa en leche, lo cual permitió captación mayor de agua en glandula mamaria y por ende mayor producción de leche (Hötger *et al.*, 2013).

Análisis económico

En este estudio se incluye un análisis de costos parciales, con el objetivo de conocer la viabilidad económica del uso del alimento integral como dieta total ó complemento. Esto, bajo el supuesto de que el sistema extensivo de producción caprina en la Comarca Lagunera es rentable, ya que ha sido sostenible a través del tiempo. Al contrastar, el ingreso por venta de leche cuando no se complementa la alimentación de cabras respecto al ingreso cuando se complementa, si este último es mayor, sugerirá viabilidad económica al complementar la alimentación de cabras lecheras, aún si no se conocen los costos variables y fijos del sistema.

A partir de los costos de cada ingrediente, se calculó el costo por kilogramo del alimento integral, el cual fue de \$ 3.98 MXN (Cuadro 5). Para el análisis, se consideró un precio de venta por litro de leche de \$ 6.00 MXN (SIAP, 2016). Debido a que en el presente estudio la producción de leche fue medida en kilogramos, se realizó una conversión de kilogramos a litros de leche, a partir de la densidad en leche, que en promedio fue 1.030 (Salvador y Martínez, 2007).

Cuadro 5. Costo del alimento integral ofrecido a cabras locales.

Ingredientes	g kg ⁻¹ MS	\$ MXN g kg ⁻¹ MS
Grano de maíz	171	0.76
Grano de sorgo	171	0.78
Salvado de trigo	90	0.38
Pasta de soya	90	0.50
Urea	12	0.08
Melaza	48	0.19
Rastrojo de maíz	80	0.11
Heno de alfalfa	320	1.00
Pre mezcla sal mineral ¹	18	0.18
Costo total por kilogramo (\$ MXN)		3.98

En el experimento 1, se contrastó el ingreso por venta de leche de cabras que solo pastorearon contra el ingreso obtenido con las cabras estabuladas que consumieron el alimento integral. La producción de leche de cabras que solo pastorearon fue 0.66 L d⁻¹ por lo que el ingreso diario por cabra fue de \$ 3.96 MXN. En tanto, la producción de leche de cabras estabuladas fue 1.17 L d⁻¹, por lo que el ingreso por venta de leche fue \$7.02 MXN, si se considera que tuvieron un consumo de MS del alimento integral de 1.67 kg d⁻¹, el costo por este concepto fue de \$ 6.64 MXN, al restar este costo al ingreso por venta de leche, la utilidad fue \$0.38 MXN, 90. 4 % menor a la que se obtuvo con cabras en solo pastoreo.

En el experimento 2, la producción de leche de cabras que solo pastorearon fue de 0.21 L d⁻¹ por lo que el ingreso diario por cabra fue de \$ 1.26 MXN. En tanto, las cabras complementadas con 500 g d⁻¹ tuvieron una producción de leche 0.53 L d⁻¹, por lo que el ingreso por venta de leche fue de \$ 3.18 MXN por cabra por día, si se resta el costo del alimento (\$1.99 MXN cabra d⁻¹) la utilidad por cabra por día fue \$1.19 MXN, 5. 5 % menor a la que se obtuvo con cabras en solo pastoreo. Respecto a las cabras complementadas con 1000 g d⁻¹ mostraron una producción de leche 0.66 L d⁻¹, y su ingreso por venta de leche fue \$ 3.96 MXN, si se resta el costo del complemento (\$3.98 MXN cabra d⁻¹) la utilidad por cabra por día fue \$ -0.02 MXN, siendo 101.6 % menor respecto al ingreso obtenido con cabras en solo pastoreo.

Con base en las consideraciones anteriores, el alimento integral como dieta total o como suplemento no ofrece un ingreso mayor respecto al obtenido con cabras solo en pastoreo. Sin embargo, al complementar la alimentación, se incrementó la concentración de proteína y lactosa en leche, indicadores de una mejora en la nutrición de las cabras, la cual se reflejo en una mejora en la condición corporal de las cabras. Por otra parte, el aumento en concentración de proteína en leche puede incrementar el rendimiento de derivados lácteos como queso, mantequilla, y leche en polvo (Min *et al.*, 2005), debido a que la proteína representa alrededor del 60% de la MS de dichos derivados (Zeng *et al.*, 2007), por lo que la complementación a las cabras pudiera representar en una leche más atractiva para la industria, con lo cual se prodria buscar mejorar el precio de venta por litro de leche.

Conclusiones y recomendaciones

Bajo las condiciones experimentales de este estudio, al utilizar un alimento integral bajo establuación no cambió la concentración de grasa en leche, pero si aumentó la producción y la concentración de proteína y lactosa en leche comparado con cabras en pastoreo. Así mismo, la complementación a cabras en pastoreo con un alimento integral a niveles de 500 g d⁻¹ y 1000 g d⁻¹ no cambió la concentración de grasa en leche, pero se mejoró la condición corporal de las cabras y aumentó la producción, concentración de proteína y lactosa en leche respecto a cabras solo en pastoreo. El análisis de costos parciales indicó que la complementación de cabras en pastoreo aun cuando mejora la calidad y producción de leche, no es viable económicamente. Ya que no existe una adecuada relación costo de alimento complementario-precio de venta.

Por otro lado, se demostró que las cabras locales tienen la habilidad lechera para producir hasta un 178% adicional al estabularse y un 225% adicional al seguir en pastoreo en el agostadero, pero con una complementación de alimento concentrado. Esta habilidad lechera de las cabras locales al consumir alimento complementario, así como la rusticidad para producir bajo condiciones marginales de baja alimentación sin afectar otros procesos productivos (reproducción, por ejemplo), perfilan a este genotipo como el ideal para el entorno social en que se desarrolla la caprinocultura en la Comarca Lagunera y deberá considerarse en programas de mejoramiento genético para evitar erosionar la rusticidad que por generaciones se ha desarrollado en la cabras de la región norte de México. Por lo tanto, es necesario seguir realizando investigaciones que generen estrategias alimenticias donde la prioridad sea obtener la mayor rentabilidad, bajo un

esquema de alimentos de bajo costo y negociación con los compradores de leche para obtener un mayor pago en base a calidad.

Referencias

- Ahamefule, F.O., Ibeawuchi, J.A. & Nwachinemere, G.C. (2007). Comparative evaluation of milk yield and composition of West African Dwarf goats raised in the village and university environment. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(6): 802-806.
- Annison, E. F. & Linzell J. (1964). The oxidation and utilization of glucose and acetate by the mammary gland of the goat in relation to their over-all metabolism and to milk formation. *Journal of Physiology*, 175:372–85.
- AOAC. (2006). Official methods of analysis. 18th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Araque C., D'Aubeterre R., Quijada T., Dickson L., Muñoz G. & Sánchez A. (2008). Efectos de la complementación con heno-melaza-urea sobre parámetros productivos en cabras criollas a pastoreo. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 4:398 – 402.
- Askar, A.R., Gipson, T.A., Puchala, R., Tesfau, K., Detweiler, D.G., Asmare, A., Keli, A. & Goetsch, A. L. (2015). Effects of supplementation and body condition on intake digestion, performance and behavior of yearling Boer and Spanish goat wethers grazing grass/forb pastures. *Small Ruminant Research*. 125:43-55.
- Bauman, D. E., & Griinari J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23:203-227.
- Cao Z. J., Li S. L., Xing J. J., Ma M. J. M. & Wang L. L. (2008). Effects of maize grain and lucerne particle size on ruminal fermentation, digestibility and performance of cows in midlactation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92:157–167.
- Carnicella, D., Dario, M., Ayres, M.C.C., Laudadio, V. & Dario, C. (2008). The effect of diet, parity, year and number of kids on milk yield and milk composition in Maltese goats. *Small Ruminant Research*. 77(1): 71-74.
- Caroprese, M., Ciliberti, M.G., Santillo, A., Marino, R., Sevi, A. & Albenzio, M. (2016). Immune response, productivity and quality of milk from grazing goats as affected by dietary polyunsaturated fatty acid supplementation. *Research in Veterinary Advances*. 105:229-235.
- Chilibroste, P., Soca, P., Mattiauda, D.A., Bentancur, O. & Robinson, P.H. (2007). Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(9):1075-1084.

Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche

Chilliard Y., Torala P.G., Shingfield K. J., Rouela J., Leroux C. & Bernard L. (2014). Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis, milk fat composition and lipolysis in the goat: A short review. *Small Ruminant Research*, 122: 31–37.

Domínguez-Martínez, P. A., Pérez-Gallardo A., Tovar-Luna I. & Jaimes-Jaimes J. (2011). Efecto del nivel de concentrado en la ración y de la calidad del agua de bebida sobre el consumo y digestibilidad de la materia seca, y la producción, composición química de la leche en cabras. *Revista Chapingo Serie Zonas Aridas*, 10:67-72

Eknæs, M.; Kolstad, K.; Volden, H. & Hove, K. (2006). Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. *Small Ruminant Research*. 63(1): 1-11.

Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Íñiguez, L., Sölkner, J. & Meza-Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems: Status quo, perspectives and challenges. *Tropical Animal Health and Production*. 45(1): 17-34.

Escareño, L., Wurzinger, M., Pastor, F., Salinas, H., Solkner, J. & Íñiguez, 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.

Escareño, S.L. (2010). Design and implementation of a community-based goat-breeding program for smallholders in the North of Mexico. Doctorate dissertation. University of Natural Resources and Applied Life Science. Department of Sustainable Agricultural Systems. Vienna, Austria.

Fajardo M., Mattiauda D. A., Motta G., Genro T. C., Meikle A. G. & Carriquiry M. (2015). Use of mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livestock Science*, 181:51–57.

García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp:217.

Goetsch, A.L., Zeng, S.S. & Gipson, T.A. (2011). Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*, 101(1-3):55-63.

Gómez-Pastén, M., Mora-Izaguirre, O., Meléndez-Soto, R.M., Romano-Muñoz, J.L., Vera-Ávila, H. & Shimada-Misayaka, A. (2010). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(3):205-219.

Hernández-Mendo, O., Von-Keyserlingk, M.A.G., Veira, D.M. & Weary, D.M. (2007). Effects of pasture on lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (3):1209-1214.

Hötger, K., H. M. Hammon, C. Weber, S. Görs, A. Tröscher, R. M. Bruckmaier, & Metges C. C. (2013). Supplementation of conjugated linoleic acid in dairy cows reduces endogenous glucose production during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 96:2258-2270.

Kawas, J.R., Andrade-Montemayor, H., Lu, C.D. (2010). Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Ruminant Research*, 89:234-243.

Kennedy, E., Curran, J., Mayes, B., McEvoy, M., Murphy, J.P. & O'Donovan, M. (2011). Restricting dairy cow access time to pasture in early lactation: the effects on milk production, grazing behavior and dry matter intake. *Animal*, 5 (11):1805-1813.

Kuhn, N. J., Carrick, D. T., & Wilde, C. J. (1980). Lactose synthesis: the possibilities of regulation. *Journal of Dairy Science*, 63:328-36.

Lahlou, M. N., Kanneganti, R., Massingill, L. J., Broderick, G. A., Park, Y., Pariza, M. W., Ferguson, J. D. & Wu, Z. (2014). Grazing increases the concentration of CLA in dairy cow milk. *Animal*, 8:1191–1200

Mancilla-Leyton, J.M., Martín-Vicente, A. & Delgado-Pertiñez, M. (2013). Summer diet selection of dairy goats grazing in a Mediterranean Shrubland and the quality of secreted fat. *Small Ruminant Research*. 113:437-445.

Martin, B., Hurtaud, C., Graulet, B., Ferlay, A., Chilliard, Y. & Coulon, J. B. (2009). Grass and the nutritional and organoleptic qualities of dairy products. *Forages*, 199 291–310.

Merlos-Brito, M., Martínez-Rojero, R.D., Torres-Hernández, G., Mastache-Lagunas, A.A., & Gallegos-Sánchez, J. (2008). Evaluación de características productivas en cabritos Boer x Local, Nubia x Local y locales en el trópico seco de Guerrero, México. *Veterinaria México*, 39(3):323-333.

Min, B. R., Hart, S. P., Sahlu, T. & Satter, L. D. (2005). The effect of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 88:2604-2615.

Montaldo, H.H., Torres-Hernández, G., & Valencia-Posadas, M. (2010). Goat breeding research in Mexico. *Small Ruminant Research*, 89:155-163.

Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. & 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.

National Research Council (US). Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids.

Rigout, S., S. Lemosquet, J. E., Van Eys, J., Blum, W. & Rulquin, H. (2002). Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85:595–606.

Salinas-Gonzalez, H., Meza-Herrera, C.A., Esareño-Sánchez, LM., Echavarria-Cháirez, F.G., Maldonado-Jáquez, J.A., Pastor-López, F.J. (2015a). Sistemas de producción caprinos carne-leche: Tendencias Productivas en México y el mundo. En, *Enfermedades de las cabras*,

Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche

compilado por Díaz Aparicio E., Tórtora Pérez J.L., Palomares Resendiz E.G., Guitierrez Hernandez J.L., 3-22. Instituto Nacional de Investigaciones Agricolas y Pecuarias.

Salinas, G.H., Maldonado, J.A., Torres-Hernández, G., Triana-Gutiérrez, M., Isidro-Requejo, L.M. & Meda-Alducin, P. (2015b). Compositional quality of local goat milk in the Comarca Lagunera of Mexico. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 14(2): 175-184.

Salvador, A., Martínez, G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de leche de cabra: Revisión bibliográfica. Revista Facultad de Ciencias Veterinarias, 48(2):61-76.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (SIAP-SAGARPA). (2016). Anuario estadístico de la producción agropecuaria. México.

Sprunck, M., Mattiauda, D., Motta, G., Fajadro, M. & Chilibroste, P. (2012). Response of postpartum dairy cows to contrasting feeding strategies: Grazing plus supplements versus confinement on milk and solids production. Journal of Dairy Science, 95(2):486

Statistical Analysis System (SAS). (2008). SAS/STAT User's Guide, Software version 9.4. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Toyes-Vargas, E. A., Murillo-Amador, B., Espinoza-Villavicencio, J. L., Carreón-Palau, L. & Palacios-Espinosa, A. (2013). Composición química y precursores de ácidos vaccénico y ruménico en especies forrajeras en Baja California Sur, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 4:373-386.

Tudisco, R., Grossi, M., Addi, M., Musco, N., Cutrignelli, M.I., CAlabro, S. & Infascelli, F. (2014). Fatty acid profile and CLA content of goat milk: Influence of feeding system. Journal of Food Research. 3(4):93-100.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10):3583-3597

Walkden-Brown, S.W., Norton, B.W. & Restall, B.J. (1994). Seasonal variations in voluntary fed intake in Cashmere bucks fed ad libitum diets of low or high quality. Australian Journal of Agriculture Research, 45:355-366.

Wang, F. & Nishino, N. (2008). Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with or without other feeds as a total mixed ration. Journal of Dairy Science, 91: 2380-2387.

Zeng, S. S., Soryal, K., Fekadu, B., Bah, B. & T. Popham. (2007). Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. Small Ruminant Research, 69:180–186.

Zhao, F. Q. (2014). Biology of glucose transport in the mammary gland. Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia, 19: 3–17.