

# EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN CON *Pithecellobium dulce* EN EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE CABRAS CRIOLLAS

Angélica Valeria Lorenzana Moreno, Rey Gutiérrez Tolentino, Luis Corona Gochi, Rubén Darío Martínez Rojero, Francisco Alejandro Castrejón Pineda y Salvador Vega y León

## RESUMEN

Se evaluó la utilización de *Pithecellobium dulce* en la alimentación de cabras en lactación y su efecto en el perfil de ácidos grasos de la grasa de leche. Se utilizaron 10 cabras criollas de tercer y cuarto parto, distribuidas de manera aleatoria en dos tratamientos durante el último tercio de la gestación y toda la lactancia. El primer grupo (T1) se alimentó con 650g de concentrado, 50g de premezcla mineral y 4kg de ensilado de maíz por cabra al día; el segundo grupo (T2) se alimentó con 2h diarias de pastoreo en banco de proteína de P. dulce, además de 1kg de hojas de P. dulce fresco, 50g de premezcla mineral y 4kg de ensilado por cabra al día. Además de la suplementación con concentrado comercial o banco de

proteína, el rebaño experimental se mantuvo durante la mañana y parte de la tarde (9:00-14:00) pastoreando en praderas compuestas de grama nativa. Se determinó el perfil de ácidos grasos de la grasa de la leche por medio de cromatografía de gases con detector de ionización de flama. Los valores de ácidos grasos en ambos tratamientos fueron comparados por medio del modelo de medidas repetidas en el tiempo. Se encontraron diferencias significativas debidas a interacción tiempo-tratamiento para la mayor parte de los ácidos grasos, excepto para C18:0, C18:1n7t y C18:2. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos de la leche es similar en cabras alimentadas con P. dulce y con alimento concentrado.

## Introducción

En la alimentación del ganado caprino, como en otras especies, se requiere de la evaluación de fuentes alternas de nutrientes que sean producidos en forma sostenible. Es importante considerar a la cabra como una especie productiva que no puede ser reemplazada por otra, dada su habilidad de utilizar recursos alimenticios lignocelulósicos bajo condiciones climáticas difíciles (Gall, 1981; Sánchez *et al.*, 2006). En lo que se refiere al comportamiento alimentario, los caprinos tienen preferencia por el material arbustivo o arbóreo, lo que justifica la utilización de leguminosas arbóreas como

fente proteica de su dieta (Cardozo, 2013). Diferentes leguminosas arbustivas y arbóreas han sido identificadas por su uso en la alimentación de ovejas y cabras en sistemas silvopastoriles tropicales en México. En este aspecto, *Pithecellobium dulce* se presenta con un excelente potencial forrajero, presentando una amplia distribución en el territorio nacional y una excelente calidad nutritiva, alrededor de 19,6% de proteína bruta (PB) en las hojas, con una degradabilidad en el rumen a las 24h de 60% de la MS (Nouel *et al.*, 2012; Avilés *et al.*, 2013).

El interés nutricional de la leche de cabra ha sido reconocido y su importancia en

nutrición humana depende principalmente de la calidad de la grasa láctea, debido a su alto contenido de ácidos grasos C6 a C10, la carencia de aglutinina y al alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, en especial los  $\omega$ -3 y el isómero cis -9, trans-11 ácido linoleico conjugado (ALC), los cuales han sido asociados con efectos benéficos sobre la salud humana (Savoini *et al.*, 2010; Schettino *et al.*, 2011). Por ello, el control de la producción de grasa de la leche es fundamental para la mejora de la calidad de la leche de cabra.

Diversos factores están asociados a las variaciones en la calidad y cantidad de la grasa láctea; pueden ser de

origen animal, es decir, relacionado con la genética, etapa de lactancia, mastitis y fermentación ruminal, o pueden ser aquellos relacionados con la alimentación (relación forraje/concentrado, calidad del forraje) y/o suplementación con diferentes fuentes de lípidos (Cannas y Pulina, 2005). La modificación del perfil de ácidos grasos de la leche por vías nutricionales presenta las ventajas que, por un lado, los cambios aparecen en un corto periodo de tiempo y, por otro, que cualquier cambio ocasionado es fácilmente reversible (Bach *et al.*, 2000; Gómez, 2010).

Los ácidos grasos poliinsaturados, en especial los  $\omega$ -3, desafortunadamente, no pueden ser

## PALABRAS CLAVE / Ácidos Grasos / Leche de Cabra / *Pithecellobium dulce* /

Recibido: 09/10/2014. Modificado: 21/02/2014. Aceptado: 03/03/2016.

**Angélica Valeria Lorenzana Moreno.** Maestra en Ciencias de la Salud y la Producción Animal, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Dirección: Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Ciudad Universitaria, Coyoacán, Distrito Federal,

C.P. 04510, México. e-mail: mvz.lorenzana@gmail.com  
**Rey Gutiérrez Tolentino.** Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Profesor, UAM, Unidad Xochimilco, México. e-mail: reygut@correo.xoc.uam.mx  
**Luis Corona Gochi.** Doctor en Ciencias Agropecuarias-Nu-

trición, University of California, Davis, EEUU. Profesor, UNAM, México. e-mail: gochi@unam.mx  
**Rubén Darío Martínez Rojero.** Doctor en Ciencias Veterinarias, UNAM, México. Profesor, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, México. e-mail: rubendariomr1@prodigy.net.mx

**Francisco Alejandro Castrejón Pineda.** Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, México. Profesor, UNAM, México. e-mail: fcp@unam.mx  
**Salvador Vega y León.** Doctor en Ciencias, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, Cuba. Profesor, UAM, Unidad Xochimilco, México. e-mail: svega@correo.xoc.uam.mx

## EFFECT OF FEEDING WITH *Pithecellobium dulce* IN THE FATTY ACID PROFILE OF MILK FROM CREOLE GOATS

Angélica Valeria Lorenzana Moreno, Rey Gutiérrez Tolentino, Luis Corona Gochi, Rubén Darío Martínez Rojero, Francisco Alejandro Castrejón Pineda and Salvador Vega y León

### SUMMARY

The use of *Pithecellobium dulce* in feeding lactating goats and their effect on the fatty acid profile of milk fat were evaluated. Ten creole goats third and fourth birth, randomly distributed in two treatments during the last third of gestation and throughout lactation were used. The first group (T1) was fed 650g of concentrate, 50g of mineral premix and 4kg of corn silage per goat per day; the second group (T2) was fed with 2h of grazing on a protein bank of *P. dulce*, as well as 1kg of fresh *P. dulce* leaves, 50g of mineral premix and 4kg of silage by goat, daily. Besides commercial concentrate supplementa-

tion or protein bank, the experimental herd was maintained grazing on native mixed grass pastures during the morning and early afternoon (9:00-14:00). The fatty acid profile of the milk fat was determined by gas chromatography with flame ionization detector. The values of fatty acids in both treatments were compared using repeated measurements over time. Significant differences for most of the fatty acids, except for C18:0, C18:1n9t and C18:2 were found due to the time-treatment interaction; however, the fatty acid profile of the milk is similar in goats fed with *P. dulce* and concentrate.

## EFEITO DA ALIMENTAÇÃO COM *Pithecellobium dulce* NO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE CABRAS AUTÓCTONES

Angélica Valeria Lorenzana Moreno, Rey Gutiérrez Tolentino, Luis Corona Gochi, Rubén Darío Martínez Rojero, Francisco Alejandro Castrejón Pineda e Salvador Vega y León

### RESUMO

Avaliou-se a utilização de *Pithecellobium dulce* na alimentação de cabras em lactação e seu efeito no perfil de ácidos graxos da gordura do leite. Utilizaram-se 10 cabras autóctones de terceiro e quarto parto, distribuídas de maneira aleatória em dois tratamentos durante o último terço da gestação e todo o período da lactação. O primeiro grupo (T1) foi alimentado com 650g de concentrado, 50g de pré mistura mineral e 4kg de silagem de milho por cabra ao dia; o segundo grupo (T2) foi alimentado 2h diárias com pastoreio em banco de proteína de *P. doce*, além de 1kg de folhas de *P. doce* fresco, 50g de pré mistura mineral e 4kg de silagem por cabra por dia. Além da suplementação com concen-

trado comercial o banco de proteína, o rebanho experimental se manteve durante a manhã e parte da tarde (9:00-14:00) pastando em pradarias compostas de grama nativa. Determinou-se o perfil de ácidos graxos da gordura do leite por meio de cromatografia de gases com detector de ionização de chama. Os valores de ácidos graxos em ambos os tratamentos foram comparados por meio do modelo de medidas repetidas no tempo. Encontraram-se diferenças significativas devido à interação tempo-tratamento para a maior parte dos ácidos graxos, exceto para C18:0, C18:1n9t e C18:2. No entanto, não houve diferenças significativas no conteúdo de ácidos graxos do leite de cabra por efeito da dieta.

sintetizados por monogástricos o rumiantes debido a que la desaturación de los ácidos grasos no ocurre en posiciones mayores a  $\Delta 9$ , impidiendo la síntesis de ácidos grasos de las familias  $\omega-3$  y  $\omega-6$ , ácidos grasos que son considerados esenciales y deben ser suministrados en la dieta. La presencia de estos ácidos grasos en la grasa láctea depende de la cantidad dietaria que escape a la biohidrogenación ruminal y sea absorbida en el intestino delgado (Savoini *et al.*, 2010).

El forraje verde en la ración puede modificar características específicas de la grasa de la leche; por ejemplo, incrementa el contenido de ALC, debido a la gran cantidad de éste presente en el forraje. Sin embargo, el grado de incremento de ALC en la grasa de leche de animales en pastoreo varía de acuerdo a la especie de

rumiante y la calidad del forraje (Cannas y Pulina, 2005). El contenido del ácido  $\alpha$ -linoléico en la leche es mayor cuanto más fresco es el pasto por lo que sus niveles se ven influidos de manera decisiva por las condiciones climatológicas y las variaciones estacionales (Gómez, 2010). Ha sido demostrado que la grasa láctea de dietas que incluyen ensilado de maíz es mayor en ácidos grasos de cadena corta y ácido linoleico pero pobre en ácido  $\alpha$ -linoléico comparada con dietas a base de pastura o ensilado de pastos (Osmari *et al.*, 2011). De acuerdo con Ferlay *et al.* (2006) los ensilados, comparados con forraje fresco, presentan desventajas en los niveles de ácidos grasos mono y poliinsaturados de la leche, incluyendo el ALC. También se ha documentado que el contenido de ácidos

grasos saturados es menor en el verano, cuando los animales están pastando, y más alto en el invierno debido a la alimentación en confinamiento. El contenido de los ácidos grasos insaturados muestra el patrón opuesto, con la cantidad más alta en el verano (Cannas y Pulina, 2005).

Más estudios acerca de los factores genéticos, fisiológicos y nutricionales que regulan el metabolismo de los lípidos son requeridos con el fin de comprender mejor algunos aspectos peculiares de la composición de la grasa de la leche caprina. Debido a la importancia de la dieta sobre la composición de la leche y la necesidad de buscar opciones alimentarias para caprinos, este trabajo tuvo como objetivo utilizar *Pithecellobium dulce* en la alimentación de cabras en lactación y evaluar su

efecto en el contenido de ácidos grasos de la leche.

### Materiales y Métodos

El trabajo con las cabras experimentales se realizó en instalaciones del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), Cocula, Guerrero, México, localizado en 18°14'24"N y 99°39'49"O, con una precipitación pluvial promedio de 797mm, presente durante junio a octubre, temperatura promedio anual de 25,7°C y altura de 620msnm. El clima es de tipo AWO (w) (i)g, que es el más seco de los climas clasificados como semihúmedos.

### Descripción de los tratamientos

Se utilizaron 10 cabras criollas de tercer y cuarto parto,

distribuidas al azar en dos tratamientos por medio de tablas de números aleatorios. Durante el último tercio de la gestación y toda la lactancia, el primer grupo (T1) se alimentó con 650g de concentrado, 50g de premezcla mineral y 4kg de ensilado de maíz por cabra al día; el segundo grupo (T2) se alimentó con 2h diarias de pastoreo en banco de proteína de *Pithecellobium dulce*, además de 1kg de hojas de *P. dulce* fresco, 50g de premezcla mineral y 4kg de ensilado por cabra al día. Además de la suplementación con concentrado comercial o banco de proteína, el rebaño experimental se mantuvo durante la mañana y parte de la tarde, desde las 9:00 hasta las 14:00, pastoreando en praderas compuestas de grama nativa, antes de ser estabuladas por la noche. Con el propósito de que las cabras pudieran parir de manera agrupada para hacer coincidir el inicio de la lactancia entre los tratamientos evaluados, se estableció un programa de sincronización de estros utilizando progestágenos.

#### Muestras

El registro de producción de leche se realizó desde los tres días después del parto, una vez que ya no existía presencia de calostro, al mismo tiempo que los cabritos fueron separados de manera definitiva de las madres. Las cabras fueron ordeñadas manualmente, todos los días, por la mañana (7:00).

Durante 4 meses, cada 15 días se obtuvieron muestras de 550ml de leche de cada cabra, haciendo un total de 80 muestras (40 por tratamiento). Las muestras fueron depositadas en frascos de vidrio con tapa de rosca de sellado hermético y transportadas en hielera con hielo seco al laboratorio de análisis, siguiendo las pautas establecidas en la norma NMX-F-718-COFOCALEC-2006 (Norma, 2006). Además, se les aplicó el principio del sistema lactoperoxidasa (15mg de percarbonato de sodio más 30mg de tiocianato de sodio por litro de leche) para su conservación.

#### Extracción de la fracción grasa

La extracción de la fracción grasa de la leche se realizó mediante el método propuesto por Frank *et al.* (1975). Se colocaron 250ml de cada muestra de leche en un matraz volumétrico de 500ml y se adicionaron 250ml de una solución detergente: 50g de hexametáfosfato de sodio (grado comercial) y 24ml de Tritón X-100 (grado químicamente puro, Bio-Rad) disueltos en un litro de agua. El matraz se agitó vigorosamente y se colocó en un baño de agua a 90°C, hasta lograr la separación de la materia grasa en el cuello del matraz. La grasa se extrajo con pipeta Pasteur y se filtró a 50°C a través de papel filtro en presencia de sulfato de sodio anhidro. Las muestras de grasa anhidra se conservaron en tubos de ensayos a -20°C hasta su análisis por cromatografía de gases.

#### Derivatización de los ácidos grasos

La preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos para determinar el perfil de ácidos grasos es una etapa fundamental previa al análisis cromatográfico. La metilación de los ácidos grasos se hizo por el método del ISO 15885 IDF 184 (ISO, 2002). Se pesaron 25mg de grasa láctea en un tubo Eppendorf y se adicionaron 200µl de n-hexano más 50µl de una solución de hidróxido de potasio en metanol 2N (0,5g/5ml), se agitó en vortex durante un minuto y se dejó reposar en un baño de hielo para evitar pérdida de los ácidos grasos volátiles. Se adicionaron 0,13g de hidrogenosulfonato de sodio, se agitó en vortex y se centrifugó a 14000rpm durante 5min en una microcentrífuga de tubo Eppendorf. Se tomaron 100µl del sobrenadante y se vertieron a un vial ámbar de 2ml al cual se adicionó 400µl de n-hexano, agitando de nuevo en vortex, para proceder a su inyección al cromatógrafo de gases. Se utilizó una mezcla estándar de ácidos grasos Supelco 37

Component FAME Mix analytical standard (ésteres metílicos de ácidos grasos, FAME, por sus siglas en inglés). El volumen de inyección fue de 1µl para la mezcla estándar y las muestras de grasa.

#### Condiciones cromatográficas

Se utilizó un cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama, Shimadzu GC-2010 Plus, acondicionado con una columna capilar Supelco de 100m, 0,25 mm de diámetro interno y 0,2µm de espesor de película (SP<sup>TM</sup>2560, Fused Silica, Cat. N° 24056), con las siguientes temperaturas: horno a 140°C, detector a 270°C e inyector a 250°C. Se utilizó el siguiente programa de temperaturas: T1= 140°C que se mantuvo durante 5min, después con incremento de 5°C/minutos hasta T2= 195°C manteniéndola durante 1min, elevando 6°C/min hasta llegar a T3= 220 °C manteniéndola por 20min para luego incrementar 5°C/min hasta llegar a T4= 240 °C durante 5min. El tiempo total de corrida fue de 50,17min.

Se utilizó como gas acarreador nitrógeno a 32,5psi y flujo de 10ml/min, en modo de inyección *split*. El registro e integración de los picos cromatográficos se realizó mediante el *software* Shimadzu GC Solution Chromatography Data System Version 2.4. La identificación y cuantificación de los ácidos grasos de la grasa láctea se realizó por el método del estándar externo, se compararon tiempos de retención y áreas de los picos cromatográficos de la grasa láctea con los del estándar de ácidos grasos.

#### Composición química nutrimental del forraje

En el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, se realizaron las siguientes determinaciones a las muestras de forraje y concentrado obtenidas, de acuerdo con los métodos establecidos por la AOAC

(1990): porcentaje de humedad (% Hum; método 930.04), proteína bruta (PB) por el método de Kjeldahl (N×6,25; método 955.04) y cenizas (Cen) por calcinación a 550°C (método 930.05). Las determinaciones de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fueron hechas según la técnica de VanSoest *et al.*, 1991. Los análisis se hicieron por duplicado.

#### Análisis estadístico

Se exploraron los datos para evaluación de casos atípicos y se aplicó estadística descriptiva para la comparación de ácidos grasos de las muestras de grasas de leche caprina obtenidas del grupo testigo y el grupo complementado con *P. dulce* mediante el modelo de medidas repetidas en el tiempo, utilizando el paquete estadístico SPSS® versión 21.0 para Windows.

#### Resultados y Discusión

La composición química de los ingredientes utilizados en la alimentación es presentada en la Tabla I. El *P. dulce* presentó una mayor cantidad de PB (18,25%) en comparación con el resto de los ingredientes. En cuanto a la cantidad de FDN y FDA, ésta fue menor a la que se obtuvo tanto en el ensilado como en la grama nativa, ya que estos últimos tenían un grado de lignificación avanzado; en este aspecto, las especies arbustivas y arbóreas presentan una importante ventaja sobre las gramíneas, ya que lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como lo hacen la gran mayoría de las gramíneas utilizadas para el pastoreo. Por lo tanto, hay una mayor estabilidad en la calidad nutrimental del forraje de las especies leñosas a través del tiempo (Lorenzana, 2011).

*P. dulce* resultó particularmente rico en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), que comprendían el 66,38% del total de ácidos grasos, seguido de la grama nativa, en la cual se obtuvo 53,41%;

TABLA I  
COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA (% MS) Y PERFIL DE  
ÁCIDOS GRASOS (g/100g) DE LOS INGREDIENTES

	Concentrado	<i>P. dulce</i>	Ensilado	Grana nativa
MS (5)	93,60	29,33	25,89	62,6
PB*	12,47	18,25	6,82	3,50
Cen*	19,86	9,76	5,44	11,96
EE*	3,91	6,96	7,62	1,94
FDN*		40,36	66,37	70,99
FDA*		29,95	34,41	45,09
Ácidos grasos				
Σ AGS	29,61	28,00	41,74	36,15
Σ AGMI	34,24	5,62	21,72	10,43
Σ AGPI	36,15	66,38	36,54	53,41

\*Expresadas en base seca (BS).

MS: materia seca, PB: proteína bruta, Cen: cenizas, EE: extracto etéreo, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, AGS: ácidos grasos saturados, AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

finalmente, aunque el concentrado también reportó la mayor proporción de AGPI, su concentración de éstos (36,15%) fue prácticamente la mitad de la obtenida en *P. dulce*.

El contenido de PB de *P. dulce* fue mucho mayor que el reportado por Nouel *et al.* (2012), de 13,2% PB; sin embargo, ligeramente menor al obtenido por Pinto *et al.* (2010), de 24,01% PB. Por ello se puede considerar como una importante fuente de proteína vegetal. En relación al contenido de las fracciones de la pared celular, éstas son semejantes a los reportados por Nouel *et al.* (2012) de 40,0% FDN y 30,0% FDA, y por Pinto *et al.* (2010) de 37,84% FDN y 26,01% FDA. En cuanto al perfil de ácidos grasos, los resultados coinciden con lo reportado por Renna *et al.* (2012), quienes mencionan que la proporción mayoritaria del total de ácidos grasos en pastos frescos está dada por los AGPI (76,89g/100g) seguida de los AGS (18,45g/100g) y finalmente los AGMI (4,66g/100g), lo cual coincide con los valores obtenidos para *P. dulce* (66,38; 28,0 y 5,62g/100g, respectivamente).

La materia grasa obtenida a partir de las leches de cabras en condiciones de alimentación diferenciada, tratamiento control (T1) y prueba (T2), se caracterizaron por tener un perfil similar de ácidos grasos (Figura 1). El número de AG

registrados en cada una de las muestras de grasa láctea fue similar ( $p < 0,05$ ; Tabla IV), tanto para T1 como para T2, identificándose en primer lugar al ácido butírico (C4): 2,14 y 2,35g/100g para T1 y T2, y progresivamente a los demás AG de cadenas hidrocarbonadas corta, media y larga; siendo mayoritarios caproico (C6): 2,88 y 2,98g/100g; caprílico (C8): 3,36 y 3,42g/100g; cáprico (C10): 1,13 y 1,10g/100g; láurico (C12): 4,00 y 3,89g/100g; mirístico (C14): 8,59 y 8,12g/100g; palmítico (C16): 26,09 y 24,43g/100g; esteárico (C18): 11,59 y 13,22g/100g; oleico (C18:1): 18,31 y 19,00g/100g; y linoleico (C18:2): 0,27 y 0,25g/100g.

Estudios realizados en diferentes tiempos y partes del mundo han identificado diferentes perfiles de AG presentes en grasa láctea de rumiantes (Pérez *et al.*, 1998; Markiewicz *et al.*, 2013). Por ejemplo, en trabajos realizados en México, España, Brasil y Polonia se han informado entre 12 y 23 AG, con concentraciones diversas (Pérez *et al.*, 1998; De Pellegrini *et al.*, 2012; Markiewicz *et al.*, 2013). Los AG mayoritarios en común son de cadena hidrocarbonada larga, destacando el palmítico, esteárico, oleico y linoleico. Sin embargo, una característica que distingue a la leche cabra de la leche de vaca y oveja, es el alto contenido de C6, C8 y C10,

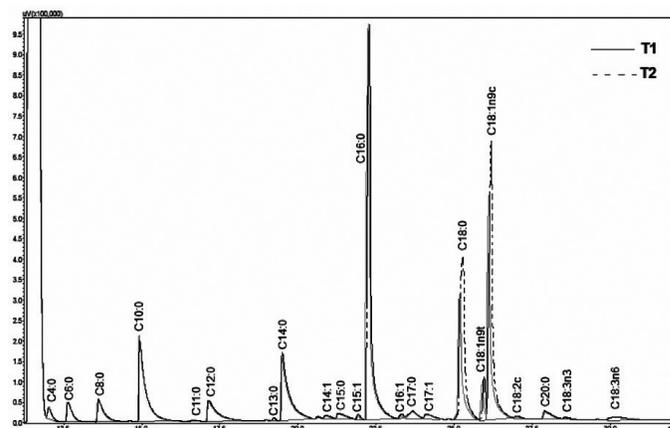


Figura 1. Cromatograma del perfil de ácidos grasos en leche de cabra (T1: Tratamiento 1 y T2: Tratamiento 2).

causando el aroma particular de la leche de este pequeño rumiante (Tabla II). Además, se ha documentado que estos AG tienen un efecto positivo en la salud humana, ya que presentan actividad antimicrobiana y antiviral, y disminuyen los depósitos de colesterol (Markiewicz *et al.*, 2013).

Los resultados de los grupos de AG, así como el índice de aterogenicidad (IA) y los AG de manera individual se reportan en las Tablas III y IV, respectivamente. El perfil de ácidos grasos de la grasa láctea fue afectado en gran medida por el factor tiempo. Solo tres AG (C18:0, C18:1n7 y C18:2) no presentaron diferencias significativas en la interacción tiempo  $\times$  tratamiento. Sin embargo, ningún AG ni grupo de AG presentó diferencias significativas entre tratamientos por efecto de la dieta ( $p \geq 0,05$ ). Estas diferencias en la interacción pueden ser atribuidas principalmente al estado de lactancia. Por ejemplo, los mayores cambios en los AG de la leche de cabras se producen en la lactancia temprana debido principalmente a la movilización de lípidos como consecuencia de una fase de balance energético negativo en los animales (Osmari *et al.*, 2011; Renna *et al.*,

2012). Otro factor importante es la variación en el perfil de ácidos grasos de los forrajes (*P. dulce* y grana nativa) debido a los días de rebrote, climatología, cantidad de agua, etc.

Similar a los resultados obtenidos en el presente estudio, Laurence *et al.* (2009) no encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) al comparar los AGS (71,26 vs 74,90g/100g), AGMI (22,39 vs 18,81g/100g) y AGPI (5,03 vs 4,12g/100g) de la leche de cabras alimentadas con dietas basadas en heno de grana nativa contra ensilado de maíz, respectivamente, al igual que Tsiplakou *et al.* (2010) al comparar un sistema un de producción convencional contra un sistema de producción orgánico. De manera similar, Osmari *et al.* (2011) no encontraron diferencias significativas en las concentraciones de AG de cadena media y larga al comparar tres dietas a base de sorgo, maíz y heno de morera, en la alimentación de cabras en lactación; sin embargo, sí encontraron diferencias en el IA, contrario a lo obtenido en el presente estudio,

TABLA II  
NIVELES DE ÁCIDOS GRASOS EN  
GRASA LÁCTEA DE CABRA, OVEJA Y  
VACA (g/100g DE GRASA LÁCTEA)

Ácido graso	Cabra	Cabra*	Oveja	Vaca
Caproico (C6)	2,78	2,93	1,87	2,01
Caprílico (C8)	2,92	3,93	1,87	1,39
Caprílico (C10)	9,59	11,1	6,63	3,03

Fuente: (Pinto *et al.*, 2010). \*: este estudio.

TABLA III  
EFECTOS MEDIOS DEL *Pithecellobium dulce* EN LA DIETA DEL ANIMAL SOBRE EL CONTENIDO (g/100 g) DE GRUPOS DE ÁCIDOS GRASOS EN LA LECHE

Variable	Tratamiento		P<**		
	1	2	Dieta	Semana	Interacción
AGS	72,85	72,35	0,736	0,069	0,006
AGMI	22,51	23,07	0,679	0,039	0,033
AGPI	1,43	1,31	0,153	<0,001	0,012
IA*	2,77	2,59	0,480	<0,001	<0,001

AGS: ácidos grasos saturados, AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

\* Índice de aterogenicidad (C12:0 + 4\*C14:0 + C16:0)/Σ AG insaturados.

\*\* Probabilidad de significancia atribuible a los efectos para el *P. dulce* en la dieta, tiempo en la dieta (semana) y su interacción.

reportando un mayor IA para la leche de cabras alimentadas con maíz en comparación con las que se alimentaban con heno de morera (2,81 y 2,23 respectivamente). Al respecto, Renna *et al.* (2012) reportan que al disminuir la cantidad de forraje fresco (30 vs 10%) en la dieta de cabras lecheras incrementa la cantidad de AGS (67,60 vs 72,26g/100g) y el IA (2,28 vs 3,52) y, a su vez, disminuyen los porcentajes de AGMI (27,63 vs 23,93) y AGPI (4,73 vs 3,78), los cuales son capaces de ejercer múltiples beneficios a la salud humana (Gutiérrez *et al.*, 2012).

En la Tabla IV se informan los valores de AG mayoritarios presentes en las grasas lácteas correspondientes a los tratamientos 1 y 2. Aunque la distribución de los valores no permitió identificar diferencias significativas entre los AG de los dos tratamientos por efecto de la dieta, se puede apreciar que el T1 presentó el valor más alto (26,1%) y significativo (p<0,05) para el palmítico a través del tiempo y su interacción con la dieta. Una probable explicación podría ser la incorporación de concentrado en la dieta del T1, ya que es conocido el alto contenido de aceite de palma en los

TABLA IV  
EFECTOS MEDIOS DEL *Pithecellobium dulce* EN LA DIETA DEL ANIMAL SOBRE EL CONTENIDO (g/100 g) DE ÁCIDOS GRASOS EN LA LECHE

Variable	Tratamiento		Gran media	P<**		
	1	2		Dieta	Semana	Interacción
C4:0	2,14	2,35	2,25	0,329	<0,001	0,004
C6:0	2,88	2,98	2,93	0,523	0,149	<0,001
C8:0	3,36	3,42	3,39	0,725	0,881	<0,001
C10:0	1,13	1,10	1,12	0,718	0,143	<0,001
C12:0	4,00	3,89	3,95	0,693	0,001	0,005
C14:0	8,59	8,12	8,35	0,369	<0,001	0,001
C15:0	0,51	0,50	0,50	0,556	<0,001	0,003
C15:1	0,35	0,36	0,35	0,527	0,031	0,014
C16:0	26,09	24,43	25,26	0,171	<0,001	<0,001
C16:1	0,19	0,19	0,19	0,658	0,038	0,001
C17:0	0,29	0,29	0,29	0,767	0,029	<0,001
C17:1	0,48	0,50	0,49	0,499	<0,001	<0,001
C18:0	11,59	13,22	12,41	0,133	0,034	0,377
C18:1n9t	3,19	3,02	3,11	0,744	0,688	0,064
C18:1n9c	18,31	19,00	19,65	0,492	<0,001	<0,001
C18:2	0,27	0,25	0,26	0,488	<0,001	0,057
C20:0	2,15	2,12	2,13	0,885	<0,001	<0,001
C8:3	0,34	0,33	0,33	0,475	0,047	0,023
ALC*	0,82	0,74	0,78	0,276	<0,001	0,003

\* Ácido linoleico conjugado.

\*\* Probabilidad de significancia atribuible a los efectos para el *P. dulce* en la dieta, tiempo en la dieta (semana) y su interacción.

concentrados para rumiantes y su riqueza (44%) en el contenido de ácido palmítico (Tres *et al.*, 2013). Los niveles más altos del T2 se obtuvieron para los AG butírico (2,3%), esteárico (13,2%) y oleico (19,0%). El contenido mayor del ácido graso insaturado oleico en la leche del T2 es evidencia del efecto dieta del animal, particularmente debido a la ausencia del concentrado, ya que la dieta de los rumiantes basada en el pastoreo está correlacionada con el aumento de los ácidos grasos insaturados de cadena larga (Baltusnikiene *et al.*, 2008; Tsiplakou *et al.*, 2010; Tudisco *et al.*, 2010).

Los resultados del perfil de ácidos grasos en el presente estudio coinciden con lo obtenido por Laurence *et al.* (2009), quienes utilizando una dieta a base de ensilado de maíz contra heno de grama nativa, no encontraron diferencia significativa entre tratamientos; así mismo, reportan concentraciones muy similares de la mayoría de los ácidos grasos obtenidos en el presente en este estudio, tales como: 2,27 vs 2,25g/100g respectivamente, para C4; 2,25 vs 2,93 para C6; 2,52 vs 3,39 para C8; 26,36 vs 25,26 para C16; y 17,52 vs 19,65 para C18:1. Tudisco *et al.* (2010) también reportan concentraciones similares, al utilizar heno de alfalfa en un sistema de producción orgánico contra un sistema convencional en donde la alimentación está basada en el uso de concentrados comerciales; sin embargo, reportan diferencias entre tratamientos en algunos AG insaturados: C18:1 c-9 (19,1 vs 17,1g/100g), C18:1 t-11 (1,83 vs 1,70), C18:2 (2,77 vs 2,07) y C18:3 (0,81 vs 0,57), obteniendo la mayor concentración en el sistema de producción orgánico. Por su parte, Tsiplakou *et al.* (2010) reportan en Grecia una mayor concentración solo de C18:2n-3 en un sistema de producción orgánica contra uno convencional. Otros estudios, como el realizado por Shingfield *et al.* (2013) sí han encontrado diferencias significativas;

estos autores mencionan que la leche de rumiantes en pastoreo contiene menores proporciones de AG de cadena corta y mayores de C18:1 t-11, ALC c-9 t-11, C18:2n-6 y C18:3n-3 comparada con la de aquellos que son alimentados con forraje henificado o ensilado. Li *et al.* (2014) también encontraron diferencias significativas en la concentración de algunos AG (C15:0, C17:0, C18:0 y C18:1) al aumentar el tamaño de partícula de los forrajes usados en la alimentación de cabras lecheras, lo cual implicaba mayor cantidad de FDN en la dieta, con lo cual concluyen que el perfil de ácidos grasos de la leche podría utilizarse para reflejar el cambio en las bacterias celulolíticas en respuesta a diferentes niveles de FDN en la dieta.

Los contenidos medios y desviaciones estándares de AG en las leches analizadas también se informan en la Tabla IV. Los niveles de AG ω-3 (linoléico) y ω-6 (linoleico y linoleico conjugado) fueron 0,26 y 0,35%, respectivamente, lo que podría dar un valor agregado a este tipo de leche, ya que se ha informado ampliamente que son efectivos en la disminución de padecimientos cardiovasculares. Cabe señalar que el AG linoleico conjugado, quizás el AG funcional de mayor importancia en la grasa láctea, presentó baja variación en sus concentraciones, de 0,82 y 0,74g/100g para T1 y T2, respectivamente.

Los aspectos anteriores ofrecen una ventana de oportunidad para impulsar el uso de *Pithecellobium dulce* en la alimentación de cabras, ya que además de no haber diferencia en el perfil de AG de la leche obtenida a través de los dos tratamientos, se observó una tendencia de incremento en el contenido de ALC.

En conclusión, el contenido de AG saturados e insaturados en la grasa de leche caprina obtenida bajo la propuesta de dieta en este estudio no arrojó diferencias estadísticas con relación al tratamiento control por efecto del tratamiento. Se

presenta la oportunidad, dada sus propiedades nutritivas, para impulsar el uso de *P. dulce* en la alimentación del ganado caprino.

## REFERENCIAS

- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Rockville, MD, EEUU.
- Avilés J, Valle J, Castrejón F, Angeles S, Vargas E (2013) Digestibility of Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris*)-based diets supplemented with four levels of *Gliricidia sepium* hay in hair sheep lambs. *Trop. Anim. Health Product*. 45: 1357-1362.
- Bach A, Torre C, Hernández E, Legaz E, García JC (2000) Efecto de la nutrición sobre el perfil de ácidos grasos en la leche de ovino y su aplicación en la elaboración de quesos enriquecidos en ácidos grasos esenciales. *Mem. XXV Jornadas Científicas SEOC*. pp. 323-326.
- Baltusnikiene A, Bartkeviciute Z, Cernauskiene J (2008) Fatty acids content composition of milk fat from cows consuming pasture and total mixed ration. *Veterinarija Ir Zootechnika* 42: 28-33.
- Cannas A, Pulina G (2005) (Eds.) *Dairy Goats Feeding and Nutrition*. 1<sup>a</sup> ed. Cabi. Bologna, Italia. 320 pp.
- Cardozo J (2013) *El Matarratón (Gliricidia sepium) en la Alimentación de Rumiantes*. Tesis. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia. 52 pp.
- De Pellegrini L, Ribeiro A, Gusso A, Mattanna P, Buzatti D (2012) Analysis of fatty acid profile of bovine, caprine and ovine milk cows. *UTFPR*. 7: 1-3.
- Ferlay A, Martin B, Pradel Ph, Coulon J, Chilliard Y (2006) Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in Tarentiase and Montbéliarde cow breeds. *J. Dairy Sci.* 89: 4026-4041.
- Frank R, Smith EH, Braun HE, Holdrinet M, McWade JW (1975) Organochlorine insecticides and industrial pollutants in the milk supply of the southern region of Ontario, Canada. *J Milk Food Technol.* 38: 65-72.
- Gall GA (1981) (Ed.) *Goat Production*. Academic Press. Londres, RU. 619 pp.
- Gómez CP (2010) *Efecto de la Suplementación de la Dieta Ovina con Distintas Fuentes Lipídicas sobre el Perfil de Ácidos Grasos de la Leche*. Tesis. Universidad Complutense de Madrid. España. 196 pp.
- Gutiérrez R, Vega S, Radilla C, Radilla M, Coronel S, Coronado M (2012) The importance of the fatty acids of milk in human nutrition. En Reikik B (Ed.) *Milk Production*. Nova. Nueva York, EEUU. 274 pp.
- ISO (2002) *Milk Fat - Preparation of Fatty Acid Methyl Esters*. ISO 15884:2002 (IDF 182: 2002).
- Laurence B, Shingfield K, Rouel J, Ferlay A, Chilliard Y (2009) Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. *Br. J. Nutr.* 101: 213-224.
- Li F, Li Z, Li S, Ferguson J, Cao Y, Yao J, Sun F, Wang X, Yang T (2014) Effect of dietary physically effective fiber on ruminal fermentation and the fatty acid profile of milk in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 97: 2281-2290.
- Lorenzana A (2011) *Comportamiento en Pastoreo y Productivo de Ovinos en Praderas de Cenchrus ciliaris y Gliricidia sepium*. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Markiewicz M, Czyzak G, Lipinska P, Wojtowski J (2013) Fatty acid profile of milk - A review. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 57: 135-139.
- Norma (2006) *NMX-F-718-COFO-CALEC-2006. Sistema Producto Leche Alimentos Lácteos. Guía para el Muestreo de Leche y Productos Lácteos*. Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados A.C. México. 32 pp.
- Nouel G, Rincón J, Tovar Y, Rojas J, Sanchez R (2012) Evaluación preliminar del *Yacure Pithecellobium dulce* en raciones para cabras en crecimiento confinadas. *Zootec. Trop.* 30: 361-367.
- Osmari E, Cecato U, Macedo F, Souza N (2011) Nutritional quality indices of milk fat from goats on diets supplemented with different roughages. *Small Rumin. Res.* 98: 128-132.
- Pérez N, Díaz G, Gutiérrez R, Vega S, Urbán G, Prado G, González M, Ramírez A, Pinto M (1998) Composición en ácidos grasos de la grasa de leches pasteurizadas mexicanas. *Vet. Méx.* 29: 329-335.
- Pinto R, Hernández D, Gómez H, Cobos MA, Quiroga R, Pezo D (2010) Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas México: usos y características nutricionales. *Univ. Cienc.* 26: 19-31.
- Sánchez RI, Martínez RR, Torres HG, Becerril PC, Mastache LA, Suárez EJ y Rubio RM (2006) Producción de leche y curvas de lactancia en tres razas de cabras en el trópico seco de México. *Vet Méx.* 37: 493-502.
- Savoini G, Agazzi A, Invernizzi G, Cattaneo D, Pinotti L, Baldi A (2010) Polyunsaturated fatty acids and choline in dairy goats nutrition: Production and health benefits. *Small Rumin. Res.* 88: 135-144.
- Schettino B, Pérez J, Gutiérrez R, Vega y León S, Faure R, Escobar A (2011) Análisis de la robustez en la determinación de ácidos grasos por cromatografía gaseosa en leche de cabra. *Salud Anim.* 33: 83-89.
- Shingfield K, Bonnet M, Scollan N (2013) Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *J. Anim. Biosci.* 7: 132-162.
- Renna M, Cornale P, Lussiana C, Malfatto V, Mimosi A, Battagliani L (2012) Fatty acid profile of milk from goats fed diets with different levels of conserved and fresh forages. *Int. J. Dairy Technol.* 65: 201-207.
- Renna M, Lussiana C, Cornale P, Fortina R, Mimosi A (2012) Changes in goat milk fatty acids during abrupt transition from indoor to pasture diet. *Small Rumin. Res.* 108: 12-21.
- Tres A, Ruiz C, Van der Veer G, Van Ruth S (2013) Geographical provenance of palm oil by fatty acid and volatile compound fingerprinting techniques. *Food Chem.* 137: 142-150.
- Tsiplakou E, Kotrotsios V, Hadjigeorgiou I, Zervas G (2010) Differences in sheep and goats milk fatty acid profile between conventional and organic farming systems. *J. Dairy Res.* 77: 343-349.
- Tudisco R, Cutrignelli M, Calabro S, Piccolo G, Bovera F, Guglielmelli A, Moniello G, Infascelli F (2010) Influence of organic systems on milk fatty acid profile and CLA in goats. *Small Rumin. Res.* 88: 151-155.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3588-3597.