

# Composición láctea y perfil de ácidos grasos en leche de cabra de Guanajuato, México

## Milk composition and fatty acid profile in goat milk from Guanajuato, Mexico



<http://opn.to/a/JBTqr>

Beatriz Sofía Schettino-Bermúdez<sup>1</sup>, Rey Gutiérrez-Tolentino<sup>1</sup>, Salvador Vega y León<sup>1\*</sup>, Arturo Escobar-Medina<sup>1 2 \*</sup>, José Jesús Pérez-González<sup>1</sup>, Manuel González-Ronquillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Laboratorio de Análisis Instrumental, Departamento de Producción Agrícola y Animal.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Sanidad Agropecuarias (CENSA), Apartado 10, San José las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto Literario 100 Ote., 50000. Toluca, Estado de México. México.

**RESUMEN:** Guanajuato es una de las principales regiones de producción de leche de cabra en México, sin embargo, la información disponible sobre el perfil de ácidos grasos es muy escasa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la composición química y el perfil de ácidos grasos de leche de cuatro unidades de producción (UP), así como sus variaciones durante las épocas de lluvia y seca, en un sistema de producción intensivo. La composición química y el perfil de ácidos grasos se determinaron mediante espectrofotometría infrarroja y cromatografía de gases, respectivamente. Los isómeros del ácido linoleico conjugado (ALC) se separaron por cromatografía líquida de alta resolución de iones de plata ( $\text{Ag}^+$  HPLC). En tres de las unidades (UP1, 3 y 4) no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la composición láctea (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales (ST) y sólidos no grasos (SNG)). Los resultados de las muestras de leche no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la composición láctea de las UP 1, 3 y 4, excepto ( $p \leq 0,05$ ) en la UP 2. La concentración de ácido linoleico conjugado (ALC) fue mayor en la UP1 ( $0,41 \pm 0,07 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) en relación con el resto de las unidades ( $0,29-0,37 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ); el ácido ruménico (AR, cis-9, trans-11 C18:2) fue el principal isómero del ALC (90 %). Los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y el ALC mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) a la época del año. En la época de lluvia los ácidos grasos insaturados se incrementaron. En el sistema de producción de leche de cabra establecido en esta región se obtiene un producto de calidad con relación a su composición láctea y perfil de ácidos grasos.

**Palabras clave:** composición química, ácidos grasos, ALC, cabra, leche, México.

**ABSTRACT:** Guanajuato is one of the main goat milk production regions in Mexico, however, the information available of its fatty acid profile is very scarce. The objective of this work was to evaluate the chemical composition and fatty acid profile of milk from four production units (UP), as well as their variations during the rainy and dry seasons under an intensive production system. The chemical composition and fatty acid profile were determined by infrared spectrophotometry and gas chromatography, respectively. The isomers of conjugated linoleic acid (CLA) were separated by silver ion high performance liquid chromatography ( $\text{Ag}^+$ HPLC). In three of the units (UP 1, 3 and 4), no significant differences ( $p > 0.05$ ) were found in the milk composition (fat, protein, lactose, total solids (TS) and non-fatty solids (NFS)). The results of the milk samples showed no significant differences ( $p > 0.05$ ) in the milk composition of UP 1, 3 and 4, only ( $p < 0.05$ ) with respect to UP 2. The conjugated linoleic acid (CLA) concentration was higher in the UP 1 ( $0.41 \pm 0.07 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) in relation to the rest of the units ( $0.29-0.37 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ); the rumenic acid (RA, cis-9, trans-11 C18:2) was the major isomer of CLA (90 %). Furthermore, the monounsaturated fatty acids (MUFA), the polyunsaturated fatty acids (PUFA) and CLA showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) with respect to the seasonal variation. In the rainy season the unsaturated fatty acids increased. In the goat milk production system established in this region, a quality product is obtained in relation to its milk composition and fatty acid profile.

**Key words:** chemical composition, fatty acids, CLA, goat, milk, Mexico.

\*Autor para correspondencia: Salvador Vega y León. E-mail: [svega@correo.xoc.uam.mx](mailto:svega@correo.xoc.uam.mx)

\*Autor para correspondencia: Arturo Escobar Medina. E-mail: [arturo\\_c\\_escobar2002@yahoo.com.mx](mailto:arturo_c_escobar2002@yahoo.com.mx)

Recibido: 14/01/2018

Aceptado: 20/05/2018

## INTRODUCCIÓN

La producción de leche de cabra se ha incrementado a nivel mundial debido a los beneficios que aporta a la salud, por su alto contenido de ácidos grasos C6:0 y C10:0, la carencia de aglutinina y el menor tamaño del glóbulo de la grasa, lo que se ha relacionado con una mayor digestibilidad (1). También entre los ácidos grasos de la grasa láctea se encuentra el ácido linoleico conjugado (ALC), que ha despertado un gran interés por sus efectos anticancerígenos, prevención de la arterosclerosis y la respuesta inmune en la salud humana (2).

México se encuentra entre los 20 principales países productores de leche de cabra a nivel mundial, con una producción de 160 235 miles de litros (3). Las zonas productoras se encuentran en el centro (Guanajuato y San Luis Potosí) y en el norte (Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León). El estado de Guanajuato tiene una producción de 44 357 miles de litros, lo que representa 27,68 % de la producción total (3) y donde predominan los sistemas de producción intensivo (4). Una de las regiones de mayor producción, dentro del estado de Guanajuato, es la de Apaseo El Grande con 6 506,25 miles de litros de leche de cabra anualmente (3,5).

La composición química de la leche y el perfil de ácidos grasos en leche de cabra no se ha informado en las principales zonas productoras de México; solamente se realizaron tres estudios en la región de Baja California (6), en Guerrero (7) y Querétaro (4), zonas que no están comprendidas entre las de mayor producción. Los estudios antes mencionados, con relación al ácido linoleico conjugado, muestran valores entre 0,35 y 0,44 % (4,6,7). En la actualidad no existen estudios en la región de Guanajuato que permitan conocer el perfil de ácidos grasos en leche caprina, con énfasis en el ALC y sus isómeros.

El efecto de la época del año juega un rol importante en la composición de la grasa láctea en diferentes especies, cuando están sometidas a un sistema extensivo o semiintensivo (6,8). Sin embargo, en un sistema intensivo, con relación al extensivo, la composición y el perfil de ácidos grasos en la leche muestran comportamientos indistintos en función de la época del año (9).

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición química y el perfil de ácidos grasos en leche de cabra de cuatro unidades productoras de la región de Apaseo el Grande, Guanajuato, con un sistema de producción intensivo durante las épocas de lluvia y seca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización:** el estudio se desarrolló en la región caprinocultora de Apaseo el Grande, perteneciente al estado de Guanajuato, México. Esta región está situada a los 100° 41'12'' de longitud oeste y a los 20° 32'49'' latitud Norte; la altura sobre el nivel del mar es de 1770 m. La región es semiárida con una extensión territorial de 415,26 km<sup>2</sup>.

**Unidades de Producción:** se seleccionaron cuatro unidades productoras por tener la mayor cantidad de animales en lactación, localizadas a 5 km como promedio entre ellas, con aproximadamente 205 hembras productoras de leche por unidad. El forraje (1900 g alfalfa materia seca MS) se suministró por los campesinos de la región y se preparó el ensilado de maíz en cada unidad de producción (290 g MS); el concentrado (920 g MS) suministrado para ganado caprino lechero fue de la casa comercial Malta Cleyton®. La raza que predominó en estas unidades fue la Saanen (80 %), seguida por la Alpina Francesa (15 %) y Toggenburg (5 %). Todas las unidades se encontraron bajo un sistema de producción intensivo; el promedio de producción de leche por lactancia fue de 1261±178 L/animal (Tabla 1).

**Muestreo de leche de cabra:** se realizó un muestreo mensual de leche en cuatro unidades productoras de leche de cabra en el periodo de abril 2008 a mayo de 2009, similar a lo descrito por otros autores (5,9,10). Se consideraron dos épocas del año: lluvia (mayo a octubre) y seca (noviembre a abril). El promedio de lluvia anual fue de 606,1 mm; en la época de lluvia la acumulación total promedio fue de 120 mm y en la época de seca la acumulación total promedio fue de 3 mm.

La toma de las muestras procedió según lo establecido por la Federación Internacional de Lechería (11) y por la norma mexicana (12). Las muestras se recolectaron de los tanques de

**TABLA 1.** Características de las unidades productoras de leche de cabra. / *Characteristics of the goat milk producing units*

UP <sup>a</sup>	Raza	Alimentación	Número de animales	Días de lactancia	Promedio de producción de leche por lactancia (L/ animal)
1	Saanen, Alpina Francesa, Toggenburg,	Heno de alfalfa, ensilado de maíz y concentrado <sup>b</sup>	204	305	1350
2	Saanen, Alpina Francesa Toggenburg	Heno de alfalfa y concentrado <sup>b</sup>	202	305	1000
3	Saanen	Heno de alfalfa, ensilado de maíz y concentrado <sup>b</sup>	203	305	1394
4	Saanen	Heno de alfalfa, ensilado de maíz y concentrado <sup>b</sup>	200	305	1300

<sup>a</sup> UP Unidad de producción

<sup>b</sup> Concentrado: alimento compuesto principalmente por maíz, sorgo molido, pastas y subproductos de oleaginosas, subproductos de cereales, melaza de caña, carbonato de calcio, ortofosfatos de calcio, carbonato de sodio como amortiguador, suplementado con vitaminas y minerales (Malta Cleyton<sup>®</sup>)

almacenamiento con previa homogenización. El volumen de las muestras fue de 1 L; se almacenaron en envases de plástico y se transportaron al laboratorio en caja isotérmica a temperatura de 1 a 5 °C hasta su análisis. Las muestras de alimentos se recolectaron mensualmente de cada UP. Se pesaron 500 g de muestra fresca y se conservó a temperatura de 1 a 5 °C hasta su análisis en el laboratorio.

Composición química de los alimentos: a los alimentos se les determinó el contenido de humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas, de acuerdo con los métodos oficiales (13) y, por diferencia, el extracto libre de nitrógeno (ELN), el nitrógeno total (N) mediante el procedimiento de Kjeldahl y multiplicado por 6,25 para su contenido de proteína cruda.

Composición química de la leche de cabra: el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos en la leche se midieron por espectrofotometría infrarroja en un equipo MilkoScan modelo 133B (Foss Electric, Dinamarca), con una precisión menor al 1,5 % para los componentes. Este equipo se validó y se ajustó según la norma ISO 8196-2: 2009 (14).

Extracción y purificación de grasa láctea: la grasa se extrajo mezclando la misma proporción de leche y solución de detergente (hexametáfosfato de sodio y Tritón X-100);

posteriormente se colocó en un baño de agua a 90°, hasta lograr una clara separación de la materia grasa. La grasa se filtró a través de un papel de filtro a 50 °C con presencia de sulfato de sodio anhidro. Las muestras se conservaron en tubos de vidrio almacenados a -20°C hasta el inicio del análisis (7).

Preparación de los ésteres metílicos: la metilación de los ácidos grasos se realizó por el método ISO 15885/IDF 184: 2002, empleando 25 mg de grasa anhidra, 200 µL de n-hexano con un estándar interno de C13:0 (Tritridecanoato de glicerilo) (Sigma) y 50 µL de una solución de hidróxido de potasio en metanol 2 N (15).

Análisis cromatográfico para los ácidos grasos: los ácidos grasos metilados se analizaron en un cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama, Shimadzu GC-2010 Plus, con auto inyector Split (1:100). Se utilizó una columna capilar CP-Sil 88 Supelco (SPTM<sup>2560</sup>, Fused Silica, Cat. No. 24056) de 100 m x 0,25 mm (di) x 0,20 µm de espesor de película, usando un programa de gradiente de temperatura. Se empleó el nitrógeno como gas acarreador. Las temperaturas del inyector y detector fueron de 250 y 270 °C, respectivamente. La temperatura inicial del horno fue de 140 °C; se mantuvo durante cinco minutos y se incrementó a 5 °C/minuto hasta 195 °C; luego se mantuvo durante 1

minuto y se incrementó a 6 °C/minuto hasta llegar a 220 °C y permaneció durante 20 minutos; posteriormente se elevó a 5 °C/minuto hasta 240 °C y permaneció durante 5 minutos. El tiempo de corrida fue de 50,17 minutos.

Para determinar el factor de respuesta de los ácidos grasos individuales se empleó grasa de mantequilla, previamente validada con un material de referencia (CRM 164; European Community Bureau of Reference, Bruselas, Bélgica). También se utilizó un estándar de 37 componentes para la identificación de los ácidos grasos (SUPELCO®).

Los isómeros del ALC se analizaron en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC), Hitachi modelo Elite La Chrom, detector de UV/Vis, a una longitud de onda de 233 nm y se empleó el software EZChrom Elite-Enterprise para la integración de los cromatogramas. Se utilizó una columna de acero inoxidable con 4,6 mm de diámetro interno x 250 mm de longitud y tamaño de partícula de 5 µm (ChromoSpher 5 lipid column, Varian Chrompack). La fase móvil para la separación de los isómeros del ALC fue acetonitrilo al 0,1 % en hexano; se operó isocráticamente a un flujo de 1 mL/min. El volumen de inyección fue de 30 µL.

Para la identificación de los diferentes isómeros se empleó una mezcla de ésteres metilados del ALC (cis-9, trans-11, trans-9, cis-11; trans-10, cis-12; cis-10, cis-12; trans-9, trans-11 y en pequeñas cantidades otros isómeros cis y trans C18:2) (ésteres metílico de ácido linoleico conjugado) (Sigma), que se inyectó con el material de referencia para comparar el orden de elución de los isómeros con la literatura existente (16). Las cantidades de los otros isómeros del ALC se calcularon a partir de las áreas relativas al área del isómero principal, cis-9-trans-11 (17). Los resultados se expresaron en miligramos por gramo de grasa.

Análisis estadístico: para el análisis de los resultados se empleó la estadística simple de posición (Media) y de dispersión (desviación estándar). Posteriormente, se realizó un análisis de varianza bifactorial ( $p \leq 0,05$ ) y, al no existir interacción UP-época del año, se realizó un análisis de varianza simple para estudiar las variaciones entre las UP y la época del año: lluvia

(mayo-octubre) y seca (noviembre-abril) sobre la composición química y el perfil de los ácidos grasos. Se utilizó la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para interpretar diferencias significativas entre los valores medios. Para los análisis estadísticos se empleó el paquete SPSS versión 21.0 (18).

El modelo lineal propuesto fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + S_j + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  - valor de la composición química de la leche y concentración de los AG en la unidad  $i$ , época  $j$

$\mu$  - media

$F_i$  - variación por el origen (unidades productoras)

$S_j$  - variación fijada por la época

$e_{ij}$  - error aleatorio

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad de la leche depende, en gran medida, de su composición química (proteína, grasa y sólidos totales) y de factores como la raza, el sistema de alimentación, el periodo de lactancia, la época del año y el manejo del rebaño (19). En las Tablas 1 y 2 se resumen las características de las unidades objeto de estudio antes mencionadas. La composición de los alimentos en los sistemas intensivos depende de las fuentes de suministro de los concentrados y el tipo de forraje empleado. En un estudio en cabras sobre la lactación en Querétaro, bajo un sistema de producción intensivo, se encontraron valores de proteína y grasa en la dieta de  $19,5 \pm 0,5$  y  $4,8 \pm 0,9$  g  $100g^{-1}$ , respectivamente (4); en el presente estudio el valor promedio de las cuatro unidades fue inferior para ambos componentes ( $18,44 \pm 0,78$  y  $3,37 \pm 0,55$  g  $100g^{-1}$ , respectivamente). Las diferencias encontradas se deben al tipo de concentrado empleado en los dos estudios y, en general, por la cantidad de alimento administrado en ambas dietas. En el presente estudio, el análisis de perfil de ácidos grasos en la alimentación de los animales resulta importante para conocer cómo puede influir esto en un mayor contenido de compuesto saludable en la leche, como es el caso del ácido linoleico conjugado.

Se observa en la Tabla 2 que la UP2 presentó menores contenidos de proteína, grasa, ceniza y ELN, con relación al resto de las unidades, y

**TABLA 2.** Composición química de las dietas (g100 g-1 MS) de cabras en lactación de Apaseo el Grande, Guanajuato, México. / *Chemical composition of the diet (g100 g-1 MS) of lactating goats from Apaseo el Grande, Guanajuato, Mexico*

Composición química de la dieta % MS	UP1	UP2	UP3	UP4
Proteína cruda, % MS	18,30 ± 1,90	17,40 ± 2,30	19,16 ± 1,90	18,90 ± 1,80
Grasa, % MS	3,30 ± 1,20	3,20 ± 1,30	3,50 ± 1,20	3,50 ± 1,20
Cenizas, % MS	9,40 ± 1,60	8,00 ± 1,30	8,90 ± 1,20	8,80 ± 1,70
Fibra Cruda %MS	18,20 ± 4,00	18,80 ± 2,50	18,10 ± 2,80	18,50 ± 2,90
Extracto de Nitrógeno libre	50,70 ± 2,20	47,40 ± 1,90	49,70 ± 1,80	52,70 ± 1,90
Ácidos grasos de la dieta g/d				
C16:0	13,90±0,20	12,10±0,70	14,80±1,30	15,20±1,10
C18:0	2,80±0,10	2,50±0,10	2,90±0,10	3,00±0,30
C18:1n-9 cis	12,10±0,60	10,30±0,80	12,90±0,80	13,20±0,90
C18: 2n-6 cis	31,70±2,20	24,20±2,50	30,50±2,30	31,40±2,60
αC18:3n-3	9,50±1,00	8,80±0,60	10,10±0,90	10,40±0,90

puede deberse a que no se emplea ensilaje de maíz durante la alimentación de las cabras (Tabla 1).

### Composición química de la leche de cabra

En la Tabla 3 se aprecian los valores medios, la desviación estándar y los promedios de los componentes químicos de leche de cabra de las cuatro unidades. En relación con la composición de la grasa, se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre la UP2 con las otras UP. Los valores de las UP1, 3 y 4, corresponden a lo reportado para la raza Saanen, predominante en las UP, de 3,2 g 100 g<sup>-1</sup> (5,20,21). En las tres unidades el contenido de grasa fue superior a lo indicado por la Norma Oficial Mexicana (22) de 3 g 100 g<sup>-1</sup>, pero no la UP2 con un valor menor del requerido de 2,8 g 100 g<sup>-1</sup>. Este valor de la UP2 puede deberse a la dieta al no adicionar ensilados, ya que puede provocar cambios en la fermentación ruminal y modificar el perfil de ácidos grasos al producir menor concentración de

ácido acético, con respecto al resto de las UP; este es el único precursor de grasa en leche y, con ello, la síntesis de distintos ácidos grasos (23). Los valores de grasa en leche de cabra varían entre 3,0 y 4,5 g 100g<sup>-1</sup>, y los factores que afectan el contenido de la misma se relacionan con el sistema de manejo (24), la alimentación, la etapa de lactación, el tamaño de la camada y la época del año (25).

El valor promedio de la proteína de la leche proveniente de las unidades estudiadas fue de 2,8±0,14 g 100 g<sup>-1</sup>; este se encuentra en el orden de lo establecido por la norma mexicana (22) y mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las unidades: la UP2 presentó el menor valor con respecto al resto. El contenido de proteína en las UP fue inferior a lo encontrado en leche de cabra de otros biotipos regionales (21,23,24). El valor de proteína encontrado en este estudio en la leche puede deberse a una menor síntesis de proteína microbiana proveniente de un desbalance de

**TABLA 3.** Composición química de la leche de cabra (%) de Apaseo el Grande, Guanajuato, México. / *Chemical composition of goat milk (%) from Apaseo el Grande, Guanajuato, Mexico*

Componente	Unidades de Producción			
	UP1	UP2	UP3	UP4
Rendimiento de leche (kg/d)	4,60±0,20 <sup>a</sup>	4,40±0,15 <sup>b</sup>	4,60±0,30 <sup>a</sup>	4,30±0,14 <sup>b</sup>
Grasa (%)	3,10± 0,30 <sup>a</sup>	2,80 ± 0,30 <sup>b</sup>	3,30 ± 0,30 <sup>a</sup>	3,20 ± 0,30 <sup>a</sup>
Proteína (%)	2,80 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,60 ± 0,20 <sup>b</sup>	2,90 ± 0,20 <sup>a</sup>	2,90 ± 0,20 <sup>a</sup>
Lactosa (%)	4,50± 0,15 <sup>a</sup>	4,20± 0,20 <sup>b</sup>	4,50± 0,20 <sup>a</sup>	4,60± 0,10 <sup>a</sup>
Sólidos totales (%)	11,10 ± 0,50 <sup>a</sup>	10,3 0± 0,60 <sup>b</sup>	11,30 ± 1,00 <sup>a</sup>	11,50 ± 0,50 <sup>a</sup>
Sólidos no grasos (%)	8,00± 0,20 <sup>a</sup>	7,50± 0,30 <sup>b</sup>	8,00± 0,40 <sup>a</sup>	8,20± 0,30 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

energía/proteína en la dieta, al tener menor contenido de proteína cruda y ELN la UP2 con respecto al resto; un estudio similar en cabras estabuladas mostró resultados similares a los encontrados en el presente trabajo (4). Por otra parte, el porcentaje de proteína en la leche depende en 40 % de lo aportado por la dieta, aspecto que fue deficitario durante la alimentación de la misma (26).

Los resultados del contenido de lactosa muestran un valor promedio en las cuatro unidades de  $4,45 \pm 0,17$  g  $100$  g<sup>-1</sup>, similares a los obtenidos por otros autores con diferentes sistemas de manejo (4,01-4,95) (5,24,27,28). No se encontraron diferencias en relación a las unidades estudiadas; sin embargo, la UP2 presentó la menor concentración de lactosa y la menor producción de leche por lactancia (Tabla 1), lo que corrobora que este indicador se correlaciona con la producción láctea y no por el efecto directo de la dieta (29).

Los valores promedio de ST y SNG de las cuatro UP fueron de  $11,05 \pm 0,52$  y  $7,92 \pm 0,30$  respectivamente, inferior a lo encontrado por otros autores (24,27,29); no obstante, un estudio en la raza Saneen en el Altiplano Mexicano mostró un valor similar al obtenido en este estudio, no así el valor SNG, que fue de  $8,17$  g.  $100$ g<sup>-1</sup> (5). Al igual que los indicadores de grasa y proteína, se considera que la causa está relacionada, fundamentalmente, con la alimentación. Otros factores pueden ser el número de partos, que oscila entre 1-7, y la variabilidad genética si se tiene en cuenta que se trabajó con un grupo de muestras colectadas después del ordeño. Todo lo anterior puede alterar la calidad de la leche (30).

En las cuatro unidades, al estar en la misma región y a una distancia de 5 km entre ellas, el comportamiento climático es similar para las mismas; aspecto que se demostró cuando se realizó un análisis de varianza bifactorial, al no existir una interacción significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre la época del año y la unidad; por tanto, se analizó el comportamiento de las unidades como una sola con relación a las épocas. En la Tabla 4 se muestran los valores de la composición química de la leche de las dos épocas del año. En la de lluvia se observó un incremento de estos, debido a que existe una mejor calidad de los alimentos y una mayor disponibilidad de los mismos en esta época del año. Estos resultados coinciden con los informados en otros estudios que abordan las diferencias de composición de la leche en las épocas de lluvia y seca (6,10).

En particular, en el contenido de la grasa se observó un comportamiento similar, pero diferente a lo informado en un trabajo realizado en México, donde no se mostró un cambio significativo ( $p < 0,05$ ) en el contenido de grasa en leche de cabra por la época del año (5). Sin embargo, en la región de Mossoro, Brasil, se reporta un incremento del porcentaje de grasa en leche de cabra en la época de lluvia (31). Estos resultados pueden estar relacionados con la variabilidad climática, debido al incremento de las precipitaciones en estas regiones que favorece la biomasa del forraje, y a la diversidad de plantas a diferentes altitudes (32,33).

El contenido de proteína también mostró un comportamiento similar al de grasa, superior en época de lluvia, lo que coincide con lo descrito por otros autores (5,10). En este estudio, el valor encontrado en la época de seca no cumple con lo

**TABLA 4.** Valores en diferentes épocas del año de la composición química de la leche de cabra (%) de Apaseo el Grande, Guanajuato, México. / *Values at different year seasons of the chemical composition of goat milk (%) from Apaseo el Grande, Guanajuato, Mexico.*

g/100g	Seca	Lluvia
Rendimiento de leche (kg/d)	$4,30 \pm 0,12^a$	$4,60 \pm 0,2^b$
Grasa (%)	$2,90 \pm 0,20^a$	$3,30 \pm 0,40^b$
Proteína (%)	$2,20 \pm 0,20^a$	$2,90 \pm 0,20^b$
Lactosa (%)	$4,40 \pm 0,20^a$	$4,50 \pm 0,30^a$
Sólidos totales (%)	$10,80 \pm 0,60^a$	$11,20 \pm 0,80^b$
Sólidos no grasos (%)	$7,80 \pm 0,40^a$	$8,00 \pm 0,40^b$

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

establecido en la norma mexicana. Esto se debe, en gran medida, a que la disponibilidad de forraje fresco se ve muy afectada, ya que la cantidad de lluvia no sobrepasa los 10 mm promedio. Lo anterior corrobora lo planteado por Park *et al.* (34), quienes atribuyen que la variación en el contenido de proteína se debe más a las variables ambientales que a la etapa de lactación.

### Composición de los ácidos grasos en la leche de cabra

Se ha informado el papel de los ácidos grasos de la leche en la salud humana, donde están presentes los ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) (35). Estos últimos se clasifican en monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI), aportan los mayores beneficios a la salud humana, con énfasis en el ácido linoleico conjugado (ALC). En la [Tabla 5](#) se muestra el perfil de los ácidos grasos de la leche en las UP.

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en los ácidos grasos de cadena corta (C4:0 a C8:0) entre las unidades, lo que indica que la alimentación no influye en estos compuestos, debido a que los producen en la síntesis *de novo* en la glándula mamaria, por medio de las enzimas acetil-CoA carboxilasa y ácido graso sintetasa (36). La sumatoria de los AGS oscilaron entre 76,6 y 78,35 g 100 g<sup>-1</sup> y no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las cuatro UP. Estos resultados fueron superiores a lo encontrado por Tudisco *et al.* (37), que fue de 61 g 100 g<sup>-1</sup>, y Toyés *et al.* (6), de 65-70 g 100 g<sup>-1</sup>, y cercanos a los de Tsiplakou *et al.* (38) de 73,8 g 100 g<sup>-1</sup>.

Los ácidos grasos de cadena larga (AGCL) provienen de los forrajes, cereales y semillas oleaginosas; contienen, principalmente, AGMI (C18:1n9c) y AGPI (C18:2n-6c y C18:3n3). En la sumatoria de los AGMI de las UP no se observó diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) y sus valores oscilaron entre 17,76 y 19,65 g 100 g<sup>-1</sup>, similares a los reportados por Toyés *et al.* (2014), de 19,1 g 100 g<sup>-1</sup>, en un sistema de producción semiintensiva (6), donde el C18:1n9c se sintetiza a partir de la biohidrogenación en el rumen de los AGI y de la desaturación del ácido esteárico (C18:0) en la glándula mamaria; fue mayoritario en todas las UP.

Por otra parte, la sumatoria de los AGPI presentó diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre la UP1 y UP2, donde el C18:2n-6cis y el ALC presentaron los mayores valores. El porcentaje del ALC en la grasa de la leche está ligado con el contenido de los AGPI (linoleico y linoléico) del forraje (39), alcanza el mayor valor en la UP 1 con 0,41 g 100 g<sup>-1</sup>, similar a lo informado por Shi *et al.* (40). La presencia de estos compuestos, benéficos para la salud, puede estar relacionada con el sistema de manejo y alimentación que se elabora en cada unidad, aspecto que ha sido informado cuando se incluyen diferentes composiciones de alimento en la dieta (41).

Un mayor contenido de los AGI se sintetiza en la glándula mamaria por la acción de la enzima  $\Delta$ -9 desaturasa (esteroil-CoA desaturasa), que actúa sobre los AGS como: el mirístico, palmítico y esteárico, para formar sus isómeros correspondientes y el ácido vacénico (C18:1, trans-11); este último precursor del ALC (1,42). La actividad de la enzima  $\Delta$ -9 desaturasa, la cual se encarga de mantener la fluidez de la membrana celular a partir de sus productos formados, se estimó a través del índice de desaturación (ID) con énfasis en el C14:1/(C14:0+C14:1), debido a que todo el ácido mirístico proviene de la síntesis *de novo* en la glándula mamaria y la única forma de obtener el C14:1 es teniendo al mirístico como sustrato (43).

El ID para C14:1 osciló entre 0,010-0,012 en las UP ([Tabla 6](#)); sin embargo, los estudios en leche de cabra de las regiones de Guerrero y Querétaro no informaron este valor. Con relación al ID C16:1 y C18:1, se encontraron diferencias; los valores en Querétaro (0,056 y 0,699) fueron similares al presente estudio, no así en Guerrero, donde el valor de C16:1 fue de 0,007 (4,7). Mientras el valor ID sea mayor, la biosíntesis de los AGI no está afectada y, por tanto, se obtiene una mayor concentración de AGI con un potencial beneficioso para la salud humana. La diferencia en los valores de índice de desaturación puede estar relacionada con el sistema de producción, el tipo de dieta y la época del año; es por ello que es muy variable entre un estudio y otro.

En el perfil de ácidos grasos en la leche de cabra, al igual que en el contenido de grasa y

**TABLA 5.** Composición de ácidos grasos (g 100 g<sup>-1</sup>) en leche de cabra de cuatro unidades productoras de Apaseo, el Grande, Guanajuato, México. / *Fatty acid composition (g 100 g<sup>-1</sup>) in goat milk from four producing units of Apaseo, el Grande, Guanajuato, Mexico*

Ácido graso	Unidades de Producción			
	UP1	UP2	UP3	UP4
C4:0	2,57±0,6 <sup>a</sup>	2,78±0,77 <sup>a</sup>	2,86±0,86 <sup>a</sup>	3,03±0,64 <sup>a</sup>
C6:0	2,97±0,50 <sup>a</sup>	2,99±0,84 <sup>a</sup>	2,93±0,67 <sup>a</sup>	2,92±0,51 <sup>a</sup>
C8:0	3,46±0,46 <sup>a</sup>	3,24±0,51 <sup>a</sup>	3,51±0,62 <sup>a</sup>	3,39±0,44 <sup>a</sup>
C10:0	11,61±0,89 <sup>a</sup>	12,98±1,64 <sup>b</sup>	12,3±1,86 <sup>ab</sup>	12,2±1,62 <sup>ab</sup>
C12:0	5,02±0,46 <sup>a</sup>	5,98±1,04 <sup>b</sup>	5,33±0,82 <sup>ab</sup>	5,50±0,74 <sup>ab</sup>
C14:0	12,22±0,65 <sup>a</sup>	13,02±1,43 <sup>b</sup>	12,21±0,9 <sup>a</sup>	12,16±1,23 <sup>a</sup>
C14:1	0,13±0,08 <sup>b</sup>	0,14±0,05 <sup>a</sup>	0,14±0,04 <sup>a</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>
C15:0	0,78±0,30 <sup>a</sup>	0,77±0,31 <sup>a</sup>	1,09±0,14 <sup>b</sup>	1,18±0,18 <sup>b</sup>
C16:0	28,801,27 <sup>a</sup>	27,14±1,42 <sup>b</sup>	30,02±1,68 <sup>a</sup>	29,90±2,06 <sup>a</sup>
C16:1	0,58±0,07 <sup>ab</sup>	0,54±0,07 <sup>a</sup>	0,59±0,08 <sup>ab</sup>	0,66±0,17 <sup>b</sup>
C17:0	0,56±0,06 <sup>a</sup>	0,55±0,08 <sup>a</sup>	0,57±0,09 <sup>a</sup>	0,71±0,16 <sup>b</sup>
C17:1	0,25±0,08 <sup>a</sup>	0,22±0,09 <sup>a</sup>	0,33±0,15 <sup>ab</sup>	0,39±0,15 <sup>b</sup>
C18:0	8,56±1,41 <sup>a</sup>	8,56±1,68 <sup>a</sup>	7,44±1,15 <sup>a</sup>	7,30±1,77 <sup>a</sup>
C18:1n-9trans	1,04±0,19 <sup>ab</sup>	0,75±0,22 <sup>a</sup>	0,90±0,39 <sup>ab</sup>	1,12±0,44 <sup>b</sup>
C18:1n-9cis	17,61±1,46 <sup>a</sup>	16,06±2,59 <sup>a</sup>	16,42±1,75 <sup>a</sup>	15,87±2,23 <sup>a</sup>
C18:2n-6trans	0,23±0,03 <sup>ab</sup>	0,19±0,04 <sup>b</sup>	0,23±0,06 <sup>ab</sup>	0,29±0,13 <sup>a</sup>
C18:2n-6cis	2,45±0,35 <sup>a</sup>	1,56±0,3 <sup>b</sup>	1,8±0,45 <sup>b</sup>	1,93±0,45 <sup>b</sup>
C18:3n-3	0,51±0,13 <sup>a</sup>	0,47±0,18 <sup>a</sup>	0,51±0,17 <sup>a</sup>	0,57±0,20 <sup>a</sup>
ALC	0,41±0,07 <sup>a</sup>	0,29±0,09 <sup>b</sup>	0,37±0,09 <sup>ab</sup>	0,35±0,09 <sup>ab</sup>
ΣAGS	76,6±1,88 <sup>a</sup>	78,23±2,69 <sup>a</sup>	78,26±2,6 <sup>a</sup>	78,35±2,84 <sup>a</sup>
ΣAGMI	19,65±1,56 <sup>a</sup>	17,76±2,83 <sup>a</sup>	18,51±1,92 <sup>a</sup>	18,29±2,48 <sup>a</sup>
ΣAGPI	3,60±0,51 <sup>a</sup>	2,51±0,80 <sup>b</sup>	2,99±0,71 <sup>ab</sup>	3,14±0,86 <sup>ab</sup>
Índice de desaturación				
C14:1/(C14:1+C14)	0,0105	0,0106	0,011	0,012
C16:1/(C16:1+C16)	0,019	0,019	0,019	0,022
C18:1/(cC18:1+C18)	0,673	0,652	0,688	0,685
ALC/(t C18:1+ALC)	0,283	0,279	0,291	0,238

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

ALC: Ácido linoleico conjugado, AGS: Ácidos grasos saturados, AGMI: Ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: Ácidos grasos poliinsaturado

proteína, se observaron cambios debido a la época del año (Tabla 6). En la sumatoria de los AGMI se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las épocas y fue mayor el valor en la de lluvia. En las regiones del centro y norte de México se han encontrado resultados similares, en particular en el ácido graso C18:1 cis-9 (5,6). En la época de lluvia los AGPI se incrementaron,

marcando una diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre las épocas del año. Esto puede explicarse por la dieta, ya que en los forrajes existe una mayor concentración de los AGPI, principalmente linolénico (C18:3n-3cis) en la época de lluvia (4,23).

**TABLA 6.** Valores de la composición de ácidos grasos (g 100 g<sup>-1</sup>) en leche de cabra de cuatro unidades productoras de Apaseo el Grande, Guanajuato, México, en diferentes épocas del año. / *Values in the year season of the milk fatty acid composition (g 100 g<sup>-1</sup>) in goat milk from four producing units of Apaseo el Grande, Guanajuato, Mexico, at different year seasons.*

Ácido graso	Época	
	Seca	Lluvia
C4:0	2,97±0,80 <sup>a</sup>	2,72±0,66 <sup>a</sup>
C6:0	2,96±0,71 <sup>a</sup>	2,95±0,60 <sup>a</sup>
C8:0	3,30±0,47 <sup>a</sup>	3,45±0,53 <sup>a</sup>
C10:0	12,72±1,61 <sup>a</sup>	12,0±1,53 <sup>a</sup>
C12:0	5,88±0,74 <sup>a</sup>	5,22±0,82 <sup>a</sup>
C14:0	12,53±0,86	12,33±1,26
C14:1	0,17±0,11 <sup>a</sup>	0,16±0,10 <sup>a</sup>
C15:0	0,97±0,34 <sup>a</sup>	0,94±0,28 <sup>a</sup>
C16:0	29,38±2,20 <sup>a</sup>	28,84±1,76 <sup>a</sup>
C16:1	0,61±0,10 <sup>a</sup>	0,58±0,10 <sup>a</sup>
C17:0	0,59±0,14 <sup>a</sup>	0,60±0,12 <sup>a</sup>
C17:1	0,29±0,12 <sup>a</sup>	0,29±0,15 <sup>a</sup>
C18:0	7,32±1,49 <sup>a</sup>	8,32±1,56 <sup>b</sup>
C18:1n-9trans	0,83±0,31 <sup>a</sup>	1,022±0,35 <sup>b</sup>
C18:1n-9cis	15,77±2,02 <sup>a</sup>	16,9±2,07 <sup>b</sup>
C18:2n-6trans	0,22±0,05 <sup>a</sup>	0,24±0,09 <sup>a</sup>
C18:2n-6cis	1,70±0,62 <sup>a</sup>	2,10±0,60 <sup>b</sup>
C18:3n-3	0,48±0,20 <sup>a</sup>	0,53±0,18 <sup>a</sup>
ALC	0,31±0,12 <sup>a</sup>	0,38±0,07 <sup>b</sup>
ΣAGS	78,60±2,10 <sup>a</sup>	77,4±2,73 <sup>a</sup>
ΣAGMI	17,80±2,20 <sup>a</sup>	19,02±2,26 <sup>b</sup>
ΣAGPI	2,70±0,90 <sup>a</sup>	3,30±0,79 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

ALC: Ácido linoleico conjugado, AGS: Ácidos grasos saturados, AGMI: Ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: Ácidos grasos poliinsaturado

### Isómeros del ácido linoleico conjugado

Los isómeros del ALC se caracterizan por la presencia en su cadena de 18 átomos de carbono, con dos dobles enlaces conjugados que pueden encontrarse en diferentes posiciones; los principales son el 7-9, 9-11, 10-12, 11-13 y 12-14 (trans-trans; cis-trans). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha informado sobre los efectos dañinos de los ácidos grasos trans-trans y

establece que su contenido no supere el 2 % de la ingesta total de la dieta diaria humana (44).

De las cuatro UP, el contenido de los diferentes isómeros de ALC se observa en la [Tabla 7](#). El mayor contenido corresponde al isómero C18:2 cis-9, trans-11, denominado ácido ruménico (AR). Este isómero representa, aproximadamente, el 90 % del ALC total. Se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre la UP1 y UP2, posiblemente debido a un

**TABLA 7.** Isómeros de ácido linoleico conjugado (ALC) ( $\text{mg g}^{-1}$ ) determinado por HPLC (ion1, plata) / *Isomers of conjugated linoleic acid (CLA) ( $\text{mg g}^{-1}$ ) determined by HPLC (silver ion)* 3,

Isómeros	Unidades de Producción			
	UP1	UP2	UP3	UP4
Tran-12, trans-14	0,042 <sup>a</sup>	0,023 <sup>ab</sup>	0,028 <sup>ab</sup>	0,020 <sup>b</sup>
Trans-11, trans-13	0,027 <sup>ab</sup>	0,044 <sup>b</sup>	0,021 <sup>ab</sup>	0,012 <sup>a</sup>
Trans-10, trans-12	0,045 <sup>a</sup>	0,053 <sup>a</sup>	0,045 <sup>a</sup>	0,027 <sup>a</sup>
Trans-9, trans-11	0,015 <sup>a</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,035 <sup>a</sup>	0,037 <sup>a</sup>
Tran- 8, trans-10	0,017 <sup>a</sup>	0,048 <sup>a</sup>	0,028 <sup>a</sup>	0,039 <sup>a</sup>
Trans-7, trans-9	0,008 <sup>a</sup>	0,025 <sup>a</sup>	0,037 <sup>a</sup>	0,053 <sup>a</sup>
$\Sigma$ Trans, trans	0,150 <sup>a</sup>	0,260 <sup>a</sup>	0,194 <sup>a</sup>	0,170 <sup>a</sup>
Trans-11, cis-13	0,021 <sup>a</sup>	0,023 <sup>ab</sup>	0,028 <sup>b</sup>	0,025 <sup>a</sup>
Cis-10, trans-12	0,200 <sup>a</sup>	0,180 <sup>a</sup>	0,160 <sup>a</sup>	0,120 <sup>b</sup>
Cis-9, trans-11	3,700 <sup>a</sup>	2,480 <sup>b</sup>	2,953 <sup>ab</sup>	3,070 <sup>ab</sup>
Cis-7, trans-9	0,260 <sup>a</sup>	0,202 <sup>a</sup>	0,164 <sup>a</sup>	0,133 <sup>a</sup>
$\Sigma$ Cis/trans	4,140 <sup>a</sup>	2,881 <sup>b</sup>	3,702 <sup>ab</sup>	3,301 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

menor contenido de fibra en la dieta. El AR ha sido considerado de interés por sus efectos benéficos a la salud, como la prevención de la arterosclerosis, anticancerígeno y en la respuesta inmune (2)

Los isómeros C18:2 trans-7, cis-9 y C18:2 trans-11, cis-13 representan, después del AR, los de mayor concentración en la grasa de la leche de cabra. Los isómeros C18:2 trans-11, cis-13 y C18:2 trans-11, trans-13 de origen bacteriano, se originan en el rumen a partir del ácido  $\alpha$ -linolénico proveniente de la dieta.

Entre los isómeros del ALC se encuentra el C18:2 trans-10, cis-12; se forma a partir del ácido linoleico en el rumen y representa menos de 4 % del ALC total. Se ha informado que este isómero tiene efectos negativos sobre la salud, ya que está relacionado con enfermedades cardiovasculares (42).

La sumatoria de los isómeros trans-trans presentaron diferencias entre las unidades, las UP

mostraron un porcentaje promedio de trans-trans/ALC de  $4,58 \pm 0,82$  y la UP2 presentó un porcentaje de 8,97 %. El más abundante de los isómeros fue el cis-9, trans-11, similar a lo encontrado por Luna *et al.* (17). Estos resultados permiten analizar el contenido total de los ácidos grasos trans en la leche y compararlos con el valor establecido por la EFSA (por sus siglas en inglés, European Food Safety Authority) en la ingesta total diaria humana (44).

En la Tabla 8 se muestra el comportamiento de los isómeros del ALC con relación a las épocas del año, donde los isómeros C18:2 cis-9, trans-11, C18:2 trans-7, cis-9 y  $\Sigma$ cis/trans del ALC presentaron diferencias significativas entre la época de seca y lluvia; en esta última fue mayor el contenido de los isómeros. Lo anterior se relaciona con el incremento de los AGPI en los forrajes en la época de lluvia.

**TABLA 8.** Valores de la composición de los isómeros del ácido linoleico conjugado (ALC) (mg g<sup>-1</sup>), según la época del año, determinado por HPLC (ion plata). / *Values of the composition of conjugated linoleic acid (CLA) isomers (mg g<sup>-1</sup> CLA) determined by HPLC (silver ion), according to the year seasons.*

Isómeros	Seca	Lluvia
Tran-12, trans-14	0,028 <sup>a</sup>	0,021 <sup>a</sup>
Trans-11, trans-13	0,021 <sup>a</sup>	0,029 <sup>a</sup>
Trans-10, trans-12	0,039 <sup>a</sup>	0,045 <sup>a</sup>
Trans-9, trans-11	0,025 <sup>a</sup>	0,045 <sup>a</sup>
Trans-8, trans-10	0,029 <sup>a</sup>	0,036 <sup>a</sup>
Trans-7, trans-9	0,030 <sup>a</sup>	0,031 <sup>a</sup>
Σ Trans, trans	0,172 <sup>a</sup>	0,207 <sup>a</sup>
Trans-11, cis-13	0,023 <sup>a</sup>	0,025 <sup>a</sup>
Cis-10, trans-12	0,180 <sup>a</sup>	0,160 <sup>a</sup>
Cis-9, trans-11	2,557 <sup>a</sup>	3,330 <sup>b</sup>
Cis-7, trans-9	0,120 <sup>a</sup>	0,227 <sup>b</sup>
Σ Cis/trans	2,958 <sup>a</sup>	3,810 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

## CONCLUSIÓN

Se establecen la composición química de la leche y el perfil de ácidos grasos en leche de cabra en Guanajuato, México, donde la alimentación y la época del año influyeron en el contenido de la misma. El ALC mostró valores entre 0,29 y 0,41 g 100 g<sup>-1</sup> y la presencia de ácidos grasos trans-trans en la leche de cabra no constituye una problemática para la salud pública.

Esta investigación puede constituir una base para el desarrollo de nuevos estudios sobre la modificación de la dieta, con el fin de incrementar los AGPI con énfasis en el ALC.

## REFERENCIAS

- Chilliard Y, Glasser F, Ferlay A, Bernard L, Rouel J, Doreau M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2007;109(8):828-855.
- Albenzio M, Santillo A, Caroprese M, Polito AN. Capitulo 34 Role of Milk From Small Ruminant Species on Human Health. En: *Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease: Edited by: Ronald Ross Watson, Robert J. Collier and Victor R. Preedy.* ISBN: 978-0-12-809762-5 Elsevier; 2018. pp. 435-440.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).. Estadística básica. Avance mensual. Avance por producto. Leche de caprino. 2017 [citado el 12 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Pecuario1.htm>.
- Cuchillo M, Puga CD, Wrage N. Feeding goats on scrubby Mexican rangeland and pasteurization: influences on milk and artisan cheese quality. *Trop Anim Health and Prod.* 2010;42(6):1127-1134.
- Vega y León S, Gutiérrez R, Ramírez A, González M, Díaz-González G, Salas J., et al. Características físicas y químicas de leche de cabra de razas Alpino francesa y Saanen en épocas de lluvia y seca. *Rev Salud Anim.* 2007;29(3):160-166.
- Toyes EAV, Garcia HG, Matson MVC, Perez RO, Villavicencio JLE, Espinosa AP, et al. Milk fatty acid composition from goats in a semiintensive production system in an arid region of the peninsula of Baja California,

- Mexico. Turk J Vet Anim Sci. 2014;38(3):312-317.
7. Lorenzana A, Moreno A, Tolentino RG, Gochi LC, Rojero RDM, Pineda FAC, et al. Efecto de la alimentación con *Pithecellobium dulce* en el perfil de ácidos grasos de la leche de cabras criollas. *Interciencia*. 2016;41(4):248.
  8. Hagos A, Gizaw S, Urge M. Milk production performance of Begait goat under semi intensive and extensive management in Western Tigray, North Ethiopia. *Livest Res Rural Development*. 2018; 29(12):240.
  9. Frelich J, Šlachta M, Hanuš O, Špička J, Samková E, Węglarz A, et al. Seasonal variation in fatty acid composition of cow milk in relation to the feeding system. *Anim Sci P*. 2012;30(3):219-229.
  10. Martínez-Alvarez M, Ribot-Enríquez A, Martínez-Vasallo A, Capdevila-Varela J, Hernández-Rodríguez R. Influencia de la época del año sobre la calidad físico-química de la leche en una provincia de la región occidental de Cuba. *Rev Salud Anim*. 2017;39(3):1-5.
  11. IDF/FIL. Métodos Estándares Para la Toma de Muestras de Leche y Productos Lácteos. International DairyFederation/Federación Internacional de Lechería (IDF/FIL). FIL-IDF 50 B, Belgium. 1995.
  12. NMX-F-718-COFOCALEC-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.
  13. AOAC. Official Methods Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. En cap.4 Animal feed (Cenizas:942.05; Humedad: 930.15; Proteína: 984.13; grasa 920.39) 18 th Edition 2005 (2010). pp. 24-44.
  14. ISO. ISO-8196-2. Milk. Definition and evaluation of the overall accuracy of alternative methods of milk analysis. Pt. 1: Analytical attributes of indirect methods.- pt. 2: Calibration and quality control in the dairy laboratory. 2009.
  15. ISO-IDF. ISO 15884 / IDF 182: ISO TC 34/ SC5. Milk fat. Preparation of fatty acid methyl esters. 2002.
  16. Adlof RO. Application of silver-ion chromatography to the separation of conjugated linoleic acid isomers. 2003. pp. 37-56: In *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Vol. 2. Sébédio J L, Christie WW, Adlof R, ed. AOCS Press, Champaign, IL.
  17. Luna P, Bach A, Juárez M, De La Fuente MA. Effect of a diet enriched in whole linseed and sunflower oil on goat milk fatty acid composition and conjugated linoleic acid isomer profile. *J Dairy Sci*. 2008;91(1):20-28.
  18. IBM SPSS. Statistical package for the social sciences. Version 21. Release 7.5 for the windows USA (Chicago) SPSS, Inc. 2012.
  19. Pinto M, Carrasco E, Fraser B. Composición química de la leche cruda y sus variaciones a nivel de silos en plantas lecheras de la VIII, IX y X regiones de Chile. Parte I. Macrocomponentes. *Agro Sur*. 1998; 26(2):97-109.
  20. Carrillo MG, Pérez LS, Rivera JRE, Rangel PP, Romero J. Producción y calidad físicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agron Mesoam*. 2013; 24(1):169-176.
  21. De Pellegrini LG, Cassanego DB, Gusso AP, Mattanna P, Silva SV. Características físico-químicas de leite bovino, caprino e ovino. *Synergismus scyentifica UTFPR*. 2012;7 (1):1-3.
  22. NMX-F-728-COFOCALEC-2007. Sistema producto leche-alimentos-lácteos-leche cruda de cabra-especificaciones físicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. Norma Mexicana.
  23. Sampelayo MS, Chilliard Y, Schmidely P, Boza J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rumin Res*. 2007;68(1):42-63.
  24. Salinas-González H, Maldonado JA, Torres-Hernández G, Triana-Gutiérrez M, Isidro-Requejo LM, Meda-Alducin P. Compositional quality of local goat milk in the Comarca Lagunera of Mexico. *Rev Chapingo Serie Zonas Áridas*. 2015;14(2): 175-184.

25. Ibelbachyr M, Boujenane I, Chikhi A, Noutfia Y. Effect of some non-genetic factors on milk yield and composition of Draa indigenous goats under an intensive system of three kiddings in 2 years. *Trop Anim Health and Prod.* 2015;47(4):727-33.
26. Relling A, Mattioli G. Fisiología digestiva y metabolismo de los rumiantes. *Fac Cs Veterinarias UNLP Universidad Nacional La Plata ED EDULP Argentina.* 2002:34-38.
27. Abbas HM, Hassan FA, El-Gawad M, Enab A. Physicochemical characteristics of goat's milk. *Life Sci J.* 2014;11(1):307-317.
28. Popović-Vranješ A, Jovanović S, Savić M, Krajinović M, Kasalica A, Miočinović D, et al. The quality influence of goat milk and technology of production on the characteristic of the goat milk cheese of the Camembert type. *Acta Vet.* 2008;58(5-6):521-529.
29. Bedoya-Mejía O, Noguera RR, Posada SL. Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. In: Giraldo LFG, editor. *Desarrollo y transversalidad.* 2012; pp 93-105.
30. Lôbo A, Lôbo R, Facó O, Souza V, Alves A, Costa A, et al. Characterization of milk production and composition of four exotic goat breeds in Brazil. *Small Rumin Res.* 2017;153:9-16.
31. Pinheiro JG, Aroucha EMM, Abrantes MR, Figueredo Jpd, Góis VAd, Silva JBAd. Physico-chemical characteristics of goat milk in the dry and rainy season in the microregion of Mossoro-RN. *Acta Vet Bras.* 2014:192-200.
32. Bravo-Lamas L, Aldai N, Kramer JK, Barron LJR. Case study using commercial dairy sheep flocks: Comparison of the fat nutritional quality of milk produced in mountain and valley farms. *LWT-Food SciTechnol.* 2018;89:374-380.
33. Collomb M, Bütikofer U, Sieber R, Jeangros B, Bosset JO. Correlation between fatty acids in cows' milk fat produced in the Lowlands, Mountains and Highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int Dairy J.* 2002;12(8):661-666.
34. Park YW, Juarez M, Ramos M, Haenlein GFW. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin Res.* 2007;68:88-113.
35. Fontecha J, Juárez M. Recent advances in dairy ingredients and cardiovascular diseases with special reference to milk fat components. *Dairy in Human Health and Disease Across the Lifespan: Elsevier;* 2017. pp. 251-261.
36. Martínez Marín AL, Pérez Hernández M, Alba P, Luis M, Carrión Pardo D, Gómez Castro G, et al. Efecto de los aceites y semillas en dietas para rumiantes sobre el perfil de ácidos grasos de la leche. Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2013;4(3):319-338.
37. Tudisco R, Grossi M, Addi L, Musco N, Cutrignelli MI, Calabrò S, et al. Fatty acid profile and CLA content of goat milk: Influence of feeding system. *J Food Res.* 2014;3(4):93-100.
38. Tsiplakou E, Mountzouris KC, Zervas G. Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livest Sci* 2010;103:74-84.
39. Morand-Fehr P, Fedele V, Decandia M, Le Frileux Y. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rumin Res.* 2007;68(1):20-34.
40. Shi H, Luo J, Zhang W, Sheng H. Using safflower supplementation to improve the fatty acid profile in milk of dairy goat. *Small Rumin Res.* 2015;127:68-73.
41. Torii MS, Damasceno JC, Ribeiro LR, Sakaguti ES, Santos FT, Matsushita M, et al. Physicochemical characteristics and fatty acid composition in dairy goat milk in response to roughage diet. *Brazil Arch. Biol. Technol.* 2004; 47:187-195.
42. Manso T, Gallardo B, Guerra-Rivas C. Modifying milk and meat fat quality through feed changes. *Small Rumin. Res.* 2016;142:31-37.
43. Martinez-Borraz A, Moya-Camarena S, González-Ríos H, Hernandez J, Pinelli-Saavedra A. Conjugated linoleic acid (CLA) content in milk from confined Holstein cows during summer months in northwestern Mexico. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2010;1(3):221-235.

44. Léger CL, Razanamahefa L, Margaritis I. Health risks and benefits of trans fatty acids including conjugated fatty acids in food- Synopsis of the AFSSA report and recommendations. *Eur J Lipid Sci Tech.* 2007;109(9):887-890.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.