










# Ácidos grasos y ácido linoleico conjugado en leche orgánica producida en el sureste de México

Rey Gutiérrez T<sup>1\*</sup> ; Salvador Vega y L<sup>2</sup> ; Beatriz Schettino B<sup>1</sup> ; José Jesús Pérez G<sup>1</sup> ;  
Jorge Luis Ruíz Rojas<sup>3</sup> ; Claudia Cecilia Radilla Vázquez<sup>4</sup> ; Rubén Del Muro Delgado<sup>5</sup> .

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Coyoacán, CDMX, México.

<sup>2</sup>Consultor independiente.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Chiapas, México.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Atención a la Salud. Coyoacán, CDMX, México.

<sup>5</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Sistemas Biológicos. Coyoacán, CDMX, México.

\*Correspondencia: [reygut@correo.xoc.uam.mx](mailto:reygut@correo.xoc.uam.mx)

Recibido: Octubre 2021; Aceptado: Diciembre 2021; Publicado: Mayo 2022.

## RESUMEN

**Objetivo.** Determinar el perfil de ácidos grasos (AG), ácido linoleico conjugado (ALC) e isómeros en leche de vaca producida en condiciones orgánicas en el sureste de México. **Materiales y métodos.** Durante un año se colectaron 48 muestras de leche, proveniente de tres unidades de producción (UP 1, 2 y 3) y tanque colector (TC) del municipio de Tecpatán, Chiapas (12 meses x 4 = 48), siguiendo las pautas establecidas en normatividad mexicana. La grasa se extrajo con solución detergente; el análisis de AG se realizó por cromatografía de gases con detector de ionización de flama y el ALC e isómeros se obtuvieron mediante cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) con detector UV-Vis. **Resultados.** Los análisis cromatográficos identificaron y cuantificaron 23 AG en todas las leches, desde el C4 hasta el C20:1. El análisis estadístico (ANOVA, Tukey) arrojó significancia ( $p < 0.05$ ) en C4-C10, C16, C18, C18:1n9t, C18:2n6 y C20; en todos los casos el TC fue similar en al menos dos UP. Los valores medios a través del tiempo exhibieron comportamiento con regularidad homogénea. Asimismo, se determinaron el ALC y 9 de sus isómeros; el ANOVA no arrojó significancia. El isómero C18:2 9c-11t tuvo el mayor porcentaje del ALC total con un valor medio de 90.06%. **Conclusiones.** Los análisis de cromatografía de gases y de líquidos permitieron caracterizar los perfiles de AG, ALC e isómeros en leche orgánica que se produce en el sureste mexicano, que hasta el momento no se habían estudiado.

**Palabras clave:** Cromatografía de gases; cromatografía líquida de alta resolución; grasa de la leche; lípidos; vacas (*Fuente: CAB Thesaurus*).

### Como citar (Vancouver).

Gutiérrez TR, Vega y LS, Schettino BB, Pérez GJJ, Ruíz RJL, Radilla VCC, Del Muro DR. Ácidos grasos y ácido linoleico conjugado en leche orgánica producida en el sureste de México. Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(2):e2541. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2541>



©El (los) autor (es) 2022. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

## ABSTRACT

**Objective.** To determine the fatty acid (FA) profile, conjugated linoleic acid (CLA) and isomers in cow's milk produced under organic conditions in southeastern Mexico. **Materials and methods.** Forty-eight milk samples were collected during one year from three production units (PU 1, 2 and 3) and a collecting tank (CT) in the municipality of Tecpatán, Chiapas (12 months x 4 = 48), following the guidelines established in Mexican regulations. Fat was extracted with detergent solution; AG analysis was performed by gas chromatography with flame ionization detector and ALC and isomers were obtained by high performance liquid chromatography (HPLC) with UV-Vis detector. **Results.** Chromatographic analyses identified and quantified 23 FA in all milks, from C4 to C20:1. Statistical analysis (ANOVA, Tukey) showed significance ( $p < 0.05$ ) at C4-C10, C16, C18, C18:1n9t, C18:2n6 and C20; in all cases the TC was similar in at least two PU. The mean values over time exhibited homogeneous regularity behavior. CLA and 9 of its isomers were also determined; ANOVA did not show significance. The isomer C18:2 9c-11t had the highest percentage of total CLA with a mean value of 90.06%. **Conclusions.** Gas and liquid chromatographic analyses allowed characterization of FA, CLA and isomers profiles in organic milk produced in southeastern Mexico, which had not been studied so far.

**Keywords:** Gas chromatography; high performance liquid chromatography; milk fat; lipids; cows (*Source: CAB Thesaurus*).

## INTRODUCCIÓN

La producción de leche en el mundo se encuentra en constante aumento, basta con observar los valores de producción de 794, 802, 814, 855, 880 y 893 miles de millones de litros obtenidos durante los años 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente (1). De acuerdo a datos de FAOSTAT, México, en 2018 ocupó el octavo lugar en producción de leche a nivel mundial con 12 mil millones de litros y se estimó que lo fue también en 2019 con 12.2 mil millones de litros; la Unión Europea obtuvo el primer lugar (156.2 mil millones) seguido de Estados Unidos (99 mil millones) y la India (89 mil millones de litros); el cuarto lugar lo ocupó Brasil (34.9 mil millones de litros); el quinto, sexto y séptimo China, Rusia y Nueva Zelanda con 31.1, 30.3, 21.4 mil millones de litros respectivamente. El total de leche producida se divide en leche de vaca (81.7%), búfala (14.4%), cabra (2.4%), oveja (1.2%) y camella (0.3%) y del total de la leche de vaca, el 1.8% se obtiene en sistemas de producción orgánica (1). En el 2017 se estimó una producción mundial de leche orgánica de 7.1 mil millones de litros; Estados Unidos fue el país con mayor participación (16.4%), seguido de Alemania (13.2%), China (12.4%), Francia (9.0%), Austria (8.6%) y Dinamarca (7.8%). Sin embargo, la participación de cada uno de estos países con respecto a la producción total de leche de vaca es 1.2, 2.9, 2.2, 2.5, 16.5 y 9.7%, respectivamente (1), lo que hace evidente que Austria y Dinamarca son los países con mayor producción nacional de leche orgánica.

En 2008, México registró una superficie de 10728 hectáreas dedicadas a la producción pecuaria orgánica y de ellas 482 (4.9%) se dispusieron para producción de leche bovina (2). En 2019, la producción de leche orgánica se calculó en 22 millones de L, lo que significó aproximadamente 0.2% de la producción nacional. El estado de Chiapas registró el primer lugar en producción de leche orgánica y Tecpatán fue el municipio que aportó mayor número de litros (5000000 L al año) (3).

Dado el interés de la producción de leche orgánica en México y en el mundo, la presente investigación se enfoca en identificar los ácidos grasos y ácido linoleico conjugado en leche orgánica producida en el sureste de México. Lo anterior debido a que se ha documentado que la leche de vaca contiene del 2 al 5% de lípidos con 70% de ácidos grasos saturados y 30% de insaturados; y dentro de los ácidos grasos se encuentra el ácido linoleico conjugado, el cual ha despertado el interés de investigadores por sus propiedades potencialmente benéficas para una buena salud humana, como la prevención de aterosclerosis y cáncer (4).

Asimismo, se han publicado estudios del contenido de ácidos grasos, en leche convencional cruda de cabra del Estado de México y Guerrero y, en leche de vaca cruda y pasteurizada comercializada en supermercados de la Ciudad de México (5,6,7,8), sin embargo, en la búsqueda bibliográfica realizada para este trabajo no fueron identificadas publicaciones

del contenido de lípidos en leche orgánica en México y en particular no se registró algún estudio que describa el perfil de ácidos grasos y ALC en la leche orgánica de Chiapas. Por lo anterior e importancia del tema en el plano nacional e internacional, el objetivo de este trabajo fue establecer, durante un año, el perfil de ácidos grasos, ácido linoleico conjugado e isómeros en leche orgánica producida en Tecpatán, Chiapas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Origen de las muestras.** Se obtuvieron muestras de leche de ganado de raza criolla (cebu-pardo suizo) del municipio de Tecpatán, Chiapas. Este municipio tiene alrededor de 3500 vacas entre tres y siete años de edad, distribuidas en 80 ranchos que cumplen con las características de unidades de producción orgánica (UP). Las vacas reciben como suplemento sal mineral y son alimentadas en completo pastoreo, principalmente con pastos Insurgente (*B. brizantha*), Mombaza (*P. máximum*), Rajador (*L. divaricatum*), Cabezón (*P. virgatum* L.) y Mulato (*Bracharia híbrido 36087*). En todas las unidades de producción se ordeña a mano, una vez al día con becerro al pie, entre 5 y 6 a.m. y, el volumen de producción por animal es en promedio 4 litros.

Tecpatán se encuentra en la zona noroeste del estado de Chiapas, sus límites son al norte con el municipio de Ostucacán, al noreste con el municipio Francisco León, al este con los municipios Ocoatepec y Copainalá, al sur con los municipios Cintalapa y Ocozocuatla de Espinoza y al noroeste con el municipio de las Choapas del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (9). Ocupa 1.68% de la superficie del estado y cuenta con 37543 habitantes (Figura 1). El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (50.37%), cálido húmedo con lluvias todo el año (49.11%) y semicálido húmedo con lluvias todo el año (0.52%) (9).

**Obtención de muestras.** Las muestras de leche orgánica se obtuvieron durante un año (enero a diciembre de 2018), en intervalos de 30 días. Se colectó un L de leche, inmediatamente después de la ordeña, de tres UP de 80 que se encuentran en Tecpatán. Además, un L del tanque colector (TC) y de enfriamiento que se dispone para todos los productores de leche orgánica de Tecpatán, en total cuatro L por mes durante un año (48 muestras en total).

Las muestras se etiquetaron y conservaron en refrigeración hasta su análisis en laboratorio.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del Municipio de Tecpatán, Chiapas, México. Fuente: (10).

**Extracción de la grasa láctea.** La grasa láctea se extrajo mediante solución detergente para romper la emulsión de grasa y el extracto graso se filtró a través de sulfato de sodio anhidro (J.T. Baker, USA) para garantizar la ausencia de agua. La materia grasa obtenida se conservó en congelación ( $-4^{\circ}\text{C}$ ), para evitar la peroxidación, hasta su análisis.

**Análisis de ácidos grasos por cromatografía de gases con detector de ionización de flama.** La determinación de AG se realizó mediante sus ésteres metílicos, previamente derivatizados con hidróxido de potasio en metanol 2N (5) e inyectados, por duplicado, al cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama.

**Condiciones cromatográficas.** Se empleó un cromatógrafo de gases Shimadzu GC 2010 Plus (Japón) con columna capilar de sílica fundida de 100 m de longitud con 0.25 de diámetro interno y 0.2  $\mu\text{m}$  de espesor de capa (SP<sup>TM</sup> 2560, No. Cat. 24056, USA). Temperaturas: 140, 270 y 250 $^{\circ}\text{C}$  del horno, detector e inyector respectivamente. Rampa de temperaturas: T1=140 $^{\circ}\text{C}$  durante 5 min, con incremento de 5 $^{\circ}\text{C}$  x min hasta llegar a T2=195 $^{\circ}\text{C}$ , después de 1 min se incrementaron 6 $^{\circ}\text{C}$  x min hasta llegar a T3 = 220 $^{\circ}\text{C}$ , se mantuvo durante 20 min y después se incrementaron 5 $^{\circ}\text{C}$  x min

hasta llegar a  $T_4 = 24^{\circ}\text{C}$ , se mantuvo por 4 min. El tiempo total de corrida fue de 50.17 min. Se utilizó nitrógeno como gas de arrastre con presión de 32.5 psi con flujo de 10 mL/min; la inyección fue tipo split. La identificación y cuantificación de las señales cromatográficas (picos) se llevó a cabo por el método del estándar externo y mediante el software Shimadzu GC Solution Chromatography Data System Versión 2.4 (Japón). El estándar utilizado fue mezcla de 37 ácidos grasos (37 component FAME Mix analytical standard, Supelco No. Cat. 47885-U, USA). El volumen de inyección de la muestra y el estándar fue de 1  $\mu\text{L}$ .

**Análisis de ácido linoleico conjugado (ALC) e isómeros por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) con detector UV-Vis.** El análisis del ALC e isómeros fue similar a ácidos grasos: por derivatización a ésteres metílicos (5).

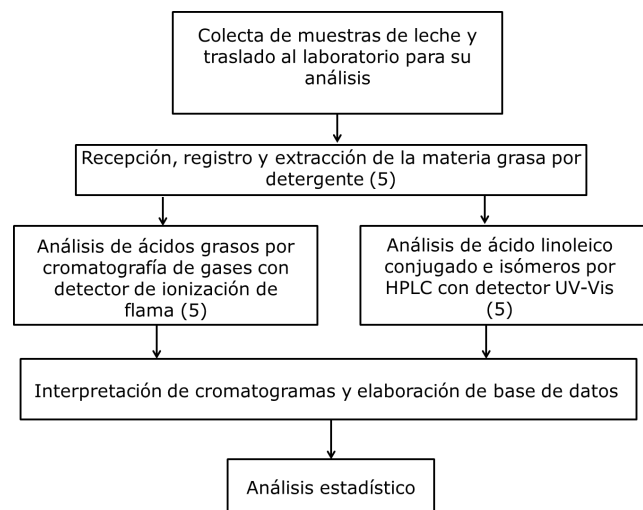
**Condiciones cromatográficas.** Se usó un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) Hitachi Elite La Chrom (Hitachi High Technologies Corporation, Japan), con detector UV-Vis a longitud de onda de 233 nm; con columna de acero inoxidable de 250 mm de longitud x 4.6 mm de diámetro interno y 5  $\mu\text{m}$  de tamaño de partícula (ChromoSpher 5 lipid column, USA). Para el registro e integración de las señales cromatográficas se utilizó el software EZChrom Elite-Enterprise (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA).

La columna se acondicionó con fase móvil hexano-acetonitrilo (99:1 v/v, J.T. Baker, USA) a flujo de 1 mL/min durante dos horas con agitación constante. La separación de los isómeros de ALC se llevó a cabo con fase móvil hexano-acetonitrilo (99.9:0.1 v/v), se operó de manera isocrática a flujo de 1 mL/min, se dejaron pasar 30 min entre inyección e inyección para estabilizar la línea base. El volumen de inyección fue de 30  $\mu\text{L}$  para cada muestra, con tiempo de corrida de 50 min. La identificación y cuantificación del ALC e isómeros se hizo mediante el método del estándar externo. El estándar utilizado fue Linoleic acid, conjugated methyl ester (Sigma No. Cat. 05632-250 mg, USA).

**Análisis estadístico.** Se empleó el programa estadístico IBM® SPSS® versión 24.0 para Windows (Armonk NY, USA). Los parámetros medidos fueron los ácidos grasos y el ácido linoleico conjugado.

El estudio fue descriptivo y longitudinal durante un año, con observación mensual. Con los valores conseguidos se construyó una base de datos sometida a análisis exploratorio para observar el comportamiento de distribución, y en su caso, valores atípicos. Se aplicaron pruebas estadísticas de agrupación e inferenciales para contrastar valores medios y encontrar similitudes en los niveles de ácidos grasos, ALC e isómeros en las leches analizadas provenientes de las tres unidades de producción (UP) y tanque colector (TC) (ANOVA, prueba de Tukey al 95% de confianza y coeficiente de correlación de Pearson). Para todos los análisis la significancia fue  $p < 0.05$ .

**Esquema general del trabajo.** En la figura 2 se presenta el esquema general del trabajo.



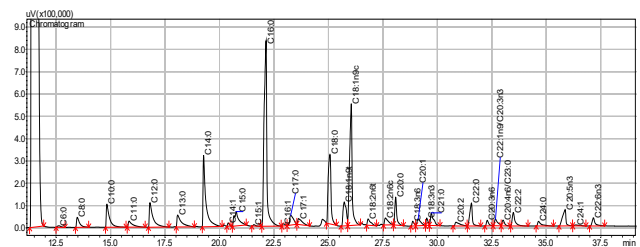
**Figura 2.** Esquema general del trabajo realizado.

## RESULTADOS

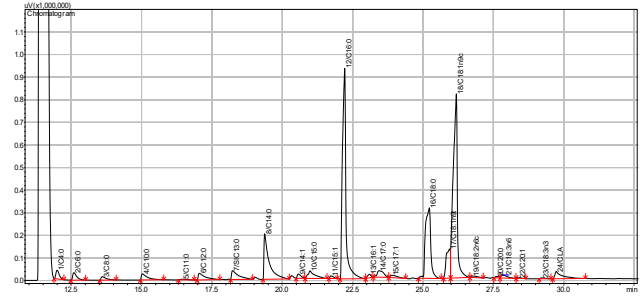
**Ácidos grasos.** En el análisis cromatográfico se observó la composición (% p/p), de ácidos grasos (AG), se identificaron los AG mayoritarios C14, C16, C18 y C18:1. También se detectaron los AG de cadena corta y larga, saturados e insaturados para establecer el perfil de AG en la grasa de leche (Figura 3).

En las 48 muestras de leche analizada se determinaron 23 AG, desde el butírico (C4) hasta el gadoleico (C20:1), pasando por los AG de cadena corta (C6, C8), media (C10, C12, C14), larga ( $\geq\text{C16}$ ), saturados e insaturados (Figura 4). En la tabla 1 se exhiben las medias, desviaciones estándar, mínimos y máximos de los AG encontrados en las leches

orgánicas de las tres UP y del TC. El ANOVA arrojó significancia ( $p < 0.05$ ) para C4, C6, C8, C10, C16, C18, C18:1n9t, C18:2n6 y C20; las comparaciones múltiples por diferencia máxima significativa de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) indicaron que la UP2 en C4, C6 y C8 presentó diferencias estadísticas significativas a las demás UP y al tanque colector. El contenido de C16 fue igual en las UP 1, 3 y TC. En C18 se encontró similitud entre UP 1 y 3 y a la vez similitud en UP 2, 3 y TC. En cuanto al C18:1n9t la UP1 y el TC fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ) y en el C18:2n6c la UP 1 y 3 fueron iguales ( $p \geq 0.05$ ), también lo fueron las UP 2, 3 y TC. Para el C20 la UP1 fue diferente a las demás UP y TC.



**Figura 3.** Cromatograma del estándar de ácidos grasos, volumen de inyección al cromatógrafo: 1  $\mu$ L (FAME Mix analytical standard, Supelco No. Cat. 47885-U, USA).



**Figura 4.** Perfil de AG en leche orgánica de Tecpatán, Chiapas, México (volumen de inyección al cromatógrafo: 1  $\mu$ L).

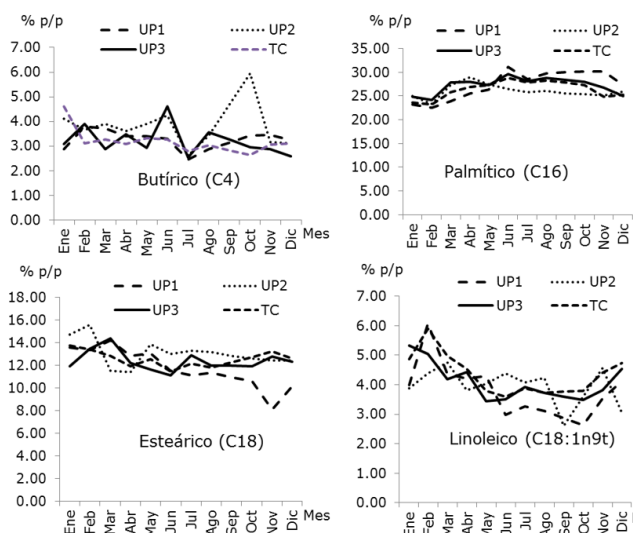
**Tabla 1.** Composición de ácidos grasos (% p/p) en leches del municipio de Tecpatán, Chiapas.

AG	UP 1				UP 2				UP 3				Tanque colector			
	$\bar{x}$	DE	Mín	Máx	$\bar{x}$	DE	Mín	Máx	$\bar{x}$	DE	Mín	Máx	$\bar{x}$	DE	Mín	Máx
C4	3.3a	0.4	2.4	3.8	3.9b	0.9	2.6	5.9	3.2a	0.6	2.5	4.6	3.2a	0.5	2.6	4.6
C6	1.8a	0.2	1.5	2.1	2.0b	0.2	1.8	2.4	1.9a	0.2	1.6	2.3	1.9a	0.1	1.7	2.1
C8	0.9a	0.1	0.6	1.1	1.0b	0.1	0.8	1.3	0.9a	0.1	0.7	1.1	0.9a	0.1	0.7	1.1
C10	1.8ab	0.3	1.3	2.3	1.9ab	0.3	1.4	2.3	1.7a	0.3	1.2	2.2	2.0b	0.3	1.6	2.4
C11	0.2a	0.0	0.1	0.3	0.2a	0.0	0.1	0.2	0.2a	0.0	0.1	0.2	0.2a	0.0	0.1	0.2
C12	2.0a	0.4	1.4	2.5	2.0a	0.3	1.2	2.4	2.0a	0.4	1.5	2.6	2.1a	0.3	1.6	2.5
C13	0.1a	0.0	0.1	0.1	0.1a	0.0	0.0	0.1	0.1a	0.0	0.1	0.1	0.1a	0.0	0.1	0.1
C14	8.7a	1.3	6.5	10.5	9.0a	0.6	8.0	9.7	9.0a	1.0	7.1	10.5	9.0a	1.0	7.4	10.4
C14:1	1.8a	0.2	1.2	2.1	1.8a	0.4	1.0	2.2	1.7a	0.3	1.2	2.2	1.5a	0.4	0.9	1.9
C15	1.2a	0.2	0.8	1.5	0.9a	0.3	0.3	1.2	0.9a	0.3	0.4	1.2	0.8a	0.3	0.3	1.1
C15:1	0.4a	0.0	0.3	0.5	0.6a	0.5	0.3	2.1	0.8a	0.8	0.3	2.3	0.9a	0.7	0.3	2.2
C16	27.3a	3.0	22.4	31.1	25.6b	1.4	23.3	28.9	27.2a	1.7	24.2	29.6	26.4ab	1.7	23.1	28.8
C16:1	0.3a	0.0	0.3	0.5	0.3a	0.0	0.3	0.4	0.4a	0.0	0.3	0.4	0.4a	0.0	0.3	0.4
C17	0.6a	0.1	0.5	0.8	0.5a	0.1	0.1	0.6	0.6a	0.1	0.5	0.7	0.5a	0.0	0.5	0.6
C17:1	0.5a	0.1	0.4	0.6	0.6a	0.1	0.4	0.8	0.6a	0.0	0.5	0.7	0.5a	0.0	0.5	0.6
C18	11.7a	1.7	8.1	14.2	13.1b	1.2	11.4	15.6	12.4ab	0.9	11.1	14.4	12.5b	0.7	11.4	13.8
C18:1n9t	3.8a	0.9	2.6	6.1	3.9ab	0.6	2.6	4.7	4.1ab	0.6	3.4	5.3	4.3b	0.7	3.6	5.9
C18:1n9c	22.1a	2.8	17.5	27.3	21.3a	1.5	19.4	23.3	21.1a	2.2	17.1	24.6	21.3a	1.6	18.9	23.5
C18:2n6c	0.3a	0.1	0.3	0.5	0.4b	0.0	0.3	0.4	0.3ab	0.0	0.3	0.5	0.4b	0.1	0.3	0.5
C18:3n6	0.1a	0.0	0.0	0.1	0.1a	0.0	0.0	0.2	0.1a	0.0	0.1	0.1	0.1a	0.0	0.1	0.2
C18:3n3	0.3a	0.1	0.2	0.4	0.3a	0.0	0.3	0.4	0.4a	0.0	0.3	0.4	0.4a	0.0	0.3	0.4
C20	0.1a	0.0	0.1	0.2	0.2b	0.0	0.1	0.2	0.2b	0.1	0.1	0.3	0.2b	0.1	0.2	0.4
C20:1	0.1a	0.1	0.0	0.2	0.1a	0.0	0.0	0.1	0.1a	0.0	0.0	0.1	0.1a	0.0	0.0	0.1

AG: ácido graso,  $\bar{x}$ : media aritmética, DE: desviación estándar, Mín: mínimo; Máx: máximo. Letras diferentes en medias de la misma fila indica diferencia al 95% de confianza.

La figura 5 muestra los contenidos (% p/p) del C4, C16, C18 y C18:1n9t a través del tiempo. En el C4 se visualizaron valores constantes en todas las leches estudiadas con descenso en el periodo de julio a noviembre, sólo la UP2 presentó valor mayor en el mes de octubre. La tendencia del C16 fue creciente de marzo a septiembre en todos los casos, la UP2 presentó valores menores de mayo a octubre. El comportamiento del C18 fue mayor de enero a abril con tendencia constante de abril a diciembre; se notó un decremento de valores de junio a noviembre en la UP1. El C18:1n9t describió un descenso en los valores de marzo a septiembre, en el tiempo el comportamiento fue similar en todas la UP y TC.

La correlación fue positiva en los AG de cadena corta, media (C4 al C14) y en C16. La correlación del palmitoleico (C16:1) con los demás AG fue negativa y, a partir del esteárico (C18) las correlaciones fueron negativas y positivas (Tabla 2).



**Figura 5.** Tendencia de distribución a través del tiempo de los valores medios del C4, C16, C18 y C18:1n9t (% p/p) en la leche orgánica de UP 1, 2, 3 y TC.

**Tabla 2.** Correlaciones entre ácidos grasos de leches de UP 1, 2, 3 y TC producida en Tecpatán, Chiapas.

AG	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C14:1	C16	C16:1	C18	C18:1n9t	C18:1n9c	C18:2n6c	C18:3n3
C4	1													
C6	0.6**	1												
C8	0.4**	0.9**	1											
C10	-0.1	0.5**	0.7**	1										
C12	-0.3	0.4**	0.6**	0.9**	1									
C14	-0.2	0.5**	0.6**	0.9**	0.9**	1								
C14:1	-0.1	0.1	0.2	0.3*	0.3*	0.3*	1							
C16	-0.2	0.4*	0.4**	0.6**	0.7**	0.8**	0.2	1						
C16:1	-0.2	-0.6**	-0.6**	-0.6**	-0.5**	-0.6**	-0.1	-0.5**	1					
C18	0.1	-0.1	-1	-0.2	-0.3	-0.4*	-0.1	-0.7**	0.4*	1				
C18:1n9t	0.02	-0.3	-0.3*	-0.2	-0.4**	-0.5**	-0.1	-0.7**	0.3	0.4**	1			
C18:1n9c	0.1	-0.6**	-0.7**	-0.9**	-0.9**	-0.9**	-0.3*	-0.7**	0.6**	0.2	0.4*	1		
C18:2n6c	0.1	-0.1	-0.1	-0.3*	-0.4**	-0.4**	-0.3	-0.7**	0.4*	0.5**	0.7**	0.3*	1	
C18:3n3	-0.2	-0.1	-0.02	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.004	-0.1	-0.03	-0.1	0.05	-0.1	1

AG: ácido graso; \*: correlación significativa con  $\alpha=0.05$  (bilateral); \*\*: correlación significativa con  $\alpha=0.01$  (bilateral).

**Ácido linoleico conjugado (ALC).** El estándar de ALC estuvo compuesto por nueve isómeros de ALC (12t-14t; 11t-13t; 10t-12t; 9t-11t; 8t-10t/7t-9t; 11t-13c; 10t-12c; 9c-11t; 7c-9t). En la tabla 3 se describen las medias y

los intervalos de confianza al 95% de ALC (% p/p) e isómeros (% ALC) determinados en las leches estudiadas. El ANOVA de una vía no arrojó diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) en ALC e isómeros en las leches de las UP y TC.

**Tabla 3.** Valores medios e intervalos de confianza de ALC (% p/p) e isómeros (% ALC) en leche orgánica de Tecpatán, Chiapas.

ALC	UP 1	UP2	UP3	TC
Isómeros	$\bar{x}$ (IC)	$\bar{x}$ (IC)	$\bar{x}$ (IC)	$\bar{x}$ (IC)
ALC	1.09 (0.83,1.34)	1.15 (1.00,1.31)	1.22 (1.06,1.38)	1.33 (1.11,1.28)
12t-14t	0.66 (0.43,0.89)	0.44 (0.10,0.78)	0.46 (0.09,0.84)	0.61 (0.51,0.72)
11t-13t	0.92 (0.37,1.46)	0.80 (0.67,0.94)	0.88 (0.53,1.24)	0.99 (0.89,1.08)
10t-12t	0.12 (0.07,0.17)	0.36 (-0.37,1.08)	0.37 (-0.29,1.04)	0.27 (-0.02,0.55)
9t-11t	0.28 (0.06,0.46)	0.37 (0.11,0.63)	0.29 (0.0,0.55)	0.32 (0.07,0.57)
8t-10t/7t-9t	0.18 (0.11,0.26)	0.24 (0.07,0.41)	0.35 (0.04,0.66)	0.22 (0.06,0.37)
11t-13c	0.41 (-0.14,0.95)	0.50 (-0.33,1.32)	0.28 (-0.10,0.68)	0.15 (0.13,0.17)
10t-12c	4.46 (1.48,7.44)	4.29 (2.96,5.62)	4.52 (3.92,5.12)	4.87 (3.30,6.44)
9c-11t	90.42 (86.85,93.98)	90.19 (88.86,91.52)	90.51 (88.72,92.30)	89.14 (86.95,91.32)
7c-9t	2.57 (1.99,3.16)	2.80 (2.48,3.12)	2.32 (0.99,3.65)	3.43 (2.38,4.47)

$\bar{x}$ : media aritmética, IC: intervalo de confianza para la media al 95% de confianza.

## DISCUSIÓN

**Ácidos grasos.** Los métodos de cromatografía de gases y líquidos son conocidos por su desempeño favorable para determinar la composición de la grasa láctea. En este trabajo se determinaron los contenidos (% p/p) de AG en muestras de leche producidas en condiciones de producción orgánica, de tres UP y TC del municipio de Tecpatán, Chiapas. Las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) encontradas en 9 de los 23 AG entre UP y TC (Tabla 1) refieren que al menos dos UP son similares en determinados AG al TC, lo cual se entiende debido a que en el tanque colector se concentra la producción total de leche orgánica del municipio y el efecto individual se diluye, por lo que la distancia de los valores medios para cada una de las UP es la mínima distancia. Benbrook et al (11) durante 18 meses analizaron leche orgánica de siete regiones de Estados Unidos, reportaron 29 AG, en su mayoría con valores próximos a los valores encontrados en esta investigación. Sin embargo, sobresalen valores menores en C4, C18:1 y ALC y, valores mayores en C10, C14, C16 y C18:2. De acuerdo a estudios científicos (12,13) se han reconocido las bondades del consumo de ciertos AG, por ejemplo el ácido butírico (C4) tiene efecto antitumoral en próstata, mama y colón; C6, C8 y C10, aparte de dar el aroma característico de los diferentes tipos de leche (cabra, oveja y vaca), se les ha asociado en inhibición de crecimiento

microbiano y viral y disolución de depósitos del colesterol en pruebas *in vitro* y en animales de ensayo. A los AG C12, C14 y C16 se les ha vinculado con la elevación del "colesterol malo" (LDL) en sangre, cabe mencionar que el mirístico (C14) es más hipercolesterolémico, con una potencia 3 a 6 veces mayor que el laurico (C12) o el palmítico (C16), sin embargo, el esteárico (C18) se ha encontrado que es neutral (14). Al ALC se le atribuyen propiedades anticancerígenas, antiteratogénicas, antiadipogénicas, antidiabetogénicas y antiinflamatorias, no obstante, la información surge de trabajos *in vitro* (15). En otros trabajos (11,16,17,18,19) realizados alrededor del mundo en leche orgánica y convencional se observó que las condiciones de producción son particulares para cada región, como clima, época del año, raza de las vacas, edad y tipo de alimentación, mostrando un diverso contenido de AG, sin embargo, el perfil de AG es similar (Tabla 4).

Los valores de AG obtenidos en el presente trabajo son un avance en la caracterización de la fracción lipídica de leche orgánica del sureste de México.

En cuanto a la distribución del contenido de AG a través del tiempo, se observó que fue constante en todas las leches analizadas (UP 1, 2, 3 y TC), sin embargo, se apreciaron algunas variaciones durante el año; hay momentos en que la tendencia aumenta y otros en que disminuye (Figura 3).

**Tabla 4.** Valores medios de ácidos grasos (% p/p) y ácido linoleico conjugado encontrados en este estudio y otros países.

AG	Este estudio	EEUU*	Nueva Zelanda**	Polonia***	Korea****	Dinamarca*****
		2013	2015	2017	2020	2020
		(% p/p)	(% p/p)	(% p/p)	(% p/p)	(% p/p)
C4	3.39	2.42	2.30	1.38	2.23	-
C6	1.90	1.95	1.78	2.08	1.77	2.56
C8	0.93	1.31	1.18	1.54	1.09	1.43
C10	1.84	4.14	2.19	3.09	2.51	3.18
C12	2.03	3.41	3.20	3.78	3.16	3.52
C14	8.93	11.23	11.29	12.1	11.12	10.97
C14:1	1.71	0.93	0.99	1.76	0.87	0.92
C16	26.73	30.06	32.79	36.7	30.18	27.00
C16:1	0.35	1.50	1.64	1.80	1.43	1.29
C18	12.43	11.05	10.47	9.45	14.15	9.04
C18:1	25.46	20.93	20.86	19.88	24.00	19.29
C18:2	0.36	2.05	1.50	1.74	0.36	2.64
C18:3	0.46	0.82	0.90	0.52	0.57	0.81
ALC	1.20	0.73	1.63	-	-	-

\*: (11); \*\*: (16); \*\*\*: (17); \*\*\*\*: (18); \*\*\*\*\*: (19).

Popovic-Vranjes et al (20), durante un año analizaron los AG en grasa de leche orgánica de Serbia, los datos arrojaron valores mayores de ácidos grasos poliinsaturados en el periodo de mayo a julio. Benbrook et al (11) al estudiar leche orgánica de siete regiones de Estados Unidos observaron periodos estacionales durante el año y diferencias en la composición y contenidos de ácidos grasos, el C18:2 presentó valores menores de mayo a noviembre y, el ALC de mayo a octubre. Tunick et al (21) analizaron los ácidos grasos de leche orgánica durante primavera-verano y otoño-invierno, donde observaron diferencia estadísticamente significativa en siete de 16 AG identificados (C6, C8, C14:1, C16, C18:1 y C18:2), no encontraron significancia estadística en ALC. De acuerdo con Stergiadis et al (22) en leche orgánica producida en Inglaterra durante un año, obtuvieron valores mayores de C16 durante octubre, noviembre y diciembre, esto coincide con los valores encontrados en esta investigación, con base en las condiciones de pastoreo del ganado lechero, con clima cálido húmedo y lluvias todo el año, no se logró observar diferencias estadísticas en el contenido de AG.

El análisis de correlación de Pearson entre AG arrojó correlaciones positivas del C4 al C16 en la leche estudiada y negativas del C16:1 al C18:3n3. Estos resultados coinciden con lo encontrado en leches pasteurizadas mexicanas que se comercializan en la Ciudad de México (8), con la diferencia que las correlaciones positivas y negativas fueron a partir del C18.

**Ácido linoleico conjugado.** El ALC es un grupo de al menos 28 isómeros del ácido linoleico, los cuales tienen efecto benéfico en la salud humana (13). En la tabla 3 se observa que el ALC e isómeros de las leches estudiadas no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), esto probablemente se debe a la raza de las vacas y a la alimentación que es similar en todas las UP del municipio estudiado. Los intervalos de confianza al 95% de ALC y sus isómeros son semejantes a los valores encontrados para leche de vaca en Polonia (23). Es notoria la presencia del C18:2, 9c-11t con 91.5%, mientras que en el presente estudio se obtuvo 90.1%, esto se debe a que el número de isómeros fue menor (6 vs 9), entre mayor es el número de isómeros, los contenidos tienden a la baja y, viceversa. Otras investigaciones realizadas en leches de Estados Unidos y Nueva Zelanda informan perfil de isómeros parecidos, no obstante, los contenidos varían debido a las zonas geográficas, clima, manejo, raza, época del año y principalmente a la alimentación (16,22). De hecho, el C18:2 9c-11t es isómero del ALC con mayor proporción en la grasa láctea bovina; es el resultado de la biohidrogenación ruminal del C18:2n6 y la mayor fuente es la conversión endógena del C18:1 11t (ácido vaccénico, AV), la evidencia científica propone que el AV es desaturado a C18:2 9c-11t (13). Estudios realizados en líneas celulares y animales de experimentación han encontrado efectos anticancerígenos de isómeros de ALC, por ejemplo, el C18:2 10t-12c inhibe el crecimiento de células de cáncer de



colon e induce su muerte, mientras que el C18:2 9c-11t es conocido por mediar efectos anticancerígenos a través de la apoptosis. También, se han observado correlaciones positivas entre la administración de suplementos de ALC y la mejora del índice de masa corporal, el peso corporal, la masa grasa corporal, la adiposidad abdominal y la masa corporal magra; se ha encontrado que el consumo de 3 a 4.2 g/día de concentraciones 1:1 de C18:2 9c-11t/C18:2 10t-12t en niños con sobrepeso y obesidad disminuyen la grasa corporal. Otros lípidos de la membrana globular de la leche, como los fosfolípidos y esfingolípidos ofrecen beneficios en el metabolismo disfuncional de los lípidos, disbiosis intestinal y padecimientos cardiovasculares (12,13,24,25). En la tabla 6 se observa que el valor medio de ALC encontrado en este trabajo es mayor que en otros países, lo que ofrece una oportunidad para el impulso de producción de leche orgánica en esta zona del sureste de México.

En conclusión, se logró caracterizar los perfiles de ácidos grasos, ácido linoleico conjugado e isómeros en leche orgánica que se produce en Tecpatán, Chiapas, México, que hasta el momento no se habían estudiado. El butírico, mirístico, palmítico, esteárico y oleico representaron aproximadamente el 77% del total de AG y, el isómero 9c-11t el 90.1% del total de isómeros de ALC. Dadas las condiciones del municipio, sistema de producción, raza de las vacas (cruza cebú-pardo suizo), pastos suficientes todo el año y sobre todo el clima constante (cálido-húmedo con lluvias todo el año), no se observó el efecto de la época del año en los contenidos de ácidos grasos, ácido linoleico conjugado e isómeros.

### Conflicto de intereses

Los autores del presente trabajo declaramos que no existe conflicto de intereses con la publicación de este manuscrito.

## REFERENCIAS

1. Bórawski P, Bartłomiej BM, Parzonko A, Wicki L, Rokicki T, Perkowska A, et al. Development of organic milk production in Poland on the background of the EU. *Agriculture*. 2021; 11(323):1-25. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040323>
2. Gómez M, Schwentesius R, Ortigoza J, Gómez L. Situación y desafíos del sector orgánico de México. *REMEXCA*. 2010; 1(4):593-608. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n4/v1n4a11.pdf>
3. Nahed J, Gonzalez SP, Grande D, Aguilar RJ, Sánchez B, Ruiz JLR, et al. Evaluating sustainability of conventional and organic dairy cattle production units in the Zoque Region of Chiapas, Mexico. *Agroecol Sustain Food Syst*. 2018; 43(6):1-34. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1534302>
4. Martínez A, Moya SY, González H, Hernández J, Pinelli A. Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de ganado lechero Holstein estabulado en el noroeste de México. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2010; 1(3):221-235. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n3/v1n3a3.pdf>
5. Schettino B, Vega S, Gutiérrez R, Escobar A, Romero J, Domínguez E, et al. Fatty acid profile of goat milk in diets supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). *J Dairy Sci*. 2017; 100(8):6256-6265. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12785>
6. Lorenzana MAV, Gutiérrez TR, Corona GL, Martínez RRD, Castrejón PFA, Vega y León S. Efecto de la alimentación con *Phitecellobium dulce* en el perfil de ácidos grasos de la leche de cabras criollas. *Interciencia*. 2016; 41(4):248-253. [https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/248-comuLORENZANA-41\\_46.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/248-comuLORENZANA-41_46.pdf)
7. Plata RDA, Morales AE, Martínez GCG, Flores CG, López GF, Prospero BF, et al. Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Trop Anim Health Pro*. 2018; 50(8):1797-1805. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1621-8>

8. Pérez FNA, Díaz GG, Gutiérrez TR, Vega y León S, Urbán CG, Prado FMG, et al. Composición en ácidos grasos de las leches pasteurizadas mexicanas. *Vet Mex.* 1998; 29(4):329-35. <https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-1998/vm984c.pdf>
9. INEGI. Geografía e Informática. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tecpatán, Chiapas. Clave geoestadística 07092. Instituto Nacional de Estadística: México; 2008. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/07/07092.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07092.pdf)
10. CEIEG. Mapas municipales Tecpatan. Comité estatal de información estadística y geográfica de Chiapas: México; 2010. <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/downloads/2010/12/mapasmunicipales2010/tecpatan.pdf>
11. Benbrook ChM, Butler G, Latif MA, Leifert C, Davis DR. Organic production nutritional quality by shifting fatty acid composition: A United States-Wide 18-month study. *Plos One.* 2013; 8(12):1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082429>
12. Markiewicz-Keszicka M, Czyzak-Runowska G, Lipinska P, Wojtowski J. Fatty acid profile of milk – A review. *Bull Vet Inst Polawy.* 2013; 57(2):135-139. <https://doi.org/10.2478/bvip-2013-0026>
13. Rodríguez-Alcalá LM, Castro-Gómez MP, Pimentel LL, Fontecha J. Milk fat components with potential anticancer activity – A review. *Biosci Rep.* 2017; 37(6):1-18. <https://doi.org/10.1042/BSR20170705>
14. Tilakavati K, Choon HT, Karuthan Ch, Kalyana S. The Chain Length of Dietary Saturated Fatty Acids Affects Human Postprandial Lipemia. *J Am Coll Nutr.* 2011; 30(6):511-521. <https://doi.org/10.1080/07315724.2011.10719997>
15. McCrorie TA, Keaveney EM, Wallace JMW, Binns N, Livingstone MBE. Human health effects of conjugated linoleic acid from milk and supplements. *Nutr Res Rev.* 2011; 24(2):206–227. <https://doi.org/10.1017/S0954422411000114>
16. Schwendel BH, Morel PCH, Wester TJ, Tavendale MH, Deadman C, Fong B, et al. Fatty acid profile differs between organic and conventionally produced cow milk independent of season or milking time. *J Dairy Sci.* 2015; 98(3):1411-1425. <https://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8322>
17. Kiczorowska B, Samolinska W, Marczuk J, Winiarska-Mieczan A, Klebaniuk R, Kowalczyk-Vasilev E, et al. Comparative effects of organic, traditional, and intensive production with probiotics on the fatty acid profile of cow's milk. *J Food Compst Anal.* 2017; 63:157-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2017.08.002>
18. Ill-Min Ch, Yun-Ju K, Hee-Sung M, Chang K, Hee-Youn Ch, Seung-Hyun K. Regional characterization study of fatty acids and tocopherol in organic milk as a tool for potential geographical identification. *Foods.* 2020; 9(12):1-16. <https://doi.org/10.3390/foods9121743>
19. Poulsen NA, Hein L, Kargo M, Buitenhuis AJ. Realization of breeding values for milk fatty acids in relation to seasonal variation in organic milk. *J Dairy Sci.* 2020; 103(3):2434-2441. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17065>
20. Popovic-Vranjes A, Savic M, Pejanovic R, Jovanovic S, Krajnovic G. The effect of organic production on certain milk quality parameters. *Acta Vet Scand.* 2011; 61(4):415-421. <https://doi.org/10.2298/AVB1104415P>
21. Tunick MH, Van Hekken D, Paul M, Ingham ER, Karreman HJ. Case study: Comparison of milk composition from adjacent organic and conventional farms in the USA. *Int J Dairy Technol.* 2015; 69(1):137-142. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12284>
22. Stergiadis S, Berlitz CB, Hunt B, Garg S, Givens DI, Kliem KE. An update to the fatty acid profiles of bovine retail milk in the United Kingdom: Implications for nutrition in different age and gender groups. *Food Chem.* 2019; 276 (15):218-230. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.165>

23. Bodkowski R, Czyz K, Wyrostek A, Cholewinska P, Sokola-Wyzoczanska E, Niedziolka R. The effect of CLA-Rich isomerized poppy seed oil on the fat level and fatty acid profile on cow and sheep milk. *Animals*. 2020; 10(5):1-18. <https://doi.org/10.3390/ani10050912>
24. Anto L, Warykas SW, Torres-Gonzalez M, Blesso CN. Milk Polar Lipids: Underappreciated Lipids with Emerging Health Benefits. *Nutrients*. 2020; 12(4):1-33. <https://doi.org/10.3390/nu12041001>
25. Basak S, Duttaroy AK. Conjugated linoleic acid and its beneficial effects in obesity, cardiovascular disease, and cancer. *Nutrients*. 2020; 12(7):1-7. <https://doi.org/10.3390/nu12071913>