

Biotempo (Lima)

latindex  
catálogo



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>

REVIEW ARTICLE / ARTÍCULO DE REVISIÓN

## IMPLICATIONS OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF THE MILKS WE CONSUME ON HEALTH: A REVISION

## IMPLICANCIAS DE LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LAS LECHES QUE CONSUMIMOS EN LA SALUD: UNA REVISIÓN

Ana I.F. Gutiérrez-Román<sup>1\*</sup>; Mónica Velarde-Vílchez<sup>1</sup> & Carlos M. Santa Cruz-Carpio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú. Grupo de Investigación de Bioquímica y Biología Sintética – UNFV (GIBBS-UNFV)

\* Corresponding author: [anaisabelflor@gmail.com](mailto:anaisabelflor@gmail.com)

Ana I.F. Gutiérrez-Román: <https://orcid.org/0000-0002-7020-7387>

Mónica Velarde-Vílchez: <https://orcid.org/0000-0002-8774-8729>

Carlos M. Santa Cruz-Carpio: <https://orcid.org/0000-0003-3490-1037>

### ABSTRACT

The consumption of milk is widespread in the world and extensive information is found on the effect of its consumption on health. This literature review aimed to collect and organize information on the differential composition of fatty acids in the milk of various mammals and show their relationship with human health. The method uses protocols and search criteria (PICOS), to obtain the information and perform the analysis. The results highlight the variation of the milk composition according to its animal origin, in the percentage of its macrocomponents (proteins, lipids, carbohydrates), microcomponents (minerals, vitamins) and other bioelements, as well as in the composition of these. The lipid macrocomponent provides the largest source of energy, polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and fat-soluble vitamins required by breeding during lactation, being very variable according to the mammal, so its consumption could have different metabolic effects; thus, the benefits of polyunsaturated fatty acids will depend on the type, amount and ratio in which omega6:omega3 (1:1) are found; the type of saturated fatty acid and its importance, such as palmitic acid (16C:0), the presence of odd-chain fatty acids (15C:0, 17C:0), or monoaciltriglycerides (sn2) derived from milk digestion. So, we conclude that the scientific literature is currently abundant on the subject, achieving a better overview of the effects of fatty acids on health, although it is necessary to carry out more specific studies.

**Keywords:** Digestion – fatty acid composition – health effects – milk components – nutrition – total lipids

## RESUMEN

El consumo de leche está extendido en el mundo y se encuentra amplia información sobre el efecto de su consumo en la salud. Esta revisión bibliográfica, tuvo como objetivo recopilar y organizar la información sobre la composición diferencial de los ácidos grasos de la leche de diversos mamíferos y mostrar su relación con la salud humana. El método utilizó protocolos y criterios de búsqueda (PICOS), para obtener la información y realizar el análisis. Los resultados destacan la variación de la composición láctea según su origen animal, en el porcentaje de sus macrocomponentes (proteínas, lípidos, carbohidratos), microcomponentes (minerales, vitaminas) y otros bioelementos, así como en la composición de éstos. El macrocomponente lípidos proporciona la mayor fuente de energía, de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y de vitaminas liposolubles que requiere la cría durante la lactancia, siendo éstos muy variables según el mamífero, por lo cual su consumo podría tener distintos efectos metabólicos en los humanos; así, los beneficios de los ácidos grasos poliinsaturados dependerán del tipo, cantidad y relación en que se encuentren los omega6:omega3 (1:1); el tipo de ácido graso saturado y su importancia, como el ácido palmítico (16C:0), la presencia de ácidos grasos de cadena impar (15C:0, 17C:0), o de monoacilglicéridos (sn2) derivados de la digestión de la leche. Por lo que concluimos que actualmente la literatura científica es abundante sobre el tema, logrando tener un mejor panorama general de los efectos de los ácidos grasos en la salud, aunque es necesario realizar más estudios específicos.

**Palabras clave:** Componentes de la leche – composición de ácidos grasos – digestión – efectos en la salud – lípidos totales – nutrición

## INTRODUCCIÓN

El consumo de leche de mamíferos está extendido en el mundo, por ser considerado un buen alimento que complementa la dieta desde que se domesticaron a los animales (Velten, 2013). A la par, también encontramos reportes científicos que indican que ocasiona problemas de salud a un grupo de la población e incluso podría ser causante de muerte (Tailford *et al.*, 2003; Gatica & Alomar, 2017). Al mejorar las técnicas de detección de los componentes de los lípidos, como la cromatografía de gas-líquido o de alta precisión, se conoce que las enfermedades cardiovasculares, están relacionadas a estos componentes (Santurino *et al.*, 2020) y señalan el tipo de ácidos grasos que estarían involucrados en el proceso metabólico de dicha patología. Algunos otros estudios también relacionan los componentes de los lípidos con el cáncer de próstata, en la hemodinámica, enfermedades nerviosas, diabetes, desarrollo óseo y masa muscular (Givens, 2020).

Esta investigación documental de revisión bibliográfica, tuvo como objetivo recopilar información sobre la composición de los lípidos de leche de mamíferos, conocer como varían sus componentes y los efectos metabólicos que causa la composición de sus ácidos grasos en la salud humana, basándonos en evidencias científicas.

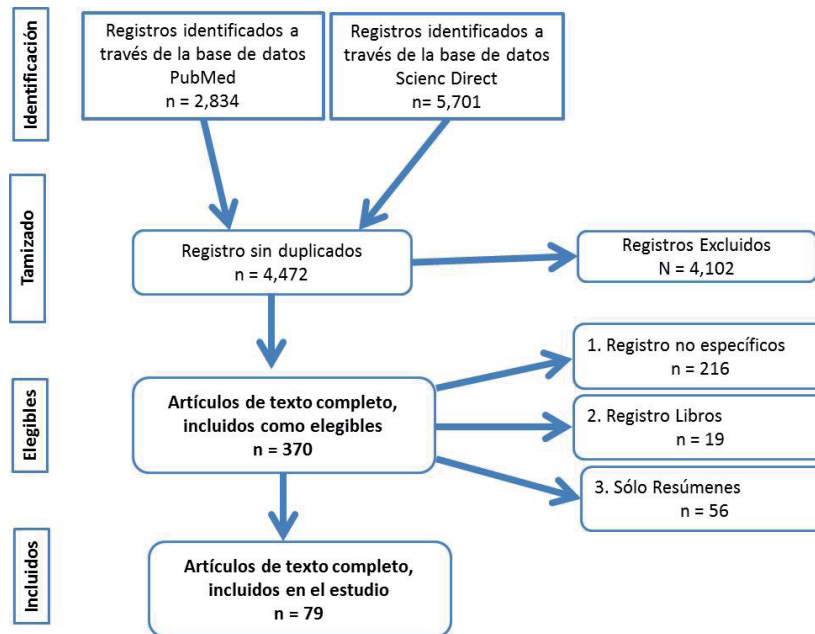
## MATERIALES Y MÉTODOS

La estrategia de búsqueda de esta investigación se basó en la siguiente pregunta: ¿cómo la composición de los ácidos grasos de la leche de mamíferos influye en la salud de los humanos?. La pregunta problema se redujo a ecuaciones de búsqueda o palabras claves, sintaxis o descriptores, se hizo una lista de ellas, se verificó la existencia de los términos MeSH y se colocó en los idiomas español, portugués, inglés y francés. Se eligió las fuentes documentales o base de datos bibliográficas (BDB) específicas como PubMed y Science Direct, que nos permitieron la búsqueda de los documentos relevantes y reducir el sesgo en la selección de estudio.

Para la identificación de información se aplicó los criterios de inclusión con las ecuaciones de búsqueda elaboradas con las palabras seleccionadas: *composición, ácidos grasos, leche, mamíferos, humanos, vaca, cabra, oveja, burra, yegua, camella, búfala, llama, alpaca, elefanta, nutrientes, macronutrientes, salud, microbiota, gastrointestinal, neurológico, metabolismo, endocrinológico, cognoscitivo, inmunológico, absorción* y sus traducciones en los idiomas seleccionados. Además, se usaron los operadores booleanos “AND”, “OR”, “and NOT”, ya sea para limitar y/o ampliar la búsqueda según corresponda, para el período entre 1990 al 2020. Se utilizaron palabras MeSH, como por ejemplo: cow milk [MeSH term] OR

milks [sinónimos] AND (consumption) AND (fatty acids); (cow milk AND fatty acids AND absorption); (cow milk AND health AND fatty acids) etc. En la figura 1 se puede observar que de acuerdo a nuestras variables, la recolección de datos se realizó usando componentes

adicionales del protocolo: criterios de elegibilidad (siguiendo PICOS), estrategia de búsqueda y métodos de cribado, extracción de datos y análisis (Moher *et al.*, 2014).



**Figura 1.** Diagrama de flujo de elementos utilizados para la revisión sistemática (PRISMA), donde se muestra la identificación, tamizado, elegibilidad e inclusión de los artículos de nuestra búsqueda.

**Aspectos éticos:** No se requirió aprobación de comité de ética para este estudio ya que los artículos utilizados son de dominio público, encontrándose en los diferentes buscadores. Todas las fuentes están debidamente acreditadas, dado que las ideas y datos están citados y referenciados, respetando la autoría de cada autor.

## RESULTADOS

### Composición de los lípidos de la leche

Los lípidos son la reserva energética de los tejidos y en la leche de los mamíferos aportan la mayor cantidad de energía que requieren los lactantes para su crecimiento y desarrollo; sin embargo, los lípidos totales de la leche de los mamíferos son muy variados (ver tabla 1) y contienen una mezcla muy variada de sustancias lipídicas.

**Tabla 1.** Concentración de lípidos Totales de la leche de diferentes mamíferos.

Mamíferos	Lípidos Totales (g/100g)
Humana	2,1 – 4,0
Vaca	3,3 – 5,4
Cabra	3,2 – 5,0
Oveja	5,0 – 9,0
Búfala	5,3 – 9,0
Yegua	1,2 – 4,2
Burra	1,21 -2,53
Camella	2,0 – 6,0
Llama	3,15 – 4,7
Alpaca	2,1 – 4,2
Elefanta	5,0 – 9,3

**Nota.** Estos datos fueron recopilados de la data de los siguientes autores: (Parraguez *et al.*, 2003; Chiavari *et al.*, 2005; Riek & Gerken, 2006; Alhaj *et al.*, 2013; Medina *et al.*, 2018; Dierenfeld *et al.*, 2020).

Los lípidos totales de la leche de mamíferos tienen una composición en la que predominan los triacilgliceroles o TG (95 a 98%), fosfolípidos (FL = 0,6 a 1,0%), colesterol (Col = 0,2 a 0,4%), diacilgliceroles (DAG = 0,25 a 0,48%), monoacilgliceroles (MAG = 0,02 a 0,04%), glicolípidos (GL = 0,006%) ácidos grasos libres (AGL), vitaminas liposolubles (A, D, E, K, carotenos) y biomoléculas (Djordjevic *et al.*, 2019), todos los cuales son muy variables en tipo y cantidad. La composición de los ácidos grasos de la leche es variable, pero se pueden agrupar en ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), trans, conjugados, n-3 poliinsaturados y n-6 poliinsaturados (Tabla 2). En forma general los ácidos grasos se encuentran en las siguientes proporciones: 70% de AGS, ácidos grasos poliinsaturados 2.3% (AGPI), AGMI 25%, dentro de los cuales puede haber ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el ácido butírico (C4:0), ácido hexanoico (C6:0); ácidos grasos de cadena media (AGCM), ácidos grasos de cadena larga (AGCL), ácidos grasos de cadena impar (AGCI) (Lindmark-Månsson, 2008). La información sobre la composición de los ácidos grasos (Tabla 3), nos muestra que la leche humana presenta un perfil de ácidos grasos diferente a la leche de los otros mamíferos, en la que se observa un alto nivel de ácido palmitoleico, con una concentración de estos ácidos variable, incluso entre la leche de las

mujeres de diferentes regiones como Brasil, Canadá, EE. UU., Europa y Asia. En los lactantes se sabe que los ácidos grasos proceden de la síntesis *de novo* y de la sintetizada en las glándulas mamarias.

Los TG de la leche están compuestos por más de 400 tipos de ácidos grasos, otorgándole las propiedades físico-químicas que permite caracterizarlas y diferenciarlas. En la leche humana los ácidos grasos que tienen efecto regulador sobre diversos procesos biológicos, son los monoinsaturados (ácido oleico, C18:1 n9) y los ácidos grasos poliinsaturados (ácido linoleico, C18:2 n6, ácido  $\alpha$ -linolénico C18:3 n3; ácido eicosapentaenoico C20:5 n3 (W3, EPA) y ácido docosahexaenoico C22:6 n3)(omega 3, DHA) (Siegel & Ermilov, 2012), mientras que los ácidos grasos de cadena media (C12:0, C14:0) y el ácido palmítico se unen en altas concentraciones a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en sangre. Los AGS de la leche, en cambio, neutralizan su acción porque aumentan las lipoproteínas de alta densidad (HDL) en sangre. El ácido graso docosahexaenoico (DHA, C22:6 W3) es el principal constituyente estructural del cerebro, retina y el semen y participa en el desarrollo del sistema nervioso, proceso de la visión y en los bebés prematuros previene las inflamaciones (Markiewicz-Kęszycka *et al.*, 2013).

**Tabla 2.** Ácidos grasos en la leche de mamíferos se pueden clasificar en saturados, monoinsaturados, trans, conjugados, n-3 poliinsaturados y n-6 poliinsaturados (Djordjevic *et al.*, 2019).

Saturados	Monoinsaturados	Trans	Conjugados	n-3 Poliinsaturados	n-6 Poliinsaturados
C6:0 (caproic acid)	C14:1 (myristoleic acid)	C18:1 trans 11 (vaccenic acid)	CLA C18:2 c,t (cis, trans octadienoic acid)	C18:3 n-3 ( $\alpha$ -linolenic acid)	C18:2 n-6 (linoleic acid)
C8:0 (caprylic acid)	C15:1 (pentadecenoic acid)	C18:1 trans 9 (elaidic acid)	CLA C18:2 t,c (trans, cis octadienoic acid)* This result represents the sum of CLA C18:2 t,c with CLA C18:2 7t9c	C20:3 n-3 (eicosatrienoic acid)	C18:3 n-6 ( $\gamma$ -linoleic acid)

Continúa Tabla 2

Continúa Tabla 2

C10:0 (capric acid)	C16:1 (palmitoleic acid)	C18:2n-6tt (linolelaidic acid)	C20:5 n-3 (eicosapentaenoic acid)	C20:3 n-6 (dihomo- $\gamma$ -linoleic acid)
C11:0 (undecylenic acid)	C17:1 (10-heptadecenoic acid)		C22:6 n-3 (docosahexaenoic acid)	C20:4 n-6 (arachidonic acid)
C12:0 (lauric acid)	C18:1n9c (oleic acid)			
C13:0 (tridecanoic acid)	C20:1n9 (gadoleic acid)			
C14:0 (myristic acid)	C22:1n9 (erucic acid)			
C15:0 (pentadecanoic acid)	C24:1n9 (lignoceric acid)			
C16:0 (palmitic acid)				
C17:0 (margaric acid)				
C18:0 (stearic acid)				
C20:0 (arachidic acid)				
C21:0 (heneicosanoic acid)				
C22:0 (behenic acid)				
C24:0 (lignoceric acid)				

**Tabla 3.** Composición de ácidos grasos (% del total de los ácidos grasos) de leche materna de Canadá, EE.UU., Europa, Asia, y de otros mamíferos como vaca y cabra, cuyos valores se han tomado de varios autores.

Ácidos Grasos	Leche materna <sup>a</sup> Brasil	Leche materna <sup>b</sup> Canadá	Leche materna <sup>c</sup> EE.UU.	Leche materna <sup>d</sup> Europa	Leche materna <sup>e</sup> Asia	Leche de vaca <sup>e</sup>	Leche de Cabra <sup>e</sup>
Ácido butírico C4: 0	ND	ND	ND	ND	ND	3,2-3,3	2,0-2,6
Ácido caproico C6: 0	0,09 ± 0,0	ND	ND	0,39	0,07	1,6-2,1	2,4-2,9
Ácido caprílico C8: 0	0,29 ± 0,1	ND	0,16 ± 0,01	0,19 (0,09-0,24)	0,17 (0,11-0,28)	1,2-1,3	2,7-2,7
Ácido cáprico C10: 0	1,95 ± 0,5	0,71 ± 0,30	1,5 ± 0,05	1,29 (0,83-1,63)	1,31 (0,52-2,48)	3,0-3,1	8,4-9,7
Ácido láurico C12: 0	7,46 ± 2,6	4,80 ± 1,57	4,40 ± 0,22	5,98 (4,15-8,33)	5,56 (2,97-13,82)	3,1-3,3	3,3-4,3
Ácido mirístico C14: 0	6,81 ± 2,3	5,97 ± 1,80	4,91 ± 0,23	6,44 (4,98-9,38)	5,70 (3,50-12,12)	9,5-12,1	9,6-10,3
Ácido miristoleico C14: 1	0,19 ± 0,1	ND	0,22 ± 0,01	0,18	0,26 (0,03-1,11)	0,7-1,1	0,09-0,16
Ácido pentadecanoico C15: 0	0,23 ± 0,1	ND	0,29 ± 0,01	0,25 (0,16-0,32)	0,20 (0,08-0,50)	0,9 - 1,6 <sup>f</sup>	0,46 - 0,85 <sup>f</sup>
Ácido palmítico C16: 0	19,5 ± 2,0	20,90 ± 2,76	19,26 ± 0,29	21,93 (15,43-25,62)	21,78 (17,55-29,00)	26,5-32,2	24,6-27,7
Ácido palmitoleico C16: 1 <i>n-7</i>	2,11 ± 0,7	2,69 ± 0,68	2,64 ± 0,11	1,98 (1,65-2,31)	2,44 (1,29-4,59)	ND	0,61 -0,79 <sup>g</sup>
Ácido heptadecanoico C17: 0	0,29 ± 0,1	0,31 ± 0,08	0,32 ± 0,01	0,29 (0,22-0,33)	0,28 (0,19-0,41)	ND	0,57 -0,70 <sup>g</sup>
Ácido esteárico C18: 0	5,82 ± 1,0	6,54 ± 1,31	6,21 ± 0,18	7,37 (5,58-9,52)	5,58 (3,90-6,79)	8,9-14,6	9,7-12,5
Ácido oleico C18: 1 <i>n-9</i>	26,46 ± 2,8	37,05 ± 3,59	32,77 ± 0,48	36,30 (28,93-41,69)	30,80 (21,85-36,96)	19,3-24,1	19,4-24,0
Ácido linoleico C18: 2 <i>n-6</i>	20,96 ± 4,4	13,62 ± 3,01	14,78 ± 0,39	13,99 (10,16-16,59)	16,90 (7,53-24,29)	1,50 -1,52 <sup>f</sup>	0,32 - 1,17 <sup>f</sup>

Continúa Tabla 3

Continúa Tabla 3

Ácido linoleico conjugado C18: 2 <i>c</i> 9, <i>t</i> 11	0,47 ± 0,1	0,02 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,27–0,49	ND	0,1–1,9	0,4–3,7
ácido $\alpha$ -linoléico C18: 3 <i>n</i> -3	1,54 ± 0,4	1,92 ± 0,61	0,17 ± 0,01	0,76 (0,49–1,05)	1,47 (0,35–4,06)	0,5 <sup>f</sup>	0,41–0,72 <sup>g</sup>
Ácido araquídico C20: 0	0,009 ± 0,0	ND	0,19 ± 0,01	0,21 (0,14–0,31)	0,32 (0,03–2,97)	ND	0,9 (0,82–0,98) <sup>g</sup>
Ácido araquidónico C20: 4 <i>n</i> -6	0,48 ± 0,1	0,38 ± 0,09	0,45 ± 0,01	0,47 (0,37–0,64)	0,64 (0,30–2,57)	0,2 <sup>f</sup>	0,15–0,18 <sup>g</sup>
Ácido eicosapentaenoico C20: 5 <i>n</i> -3	0,08 ± 0,1	0,13 ± 0,05	ND	0,09 (0,05–0,13)	0,31 (0,07–1,59)	0,05 <sup>f</sup>	0,06–0,10 <sup>g</sup>
Ácido behémico C22: 0	0,03 ± 0,0	ND	0,09 ± 0,01	0,09 (0,05–0,13)	0,08 (0,05–0,14)	ND	0,08 (0,06–0,1) <sup>g</sup>
Ácido docosahexaenoico C22: 6 <i>n</i> -3	0,09 ± 0,1	0,18 ± 0,12	ND	0,28 (0,18–0,42)	0,55 (0,19–1,13)	0,01 <sup>f</sup>	ND
Ácido tetracosanoico C24: 0	0,12 ± 0,1	ND	0,05 ± 0,00	0,07 (0,03–0,16)	0,07 (0,01–0,14)	ND	ND

Nota. <sup>(a)</sup> (Nishimura *et al.*, 2013); <sup>(b)</sup> (Miliku *et al.*, 2019); <sup>(c)</sup> (Silva *et al.*, 2019); <sup>(d)</sup> (Hageman *et al.*, 2019); <sup>(e)</sup> (Bernard *et al.*, 2018); <sup>(f)</sup> (Park *et al.*, 2007); <sup>(g)</sup> (A. Lopez *et al.*, 2019).

Una de las posibles causas de los efectos negativos atribuidas al consumo de grasas por el humano, es el desbalance de la proporción de los ácidos grasos de tipo n6 y n3 ingeridos, la cual debería mantenerse para poder cumplir con las funciones biológicas conocidas. Actualmente, al haberse modificado nuestra dieta, que debiera tener la proporción de 1:1 que estos ácidos grasos n6 y n3, se ha incrementado a 10-20:1, debido a una mayor ingesta de ácido linoleico (n6) sobre los n3 (ácido  $\alpha$ -linolénico C18:3 n3; ácido eicosapentaenoico C20:5 n3 y ácido docosahexaenoico C22:6 n3), compitiéndose por ello, por las enzimas de desaturación, lo cual explicaría en parte una serie de desórdenes metabólicos que conducen a enfermedades cardiovasculares, cáncer, obesidad y diabetes (Simopoulos, 2008), donde los n3 están asociados a funciones neurológicas, protección de enfermedades coronarias, y carcinogénicas (Ellis *et al.*, 2006) y ambos grupos son responsables de mantener el funcionamiento de las membranas biológicas.

### Digestión enzimática de los lípidos de la leche.

Los lípidos de la leche de los mamíferos están presentes como glóbulos de grasa estabilizados con triacilgliceroles (TG) unidos a una membrana, cuya superficie la hace sensible a la hidrólisis de las lipasas del tracto gastrointestinal. Estas lipasas hidrolizan preferentemente ácidos grasos de triacilgliceroles en la posición sn3, liberando ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y de cadena media (AGCM), los cuales son absorbidos y transportados al hígado para su oxidación (Jensen, 2002).

Para la digestión de lípidos se tiene la lipasa salival, lipasa gástrica (en los lactantes) y la lipasa pancreática. En los adultos, las lipasas gástricas sólo realizan entre el 10 al 25 % de la digestión de los lípidos, siendo mayor, cuanto más pequeño es el glóbulo graso. Así, al estudiarse la digestión de los lípidos de la leche entera de vaca, búfala, camella y cabra, frente a la lipasa pancreática se encontró que, la cantidad de ácidos libres liberados fueron: camello = cabra > vaca > búfala, la cual fue en forma inversa al tamaño de su glóbulo graso: 3,2 a 5,6  $\mu\text{m}$  ~ 3,5 a 7,0  $\mu\text{m}$  < 4,3 a 8,4  $\mu\text{m}$  < 5,6 a 13,0  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Gantner *et al.*, 2015).

Las investigaciones de la digestión de los lípidos de leche, frente a los tipos de ácidos grasos que presentan los triacilgliceroles, nos demuestran que, hay una diferencia entre los ácidos grasos de cadena media frente a los de cadena larga, ya que ellos influyen en el tamaño de los glóbulos de grasa; así, la leche de oveja que contiene ácidos grasos de cadena media en la posición sn1 y sn3,

se digiere más rápidamente que la leche de vaca (Teng *et al.*, 2020) a pesar que la leche de oveja contiene mucha más concentración de lípidos totales (5,0-9,0 g%) que la de vaca (3,4-5,4%). Cuando se analiza la digestión gastrointestinal entre leche materna, de vaca y cabra, se encuentra que, in vitro, la leche materna se hidroliza en un 86,7%, la de cabra en 82,7% y la de vaca en 80,2%, liberándose ácidos grasos insaturados de cadena corta y cadena larga en mayor cantidad en la leche de vaca y cabra y encontrándose que se diferencian de la leche humana porque presentan entre 12 a 84 especies de glicéridos diferentes (Pan *et al.*, 2021); además al comparar la leche de burra (1,21-2,53 g% de lípidos totales) y leche humana se encuentra que se liberan ácidos grasos de cadena media en mayor cantidad y los ácidos grasos largos en cantidades intermedias (Santillo *et al.*, 2018). Por otro lado, la leche de camella que contiene entre 2,0 a 6 g% de lípidos totales (según la especie), al hidrolizarse libera mayor cantidad de ácido linoleico (18:3n-3) y otros ácidos grasos de cadena larga (C14:0; C16:0; C18:0; C18:1) (Laadhar-Karray *et al.*, 2006). Sin embargo, faltan más estudios para saber si estas variaciones se dan entre los diferentes tipos de ácidos grasos que contiene la leche.

### Ácidos Grasos de la leche y la salud

Los lípidos nos proporcionan sus ácidos grasos, fosfolípidos, colesterol y vitaminas liposolubles, las cuales podemos absorber y utilizar afectando de forma positiva o negativa sobre nuestra salud, algunas de estas funciones se mencionan en la tabla 3. El metabolismo de los ácidos grasos omega 3 ( $\omega$ 3) y omega 6 ( $\omega$ 6) utilizan las mismas enzimas desaturadas  $\Delta$ -5 y  $\Delta$ -6 por lo que existe una competencia entre ellas, de allí que es importante tener una proporción adecuada de estos ácidos grasos para mantener un equilibrio de sus productos (Miyata & Arita, 2015).

En los mamíferos, el perfil de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) se deriva de los precursores esenciales de los AGPI  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 (ácido  $\alpha$ -linolénico [18:3  $\omega$ -3] y ácido linoleico [18:2  $\omega$ -6], respectivamente). Los PUFA de cadena larga se sintetizan de forma endógena a través de reacciones de inserción de dobles enlaces adicionales (desaturadas) y elongación de la cadena de acilo (elongasa). Los PUFA  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 compiten por el mismo conjunto de enzimas en esta vía, con una afinidad preferencial de los PUFA  $\omega$ -3 sobre los PUFA  $\omega$ -6 (Brick *et al.*, 2016).



## DISCUSIÓN

### Ácidos grasos de la leche y la salud

Los humanos mayormente consumimos la leche materna en los primeros meses de vida y posteriormente de acuerdo a costumbres, religión etc. podemos consumir la leche de otros mamíferos en la niñez, adolescencia y en algunos casos toda la vida. Este consumo es variable en el tipo de leche, edad, frecuencia y forma, ya que se consume leche de vaca, búfala, oveja, cabra, camella, etc. (Goff, 2016), la cual puede ingerirse en forma natural, procesada, o como leches maternizadas o sucedáneos, siendo éstas últimas fabricadas principalmente a base de leche de vaca o en base a sus componentes, utilizándose otras fuentes para cumplir con la composición de la leche materna en el caso de los lactantes (Delplanque *et al.*, 2015). Así, para suplir los lípidos en las leches maternizadas se utiliza una mezcla de aceites vegetales, los cuales pueden tener contaminantes del proceso de refinamiento y ejercer efectos nocivos, por lo que, actualmente se está limitando su uso y está siendo reemplazado por grasas lácteas de otros mamíferos.

#### *Enfermedades cardíacas, Obesidad y Diabetes*

Cuando analizamos la concentración de lípidos totales en la leche de los mamíferos, podríamos decir que entre las leches que se asemejan más a la materna encontramos la de los camélidos; sin embargo, cuando analizamos la composición de distintas leches de diversos mamíferos, ninguna de ellas puede reemplazar a la leche humana. Al analizar la composición de los ácidos grasos de la leche, algunos estudios mencionan que los ácidos saturados (laúrico, mirístico, palmítico) pueden contribuir a las enfermedades cardíacas, obesidad (Naughton *et al.*, 2018; Simopoulos, 2008) (Thorsdottir *et al.*, 2004), o que el ácido graso C16:0 provoca resistencia a la insulina (German *et al.*, 2009). Otros estudios indican que estos ácidos pueden tener efectos benéficos, ya que aumentan el transporte del colesterol en la HDL, lo cual evita la oxidación de la LDL en sangre por su acción antioxidante y además previene las infecciones (Mensink *et al.*, 2003).

El estudio de Ness (2001), nos indica que no hay asociación entre el consumo de leche y las enfermedades coronarias o que se asocian negativamente (Warensjö *et al.*, 2004) e inclusive que la leche puede protegernos de estas enfermedades (Biong *et al.*, 2006; St-Pierre *et al.*, 2005). En un estudio de seguimiento (13 años), se encuentra que el riesgo de las enfermedades coronarias está relacionado

con la acumulación de las partículas LDL; mientras que Picard (1995) indica que dichas partículas también están asociadas a la hipertrigliceridemia. Thorsdottir *et al.* (2004), la relaciona con la resistencia a insulina y Lamarche *et al.* (1999) con el síndrome metabólico.

Los ácidos grasos insaturados presentes en la leche también tienen efectos positivos y negativos en la salud, dado que una de sus principales funciones es estructural, como ser parte de las membranas biológicas, por lo tanto, por su estructura ellos son reactivos y pueden producir estrés oxidativo y peroxidación que perjudicarían a las proteínas y ADN de las células (Nair *et al.*, 2007), lo cual puede traducirse en enfermedades cardíacas, cáncer, inflamaciones y envejecimiento. La leche tiene un alto porcentaje de ácido oleico (18:1c9) y ácido linoleico (LA, 18:2 n6) que pueden tener los efectos mencionados; sin embargo, los estudios nos dicen que son protectores de estas enfermedades cuando hay un equilibrio entre los omega 3 y omega 6 y cuando éstos son reemplazados en parte por el ácido oleico en los triacilgliceroles, al suministrarse dietas ricas en ácidos grasos monoinsaturados/poliinsaturados (Sanz *et al.*, 2006).

Los alimentos constituyen una red compleja de nutrientes, compuestos bioactivos y otros metabolitos que tienen efectos sobre la salud del humano. Así, se sabe que el consumo de leche entera, tiene efectos positivos sobre el aumento de grasa magra, disminución de peso, menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, protege contra la diabetes de tipo 2 (Melnik *et al.*, 2012; Mozaffarian, 2019; Thorsdottir *et al.*, 2004) y evitaría la obesidad (White *et al.*, 2020). Incluso su composición, como la presencia de ácidos grasos de cadena impar (ácido pentadecanoico = C15:0, ácido margárico = C17:0), que los humanos no lo sintetizamos, podrían ser considerados como ácidos grasos esenciales, ya que evitan la anemia, dislipidemia, inflamaciones, fibrosis, cuando se unen a reguladores metabólicos (Venn-Watson *et al.*, 2020). La tabla 4 resume las funciones de los ácidos grasos, descritas por varios autores.

**Tabla 4.** Funciones de algunos ácidos grasos de la leche, según diferentes autores.

Ácidos Grasos Saturados	Función	Autor
Ácido butírico (C4:0)	Modulador de la función genética y previene el cáncer	(German, 1999)
Ácido caproico (C6:0)	Se incorpora al tejido adiposo y afecta sus funciones sistémicas	(Mensink <i>et al.</i> , 2003)
Ácido caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0)	Actividad antiviral. Retrasa el crecimiento tumoral.  Inhibe la COX I y COX II	(Sun <i>et al.</i> , 2003) (Henry <i>et al.</i> , 2002)
Ácido láurico (C12:0)	Antivirales y antibacterianas. Anticaries y antiplaca Destruye a <i>Helicobacter pylori</i> Inhibe la COX I y COX II Aumenta el colesterol de la LDL y HDL	(Sun <i>et al.</i> , 2003) (Giacaman <i>et al.</i> , 2014) (Sun <i>et al.</i> , 2003) (Henry <i>et al.</i> , 2002) (Mensink <i>et al.</i> , 2003)
Ácido Mirístico (C14:0)	Aumenta el colesterol de la LDL y HDL Aumenta colesterol sanguíneo.	(Mensink <i>et al.</i> , 2003)
Ácido palmítico (C16:0)	Aumenta el colesterol de la LDL y HDL Aumenta colesterol sanguíneo. Inhibe IRS-1, Akt, PI3-K Provoca Resistencia a insulina	(Mensink <i>et al.</i> , 2003) (German, 1999)
Ácido esteárico (C18:0)	No aumenta el colesterol sérico. No es aterogénico	(Grundy, 1994) (Mensink <i>et al.</i> , 2003)
Ácidos Grasos Insaturados		
Ácido palmitoleico cis y trans (C16:1)	Fluidez a las membranas Disminuye la Presión arterial Beneficiosa para la obesidad y Síndrome metabólico	(Kratz <i>et al.</i> , 2012)
Ácido oleico (18:1c9)	Reduce la concentración de colesterol plasmático, colesterol LDL y triacilgliceroles	(Kris-Etherton <i>et al.</i> , 1999)
Ácido linoleico (LA, 18:2 n6)	Aumentan el riesgo coronario	(Nicolosi <i>et al.</i> , 2004)
Ácido $\alpha$ -linolénico (ALA, 18:3 n3)	Protegen del riesgo coronario Protegen de las inflamaciones	(de Lorgeril <i>et al.</i> , 1994) (Haug <i>et al.</i> , 1992)
Ácido araquidónico (ARA, 20:4 n6)	Precursor de los eicosanoides (leucotrienos, prostaglandinas, tromboxanos). Precursor de endocannabinoides (respuesta de succión durante la lactancia y estimulan la ingesta de alimentos).	(Hadley <i>et al.</i> , 2016) (Gaitán <i>et al.</i> , 2019) (Salem & Van Dael, 2020)
Ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5 n3)	Reduce riesgo cardiovascular Inhibe la génesis del tumor.	(Haug <i>et al.</i> , 1992) (Jump & Clarke, 2003)
Ácido docosahexaenoico (DHA, 22: 6 n-3).	Precursor de sinaptamida que promueve la neurogénesis.	(Patterson & Georgel, 2014) (Hadley <i>et al.</i> , 2016) (Gaitán <i>et al.</i> , 2019)

Nota. Definición de siglas: COX I= Ciclooxigenasa I; COX II= Ciclooxigenasa II; LDL= Lipoproteína de baja densidad; HDL= Lipoproteína de alta densidad

### *Síndrome metabólico*

Podemos definirlo como una enfermedad causada por múltiples factores de riesgo, siendo un problema de salud mundial, ya que conduce a la diabetes mellitus 2, obesidad abdominal y enfermedades cardiovasculares (Misra *et al.*, 2010). Se ha propuesto que uno de los mayores factores de riesgo es la ingesta de alimentos grasos, principalmente ricos en ácidos grasos saturados (AGS); sin embargo los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) podrían revertirla (S. Lopez *et al.*, 2011), dado que su hidrólisis liberaría péptidos gastrointestinales (Péptido 1 similar al glucagón = GLP-1, Péptido insulino-trópico dependiente de glucosa = GIP, las hormonas incretinas = colecistoquinina y grelina) que modularían este proceso.

Frente a la hipótesis anterior, Chang *et al.* (2018) afirman que no sólo es importante la cantidad, sino el tipo de ácidos grasos, ya que de ello depende la liberación de los péptidos gastrointestinales en sujetos con síndrome metabólico. En el caso de la leche, que contiene ácidos grasos saturados como el palmítico, mirístico y láurico, pueden atenuar los efectos del colesterol, mientras el ácido esteárico no se asocia al colesterol cuando los lípidos se intercambian con los carbohidratos en la dieta (Hunter *et al.*, 2010); además el ácido láurico y mirístico, pueden aumentar la concentración de ApoA1 (Venn-Watson *et al.*, 2020) lo cual podría contribuir a mejorar el perfil de las lipoproteínas (Dugan & Fernandez, 2014) y prevenir las enfermedades cardiovasculares, factores que se presentan en el síndrome metabólico.

### *Dermatitis Atópica (DA)*

Se sabe que la dermatitis atópica es una enfermedad cutánea compleja y multifactorial, causada por factores genéticos, inmunes, ambientales y nutricionales (Bin & Leung, 2016); sin embargo, desde el punto bioquímico la causa de esta enfermedad sería la alteración del metabolismo de los lípidos de la piel, que tiene un papel constructivo y otro funcional, siendo los componentes más importantes los fosfolípidos de las membranas celulares y los esfingolípidos que están en los espacios intercorneocitales, donde desempeñan el papel de cohesión del extracto córneo. La deficiencia de la enzima delta-6 desaturasa, trae como consecuencia la disminución del ácido linoleico y linolénico, causando una desorganización de las membranas que no alcanzarían el proceso de queratinización y que provocaría pérdida de agua a través de la epidermis; además que la deficiencia de estos ácidos grasos, son esenciales para la síntesis de prostaglandinas y leucotrienos que están involucrados en los fenómenos inflamatorios (Bonnet, 2001).

El meta-análisis realizado por Gdalevich *et al.* (2001), concluye que la lactancia exclusiva durante los tres primeros meses de vida, se asocia con una baja incidencia de DA, inclusive en aquellos niños que provienen de familias con antecedentes de DA. Sin embargo, los estudios de Devereux & Seaton (2005), plantean la hipótesis que la baja ingesta de antioxidantes (verduras, frutas) y el aumento de ácidos grasos poliinsaturados n-6 (aceite vegetal, margarinas) y baja ingesta de n-3 (pescado) contribuirían a la DA, por lo que, estaría influenciada por la exposición de los ácidos grasos presentes en la dieta, ya sea de la madre, del lactante, infante, adolescente o adulto.

### *Desórdenes gastrointestinales*

Algunos desórdenes gastrointestinales (cólicos, estreñimiento) que se presentan por el consumo de leche de mamíferos pueden verse influenciados por la composición de los lípidos de las leches. La leche humana y de mamíferos como la vaca y cabra, presentan triacilglicérolos que tiene ácido palmítico. La variación entre estas leches está en su concentración (humana 51- 88%, vaca 35-45% y cabra 35%) y en su posición; así, dentro de los triacilglicérolos de la leche humana se encuentra el ácido palmítico en la posición *sn-2* en un 70% (Innis, 2011) que parece no variar con respecto a la dieta (Aumeistere *et al.*, 2019) o ubicación geográfica de la madre, convirtiendo a este ácido graso en un limitante en la leche de los otros mamíferos con respecto a la leche humana.

Las leches maternizadas utilizan los componentes de las leches de otros mamíferos y cuando se refiere al ácido palmítico, para poder llegar a la concentración con respecto a la leche humana, utilizan aceites vegetales. Sin embargo, al evaluar la digestibilidad de los lípidos de la leche en lactantes, Armand *et al.* (1996) encuentran que, los lactantes que consumen leche materna, tienen una buena digestión y absorción de los lípidos a comparación de los que consumen leche maternizada y ello no sólo se debe a la composición diferente de la leche humana, sino principalmente a la estructura de sus triacilglicérolos (Bourlieu *et al.*, 2015). Los lípidos procedentes de vegetales, cuyos triacilglicérolos presentan ácido palmítico incorporados en la posición *sn-1* y/o en la posición *sn-3*, los cuales pueden ser fácilmente liberados por las lipasas digestivas y pancreáticas, como ácidos grasos libres (AGL), mientras que la leche humana liberará ácidos grasos libres (AGL) de la posición *sn-1* y *sn-3* y monoacilglicérolos *sn-2*, siendo estos últimos más rápidamente absorbidos que los AGL.

Ello se debe a que, los AGL tiene su punto de fusión por encima de la temperatura corporal, por lo que, formarán jabones insolubles con cationes divalentes como el calcio (Innis, 2016), dando como resultado una menor absorción de ácido palmítico y calcio, tendiendo a endurecer las heces y causando estreñimiento, ya que se formarían los mencionados compuestos derivados del ácido palmítico, lo cual provoca interrupción del sueño y en los niños además el llanto. Ante estos resultados, Gallier *et al.* (2020), recomiendan que sería más beneficioso el uso de la leche de cabra entera que tiene 35% de sn-2 de ácido palmítico sobre las leches maternizadas, pues se cubriría el 50% del requerimiento de este componente y así se beneficiaría a la salud digestiva, desarrollo cognitivo (eje intestino-cerebro) e inmunológico (eje intestino-piel).

#### *Presión Arterial (PA)*

La presión arterial (PA) está regulada por diferentes mecanismos bioquímicos, como el rol de la enzima convertidora de angiotensina (ECA), que disminuye la PA. Algunos estudios indican que el consumo de leche puede influenciar en la PA y ello se debería a la composición de sus proteínas y sus lípidos, estos últimos se sabe, tienen una influencia positiva en la salud cuando están en bajas concentraciones disminuyendo el riesgo de hipertensión (Ralston *et al.*, 2012). Sin embargo, hay estudios que indican que esa influencia es muy pequeña e incluso puede ser inversa en la presión sistólica (Ding *et al.*, 2017). Actualmente los datos del estudio de Vimalaswaran *et al.* (2021) informan que no es necesario limitar la ingesta de leche por riesgos contra la hipertensión y enfermedades cardiovasculares en general.

Esta revisión se limitó a revisar los estudios que nos reportaban la composición de los ácidos grasos de las leches de mamíferos que se comercializan o se consumen en forma natural, dejando de lado estudios sobre leches transformadas en sub-productos o productos sucedáneos o maternizados, en los cuales la composición de los ácidos grasos varía en su totalidad, ya que sólo se trata de cumplir con la composición o equilibrio de algunos ácidos grasos, mezclándose con otras fuentes, como aceites vegetales y rompiéndose el equilibrio de la relación natural de la composición de los omega 6/omega 3 de la leche de mamíferos, lo cual, podría tener repercusiones en la salud.

Sólo se revisaron artículos que muestran el efecto de los productos de la digestión de los lípidos de la leche natural de mamíferos, sobre desórdenes gastrointestinales, enfermedades cardíacas, síndrome metabólico, obesidad,

estrés oxidativo, dermatitis atópica y presión arterial, en forma general, sin considerar las demás variantes que podrían tener estas enfermedades.

Faltan estudios poblacionales en humanos que nos demuestren como la composición de los ácidos grasos de la leche puede influir en la salud y cómo está relacionada con la edad, modo de consumo, cantidad, frecuencia, etnia, clima y sobre todo con la composición de otros componentes de la dieta de las personas.

Podemos concluir que el consumo de leche trae como beneficio el aporte de un macrocomponente fuente de energía, como son los lípidos, y dentro de éstos, en especial los ácidos grasos de los triacilglicérols, los cuales varían entre las especies de mamíferos. La digestión gastrointestinal de los triacilglicérols de la leche humana nos proporciona el monoglicérido de ácido palmítico en la posición inusual sn-2, que favorece la absorción de grasas y calcio, asegurando la salud ósea, una microbiota intestinal adecuada y la comodidad infantil. La relación de los omega 6/omega3 de la leche tienen un efecto protector contra las inflamaciones, el asma y las alergias. La presencia de AGS de cadena media (mirístico, láurico) aumentan la concentración de ApoA1 previniendo enfermedades cardiovasculares que se presentan en el síndrome metabólico. Los AGMI están asociados positivamente a una mejor absorción de los ácidos grasos. Los AG de cadena impar (C15:0, C17:0) presentes en las leches de mamíferos y que no sintetizamos los humanos, se unen a reguladores metabólicos y actúan como factores en la anemia, dislipidemia, diabetes mellitus tipo 2, inflamaciones, fibrosis, Alzheimer, por lo que algunos estudios sugieren que podrían considerarse como ácidos grasos esenciales. Los factores negativos que se presentan en la variabilidad de los ácidos grasos se han encontrado en la enfermedad de Parkinson y cáncer de próstata.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Contribuciones de los autores: Ana Gutiérrez-Román y Mónica Velarde-Vílchez conceptualizaron, diseñaron la metodología y condujeron la investigación, analizaron los datos y redactaron el borrador inicial. Carlos M. Santa Cruz-Carpio participó en el análisis de los datos y la revisión de la versión final, además de gestionar las actividades de la investigación. Todos los autores asumen la responsabilidad del artículo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento: Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiación en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhaj, O. A.; Taufik, E.; Handa, Y.; Fukuda, K.; Saito, T. & Urashima, T. 2013. Chemical characterisation of oligosaccharides in commercially pasteurised dromedary camel (*Camelus dromedarius*) milk. *International Dairy Journal*, 28: 70–75.
- Armand, M.; Hamosh, M.; Mehta, N. R.; Angelus, P. A.; Philpott, J. R.; Henderson, T. R.; Dwyer, N. K.; Lairon, D. & Hamosh, P. 1996. Effect of human milk or formula on gastric function and fat digestion in the premature infant. *Pediatric Research*, 40: 429–437.
- Aumeistere, L.; Ciproviča, I.; Zavadská, D.; Andersons, J.; Volkovs, V. & Ceļmalniece, K. 2019. Impact of maternal diet on human milk composition among lactating women in Latvia. *Medicina*, 55: 173.
- Bernard, L.; Bonnet, M.; Delavaud, C.; Delosière, M.; Ferlay, A.; Fougère, H. & Graulet, B. 2018. Milk fat globule in ruminant: Major and minor compounds, nutritional regulation and differences among species. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120: 1700039.
- Bin, L. & Leung, D.Y.M. 2016. Genetic and epigenetic studies of atopic dermatitis. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology*, 12: 1–14.
- Biong, A. S.; Veierød, M. B.; Ringstad, J.; Thelle, D. S. & Pedersen, J. I. 2006. Intake of milk fat, reflected in adipose tissue fatty acids and risk of myocardial infarction: a case-control study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60: 236–244.
- Bonet, R. 2001. *Offfarm: farmacia y sociedad*, 20(10) - *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/414499>
- Bourlieu, C.; Bouzerzour, K.; Ferret-Bernard, S.; Le Bourgot, C.; Chever, S.; Ménard, O.; Deglaire, A.; Cuinet, I.; Le Ruyet, P.; Bonhomme, C.; Dupont, D. & Le Huërou-Luron, I. 2015. Infant formula interface and fat source impact on neonatal digestion and gut microbiota. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117: 1500–1512.
- Brick, T.; Schober, Y.; Böcking, C.; Pekkanen, J.; Genuneit, J.; Loss, G.; Dalphin, J.C.; Riedler, J.; Lauener, R.; Nockher, W.A.; Renz, H.; Vaarala, P.I.; Kabesch, M. & Pasture study group. 2016.  $\omega$ -3 fatty acids contribute to the asthma-protective effect of unprocessed cow's milk. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 137: 1699–1706.
- Chang, C.-Y.; Kanthimathi, M. S.; Tong-Boon Tan, A.; Nesaretnam, K. & Teng, K.T. 2018. The amount and types of fatty acids acutely affect insulin, glycemic and gastrointestinal peptide responses but not satiety in metabolic syndrome subjects. *European Journal of Nutrition*, 57: 179–190.
- Chiavari, C.; Coloretti, F.; Nanni, M.; Sorrentino, E. & Grazia, L. 2005. Use of donkey's milk for a fermented beverage with lactobacilli. *Lait*, 85: 481–490.
- de Lorgeril, M.; Renaud, S.; Salen, P.; Monjaud, I.; Mamelle, N.; Martin, J. L.; Guidollet, J.; Touboul, P. & Delaye, J. 1994. Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *The Lancet*, 343(8911): 1454–1459.
- Delplanque, B.; Gibson, R.; Koletzko, B.; Lapillonne, A. & Strandvik, B. 2015. Lipid Quality in Infant Nutrition: Current Knowledge and Future Opportunities. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 61: 8–17.
- Devereux, G. & Seaton, A. 2005. Diet as a risk factor for atopy and asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 115: 1109–1117.
- Dierenfeld, E. S.; Han, Y. A. M.; Mar, K. U.; Aung, A.; Soe, A. T.; Lummaa, V. & Lahdenperä, M. 2020. Milk Composition of Asian Elephants (*Elephas maximus*) in a Natural Environment in Myanmar during Late Lactation. *Animals*, 10: 725.
- Ding, M.; Huang, T.; Bergholdt, H. K.; Nordestgaard, B. G.; Ellervik, C. & Qi, L. 2017. Dairy consumption, systolic blood pressure, and risk of hypertension: Mendelian randomization study. *British Medical Journal*, 356: j1000.

- Djordjevic, J.; Ledina T., Baltic, M.Z.; Trbovic, D.; Babic, M. & Bulajic, S. 2019. Fatty acid profile milk. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 333: 012057.
- Dugan, C. E. & Fernandez, M. L. 2014. Effects of Dairy on Metabolic Syndrome Parameters: A Review. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 87: 135-147.
- Ellis, K. A.; Innocent, G.; Grove-White, D.; Cripps, P.; McLean, W. G.; Howard, C. V. & Mihm, M. 2006. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *Journal of Dairy Science*, 89: 1938–1950.
- Gaitán, A. V.; Wood, J. A. T.; Solomons, N. W.; Donohue, J. A.; Ji, L.; Liu, Y.; Nikas, S. P.; Zhang, F.; Allen, L. H.; Makriyannis, A. & Lammi-Keefe, C. J. 2019. Endocannabinoid metabolome characterization of milk from Guatemalan women living in the Western highlands. *Current Developments in Nutrition*, 3: nzz018.
- Gallier, S.; Tolenaars, L. & Prosser, C. 2020. Whole goat milk as a source of fat and milk fat globule membrane in infant formula. *Nutrients*, 12: 1–23.
- Gantner, V.; Mijić, P.; Baban, M.; Škrtić, Z. & Turalija, A. 2015. The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo*, 65: 223–231.
- Gatica, C. & Alomar, D. 2017. Variantes genéticas de beta caseína bovina: implicancia en la producción, características tecnológicas de la leche y la salud humana. *Agro Sur*, 45: 29-35.
- Gdalevich, M.; Mimouni, D. & Mimouni, M. 2001. Breast-feeding and the risk of bronchial asthma in childhood: A systematic review with meta-analysis of prospective studies. *The Journal of Pediatrics*, 139: 261–266.
- German, J. B. 1999. Butyric acid: a role in cancer prevention. *Nutrition Bulletin*, 24: 203–209.
- German, J. B.; Gibson, R. A.; Krauss, R. M.; Nestel, P.; Lamarche, B.; van Staveren, W. A.; Steijns, J. M.; de Groot, L. C. P. G. M.; Lock, A. L. & Destailats, F. 2009. A reappraisal of the impact of dairy foods and milk fat on cardiovascular disease risk. *European Journal of Nutrition*, 48: 191–203.
- Giacaman, R.A.; Jobet-Vila, P. & Muñoz-Sandoval, C. 2014. Fatty acid effect on sucrose-induced enamel demineralization and cariogenicity of an experimental biofilm–caries model. *Odontology*, 103: 169–176.
- Givens, D.I. 2020. *Dairy foods and the risk of cancer*. In: *Milk and Dairy Foods*. Givens, D.I. (ed.). Academic Press. pp. 407–415.
- Goff, H.D. 2016. Milk proteins in ice cream. In: McSweeney, P. & O'Mahony, J. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry*. Springer New York. pp. 329–345
- Grundty, S.M. 1994. Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long-chain fatty acids. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 60: 986S-990S.
- Hadley, K.B.; Ryan, A.S.; Forsyth, S.; Gautier, S. & Salem, N. 2016. The essentiality of arachidonic acid in infant development. *Nutrient*, 8: 216.
- Hageman, J.H.J.; Danielsen, M.; Nieuwenhuizen, A.G.; Feitsma, A.L. & Dalsgaard, T.K. 2019. Comparison of bovine milk fat and vegetable fat for infant formula: Implications for infant health. *International Dairy Journal*, 92: 37–49.
- Haug, A.; Hallaq, H. & Leaf, A. 1992. Potential antiatherogenic effects of omega-3 fatty acids. In Neri-Serteri, G.; Gensini, G. & Abbate, R. (Eds.), *Thrombosis, an update*. Scientific press. pp. 361–372.
- Henry, G. E.; Momin, R. A.; Nair, M. G. & Dewitt, D. L. 2002. Antioxidant and Cyclooxygenase activities of fatty acids found in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2231–2234.
- Hunter, J.E.; Zhang, J.; Kris-Etherton, P. M. & Childs, L. 2010. Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91: 46–63.
- Innis, S.M. 2011. Dietary triacylglycerol structure and its role in infant nutrition. *Advances in Nutrition*, 2: 275–283.

- Innis, S.M. 2016. Palmitic acid in early human development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56: 1952–1959.
- Jensen, R.G. 2002. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*, 85: 295–350.
- Jump, D.B. & Clarke, S.D. 2003. Regulation of gene expression by dietary fat. *Annual Review of Nutrition*, 19: 63–90.
- Kratz, M.; Baars, T. & Guyenet, S. 2012. The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease. *European Journal of Nutrition*, 52: 1–24.
- Kris-Etherton, P.M.; Pearson, T.A.; Wan, Y.; Hargrove, R.L.; Moriarty, K.; Fishell, V. & Etherton, T.D. 1999. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 1009–1015.
- Laadhar-Karray, N.; Danthine, S.; Blecker, C. & Attia, H. 2006. Contribution to the study of camel milk fat globule membrane. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57: 382–390.
- Lamarque, B.; Lemieux, I. & Després, J. 1999. The small, dense LDL phenotype and the risk of coronary heart disease: epidemiology, patho-physiology and therapeutic aspects. *Diabetes & Metabolism*, 25: 199–211.
- Lindmark-Månsson, H. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. *Food & Nutrition Research*, 52: 1821.
- Lopez, A.; Vasconi, M.; Moretti, V.M. & Bellagamba, F. 2019. Fatty Acid Profile in Goat Milk from High- and Low-Input Conventional and Organic Systems. *Animals*, 9: 452.
- Lopez, S.; Bermudez, B.; Ortega, A.; Varela, L.M.; Pacheco, Y.M.; Villar, J.; Abia, R. & Muriana, F.J. 2011. Effects of meals rich in either monounsaturated or saturated fat on lipid concentrations and on insulin secretion and action in subjects with high fasting triglyceride concentrations. *American Journal of Clinical Nutrition*, 93: 494–499.
- Markiewicz-Kęszycka, M.; Czyżak-Runowska, G.; Lipińska, P. & Wójtowski, J. 2013. Fatty acid profile of milk - A Review. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 57: 135–139.
- Medina, M.A.; Van Nieuwenhove, G.A.; Pizarro, P.L. & Van Nieuwenhove, C.P. 2018. Comparison of the nutritional value and fatty acid composition of milk from four South American camelid species. *Canadian Journal of Zoology*, 97: 203–209.
- Melnik, B.C.; John, S.M.; Carrera-Bastos, P. & Cordain, L. 2012. The impact of cow's milk-mediated mTORC1-signaling in the initiation and progression of prostate cancer. *Nutrition & Metabolism*, 9: 74.
- Mensink, R.P.; Zock, P.L.; Kester, A.D. & Katan, M.B. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77: 1146–1155.
- Miliku, K.; Duan, Q.L.; Moraes, T.J.; Becker, A.B.; Mandhane, P.J.; Turvey, S.E.; Lefebvre, D. L.; Sears, M.R.; Subbarao, P.; Field, C.J. & Azad, M.B. 2019. Human milk fatty acid composition is associated with dietary, genetic, sociodemographic, and environmental factors in the CHILD Cohort Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 110: 1370–1383.
- Misra, A.; Singhal, N. & Khurana, L. 2010. Obesity, the metabolic syndrome, and type 2 diabetes in developing countries: Role of dietary fats and oils. *Journal of the American College of Nutrition*, 29(sup3): 289S-301S.
- Miyata, J. & Arita, M. 2015. Role of omega-3 fatty acids and their metabolites in asthma and allergic diseases. *Allergy International*, 64: 27–34.
- Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D. G. & PRISMA Group, T. 2014. Ítems de referencia para publicar revisiones sistemáticas y metaanálisis: La Declaración PRISMA. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 18: 172.
- Mozaffarian, D. 2019. Dairy foods, obesity, and metabolic health: The role of the food matrix compared with single nutrients. *Advances in Nutrition*, 10: 917S-923S.

- Nair, U.; Bartsch, H. & Nair, J. 2007. Lipid peroxidation-induced DNA damage in cancer-prone inflammatory diseases: A review of published adduct types and levels in humans. *Free Radical Biology and Medicine*, 43: 1109–1120.
- Naughton, S.; Hanson, E.; Mathai, M. & McAinch, A. 2018. The acute effect of oleic- or linoleic acid-containing meals on appetite and metabolic markers; A pilot study in overweight or obese individuals. *Nutrients*, 10: 1376.
- Ness, A.R. 2001. Milk, coronary heart disease and mortality. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 55: 379–382.
- Nicolosi, R.J.; Woolfrey, B.; Wilson, T.A.; Scollin, P.; Handelman, G. & Fisher, R. 2004. Decreased aortic early atherosclerosis and associated risk factors in hypercholesterolemic hamsters fed a high- or mid-oleic acid oil compared to a high-linoleic acid oil. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15: 540–547.
- Nishimura, R.Y.; de Castro, G.S.F.; Jordão Junior, A.A. & Sartorelli, D.S. 2013. Breast milk fatty acid composition of women living far from the coastal area in Brazil. *Jornal de Pediatria*, 89: 263–268.
- Pan, Y.; Xia, Y.; Yu, X.; Hussain, M.; Li, X.; Liu, L.; Wang, L.; Li, C.; Leng, Y. & Jiang, S. 2021. Comparative analysis of lipid digestion characteristics in human, bovine, and caprine milk based on simulated *in vitro* infant gastrointestinal digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69: 10104–10113.
- Park, Y.W.; Juárez, M.; Ramos, M. & Haenlein, G.F.W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68: 88–113.
- Parraguez, V.; Latorre, E.; Thénot, M.; Ferrando, G. & Raggi, L. 2003. Milk composition in Alpaca (*Lama pacos*): Comparative study in two regions of Chile. *Archivos de Zootecnia*, 52: 431–439.
- Patterson, W. L. & Georgel, P.T. 2014. Breaking the cycle: the role of omega-3 polyunsaturated fatty acids in inflammation-driven cancers. *Biochemistry and Cell Biology*, 92: 321–328.
- Picard, S. 1995. Lipoprotein glyco-oxidation. *Diabetes & Metabolism*, 21: 89–94.
- Ralston, R.A.; Lee, J.H.; Truby, H.; Palermo, C.E. & Walker, K.Z. 2012. A systematic review and meta-analysis of elevated blood pressure and consumption of dairy foods. *Journal of Human Hypertension*, 26: 3–13.
- Riek, A. & Gerken, M. 2006. Changes in Llama (*Lama glama*) Milk Composition During Lactation. *Journal of Dairy Science*, 89: 3484–3493.
- Salem, N. & Van Dael, P. 2020. Arachidonic Acid in Human Milk. *Nutrients*, 12: 626.
- Santillo, A.; Figliola, L.; Ciliberti, M. G.; Caroprese, M.; Marino, R. & Albenzio, M. 2018. Focusing on fatty acid profile in milk from different species after *in vitro* digestion. *Journal of Dairy Research*, 85: 257–262.
- Santurino, C.; López-Plaza, B.; Fontecha, J.; Calvo, M. V.; Bermejo, L. M.; Gómez-Andrés, D. & Gómez-Candela, C. 2020. Consumption of goat cheese naturally rich in omega-3 and conjugated linoleic acid improves the cardiovascular and inflammatory biomarkers of overweight and obese subjects: A randomized controlled trial. *Nutrients*, 12: 1315.
- Sanz, A.; Pamplona, R. & Barja, G. 2006. Is the mitochondrial free radical theory of aging intact? *Antioxidants & Redox Signaling*, 8: 582–599.
- Siegel, G. & Ermilov, E. 2012. Omega-3 fatty acids: benefits for cardio-cerebro-vascular diseases. *Atherosclerosis*, 225: 291–295.
- Silva, N. N.; Casanova, F.; Pinto, M. da S.; Carvalho, A. F. de & Gaucheron, F. 2019. Micelas de caseína: dos monômeros à estrutura supramolecular. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22: e2018185.
- Simopoulos, A.P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 233: 674–688.
- St-Pierre, A.C.; Cantin, B.; Dagenais, G.R.; Mauriè, P.; Bernard, P.M.; Després, J.P. & Lamarche, B.B.



2005. Low-density lipoprotein subfractions and the long-term risk of ischemic heart disease in men 13-year follow-up data from the Québec cardiovascular study. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 25: 553-559.
- Sun, C.Q.; O'connor, C.J. & Robertson, A.M. 2003. Antibacterial actions of fatty acids and monoglycerides against *Helicobacter pylori*. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 36: 9-17.
- Tailford, K.A.; Berry, C.L.; Thomas, A.C. & Campbell, J.H. 2003. A casein variant in cow's milk is atherogenic. *Atherosclerosis*, 170: 13-19.
- Teng, F.; Reis, M.G.; Yang, L.; Ma, Y. & Day, L. 2020. Structural characteristics of triacylglycerols contribute to the distinct in vitro gastric digestibility of sheep and cow milk fat prior to and after homogenisation. *Food Research International*, 130: 108911.
- Thorsdottir, I.; Hill, J. & Ramel, A. 2004. Omega-3 fatty acid supply from milk associates with lower type 2 diabetes in men and coronary heart disease in women. *Preventive Medicine*, 39: 630-634.
- Velten, H. 2013. *Milk: A Global History*. In: Reaktion Books (Ed.), *Milk: A global history*.
- Venn-Watson, S.; Lumpkin, R. & Dennis, E. A. 2020. Efficacy of dietary odd-chain saturated fatty acid pentadecanoic acid parallels broad associated health benefits in humans: could it be essential? *Scientific Reports*, 10: 1-14.
- Vimaleswaran, K.S.; Zhou, A.; Cavadino, A. & Hyppönen, E. 2021. Evidence for a causal association between milk intake and cardiometabolic disease outcomes using a two-sample Mendelian Randomization analysis in up to 1,904,220 individuals. *International Journal of Obesity*, 45: 1751-1762.
- Warensjö, E.; Jansson, J.-H.; Berglund, L.; Boman, K.; Åhrén, B.; Weinehall, L.; Lindahl, B.; Hallmans, G. & Vessby, B. 2004. Estimated intake of milk fat is negatively associated with cardiovascular risk factors and does not increase the risk of a first acute myocardial infarction. A prospective case-control study. *British Journal of Nutrition*, 91: 635-642.
- White, M. J.; Armstrong, S. C.; Kay, M. C.; Perrin E. M. & Skinner, A. 2020. Associations between milk fat content and obesity, 1999 to 2016. *Pediatric Obesity*, 15: e12612.

Received February 7, 2022.

Accepted March 19, 2022.