



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE QUÍMICA

COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y CONTENIDO  
DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO EN QUESOS DE  
LECHE DE CABRA MANUFACTURADOS EN MÉXICO

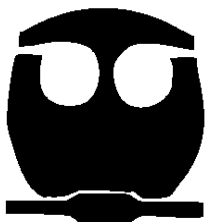
**TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**QUÍMICA DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A:

**ANGÉLICA FUENTES RAMÍREZ**



MÉXICO, D.F.

2009.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

---

## **JURADO ASIGNADO**

Presidente	AMELIA MARIA DE GUADALUPE FARRES GONZÁLEZ SARAVIA
Vocal	JOSE MARIANO GARCIA GARIBAY
Secretario	CLAUDIA DELGADILLO PUGA
1er Suplente	LETICIA GIL VIEYRA
2do Suplente	VICTOR HUGO BLANCAS MORALES

Sitio en donde se desarrollo el tema:

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR  
ZUBIRÁN.

---

**Dra. Claudia Delgadillo Puga**  
**Asesor**

---

**Angélica Fuentes Ramírez**  
**Sustentante**

---

---

## DEDICATORIA

**A mi mamita Bertha.** Por haberme apoyado en todo momento, por sus valores, por ese regaño oportuno, por la motivación constante, pero más que nada, por su amor infinito.

**A mi mamá Paty.** Por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera, por su esfuerzo, paciencia, optimismo y gran cariño.

**A mi hermana Paty.** Por su tolerancia, por escucharme y animarme siempre a seguir adelante, eres mi gran amiga.

**A mi hermano Irving.** Por fomentarme la tarea de pensar, por compartir tus conocimientos, por tu inmejorable compañía.

**A mis tíos: Blanca, Enrique y Diana.** Por sus consejos, por enseñarme a aprovechar las oportunidades y porque cuento con ustedes.

**A mis primos: Liv, Quique y Luna.** Por su alegría, por hacerme sonreír y tener siempre un tierno abrazo para mí.

**A mis familiares.** La familia Peña y José Luis Jardines por su apoyo e interés.

*Gracias por todo.  
Los quiero demasiado.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y en especial a la **Facultad de Química**, por permitirme ser parte de una generación de triunfadores.

A la **Dra. Claudia Delgadillo** por su enseñanza, confianza, paciencia y sobre todo por guiarme en el desarrollo de esta tesis. Su asesoría y opiniones sirvieron para cumplir el objetivo.

Al **INNCSZ**, en especial a los integrantes del Departamento de Nutrición Animal, por su ayuda y enseñanza: A **Patricia Torres, Rosa María Castillo, Sara Montaña, Lourdes, María Eugenia Juárez y María Elena Carranco**.

A los profesores de carrera, por sus enseñanzas, en especial a la **Dra. Amelia Farres** y al **Dr. Mariano García-Garibay** por su contribución al presente trabajo.

A mis compañeros, dentro y fuera del laboratorio del Instituto: **Jesús Valentino, Miriam Ramírez, Jocabed Alfaro, María Eugenia Gómez, Marcela de la Rosa y Álvaro Montoya** por haber hecho los días más divertidos.

A **Mayra Rosado, Lina Escobar y Jalil Fragoso** porque nos apoyamos en nuestra formación profesional desde el primer semestre, siempre las llevaré en mi corazón.

A todos mis amigos: **Karla González, Fanny Ledesma, Karla Angeles, Girasol Oliva, Gretel Salazar, Yesenia Martínez, Adriana López, Sofía Bravo, Antonia Borja, Rodrigo Jiménez y Víctor Pimentel**. Gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino.

**¡Gracias!**

Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo  
*Albert Einstein.*

**INDICE**

	<b>Págs.</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	viii
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. ANTECEDENTES</b>	3
II.1 Situación mundial de los productos caprinos	3
II.2 Situación nacional de los productos caprinos	5
II.3 La leche de cabra	7
II.3.1 Definición y composición química	7
II.3.2 Beneficios de la leche de cabra	9
II.4 El queso	10
II.4.1 Definición	10
II.4.2 Clasificación	10
II.4.3 Proceso de elaboración	12
II.4.4 Composición química	14
II.4.5 Importancia del queso	15
II.4.6 Factores que afectan la composición del queso	17
II.4.6.1 Factores de producción	17
II.4.6.2 Factores de proceso	18
II.4.6.3 Factores ambientales	19
II.5 El queso de leche de cabra	20

II.5.1	Composición química	20
II.5.2	El queso de leche de cabra en México	21
II.6	Alimentos funcionales	23
II.7	Lípidos	25
II.8	Ácidos grasos	26
II.8.1	Estructura de los ácidos grasos	26
II.8.2	Ácidos grasos $\omega$ -6 y $\omega$ -3	30
II.8.2.1	Importancia de los ácidos grasos $\omega$ -6 y $\omega$ -3 en la salud y alimentación humana	31
II.8.2.2	Fuentes alimentarias de ácidos grasos $\omega$ -6 y $\omega$ -3	33
II.8.2.3	Eicosanoides	34
II.8.3	Ácidos grasos en el queso fresco de leche de cabra	36
II.9	Ácido linoleico conjugado	38
II.9.1	Estructura del ácido linoleico conjugado	38
II.9.2	Síntesis del ácido linoleico conjugado	39
II.9.3	Beneficios del ácido linoleico conjugado en la salud	40
II.9.4	Contenido de ácido linoleico conjugado en leche y sus derivados	42
II.9.5	Factores que afectan el contenido de ácidos grasos y ácido linoleico conjugado en el queso	44
<b>III.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>46</b>
III.1	Objetivo general	46
III.2	Objetivos específicos	46

<b>IV. HIPOTESIS</b>	46
<b>V. METODOLOGÍA</b>	47
V.1 Lugar de trabajo	47
V.2 Muestras experimentales	47
V.3 Composición química	53
V.4 Determinación de lípidos totales	53
V.5 Determinación de ácidos grasos y ácido linoleico conjugado	54
V.6 Determinación de colesterol	55
V.7 Análisis estadístico	56
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	57
VI.1 Composición química	57
VI.2 Perfil de ácidos grasos saturados	63
VI.3 Perfil de ácidos grasos monoinsaturados	65
VI.4 Perfil de ácidos grasos poliinsaturados	68
VI.5 Contenido total de ácidos grasos y ácido linoleico conjugado	72
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	77
<b>IX. LITERATURA CITADA</b>	78



## INDICE DE CUADROS

	<b>Pàgs.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Distribución mundial de la producción de cabras (cabezas)	3
<b>Cuadro 2.</b> Producción mundial de leche entera de cabra (toneladas)	4
<b>Cuadro 3.</b> Producción de leche de cabra y de vaca en países de América Latina (toneladas)	5
<b>Cuadro 4.</b> Distribución y producción nacional de la leche de cabra (miles de litros)	6
<b>Cuadro 5.</b> Contenido de nutrientes básicos de la leche de cabra (g/100mL)	8
<b>Cuadro 6.</b> Composición mineral de leche de cabra, vaca y humana	9
<b>Cuadro 7.</b> Composición química de diferentes variedades de queso (g/100g)	15
<b>Cuadro 8.</b> Componentes nutrimentales afectados por el periodo de lactancia	18
<b>Cuadro 9.</b> Valores nutrimentales del queso fresco de leche de cabra (g/100g)	21
<b>Cuadro 10.</b> Alimentos funcionales, tipo de evidencia e ingesta recomendada	24
<b>Cuadro 11.</b> Nomenclatura de los ácidos grasos más frecuentes en alimentos	28
<b>Cuadro 12.</b> Alimentos que contienen ácidos grasos $\omega$ - 6 y $\omega$ - 3 (g/100g)	33
<b>Cuadro 13.</b> Ácidos grasos en queso fresco de leche de cabra pasterizada (mg/100g)	37

<b>Cuadro 14.</b>	Efectos benéficos en la salud del ácido linoleico conjugado	41
<b>Cuadro 15.</b>	Contenido promedio de <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11-C18:2 (ácido ruménico) reportado para diferentes tipos de queso	43
<b>Cuadro 16.</b>	Factores que afectan el contenido de CLA en la leche y carne de animales rumiantes	45
<b>Cuadro 17.</b>	Características generales de los quesos analizados	47
<b>Cuadro 18.</b>	Aspectos comerciales en etiqueta de los quesos de leche de cabra tipo Sainte-Maure estudiados	48
<b>Cuadro 19.</b>	Aspectos comerciales en etiqueta de los quesos de leche de cabra tipo Panela y Feta estudiados	50
<b>Cuadro 20.</b>	Aspectos nutricionales en etiqueta de los quesos de leche de cabra estudiados (por cada 100g)	51
<b>Cuadro 21.</b>	Composición química de los quesos de leche de cabra tipo Sainte-Maure estudiados (g/100g de muestra fresca)	57
<b>Cuadro 22.</b>	Composición química de los quesos de leche de cabra tipo Panela y Feta estudiados (g/100g de muestra fresca)	60
<b>Cuadro 23.</b>	Concentración de los principales ácidos grasos saturados en queso de leche de cabra tipo Sainte-Maure (mg/100g de muestra fresca)	63
<b>Cuadro 24.</b>	Concentración de los principales ácidos grasos saturados en queso de leche de cabra tipo Panela y Feta (mg/100g de muestra fresca)	65
<b>Cuadro 25.</b>	Concentración de ácidos grasos monoinsaturados en queso de leche de cabra tipo Sainte-Maure (mg/100g de muestra fresca)	66

<b>Cuadro 26.</b>	Composición de ácidos grasos monoinsaturados en queso de leche de cabra tipo Panela y Feta (mg/100g de muestra fresca)	68
<b>Cuadro 27.</b>	Composición de ácidos grasos poliinsaturados en queso de leche de cabra tipo Sainte-maure (mg/100g de muestra fresca)	70
<b>Cuadro 28.</b>	Composición de ácidos grasos poliinsaturados en queso de leche de cabra tipo Panela y Feta (mg/100g de muestra fresca)	71
<b>Cuadro 29.</b>	Porcentaje total de ácidos grasos y contenido de ácidos grasos poliinsaturados y CLA en queso de leche de cabra tipo Sainte-maure	73
<b>Cuadro 30.</b>	Porcentaje total de ácidos grasos y contenido de ácidos grasos poliinsaturados y CLA en queso de leche de cabra tipo Panela y Feta	74

INDICE DE FIGURAS

		Págs.
<b>Figura 1.</b>	Diagrama general de la elaboración del queso	13
<b>Figura 2.</b>	Estructura de un triacilglicerol	26
<b>Figura 3.</b>	Estructura cis (del mismo lado) y trans (opuestos)	27
<b>Figura 4</b>	Ácido grasos esenciales	30
<b>Figura 5.</b>	Formación de eicosanoides a partir del ácido araquidónico	35
<b>Figura 6.</b>	Estructura química del ácido linoleico y los principales isómeros del ácido linoleico conjugado ( <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 y <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12)	38
<b>Figura 7.</b>	Vías metabólicas para la biosíntesis del ácido linoleico conjugado ( <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11-C18:2)	39

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el interés por las grasas se presenta desde los niveles más elevados de la ciencia nutricional hasta los extractos más populares. En este sentido los productos de origen animal juegan un papel importante con relación a la composición de ácidos grasos, como factores de predisposición negativa o positiva para la salud humana. Según esta concepción, se sataniza a la grasa en mala (saturada), así como a los alimentos que la contienen (cárnicos y lácteos). Por otra parte, la grasa insaturada es representada por la mayoría de aceites vegetales y la grasa de animales marinos, siendo considerada como benéfica.

Sin embargo, a la luz del conocimiento actual, alimentos como la leche y la carne, principalmente de animales rumiantes, presentan un alto contenido de ácido linoleico conjugado o CLA por sus siglas en inglés, formado por una mezcla de diferentes isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico (*cis*-9, *cis*-12 C18:2,  $\omega$ -6). El isómero *cis*-9, *trans*-11 C18:2, conocido también como ácido ruménico (AR), es el más abundante de este grupo con una concentración promedio de entre 80 y 90 g/100g del total de CLA, y se produce como resultado de la actividad biohidrogenadora de la bacteria anaerobia *Butyrivibrio fibrisolvens* que se encuentra en el rumen. Se ha demostrado que estos compuestos influyen sobre diversos aspectos fisiológicos como: la reducción de las grasas corporales, actividad antidiabética, modulación de la aterosclerosis, actividad anticancerígena, mejoramiento de la mineralización de la masa ósea, disminución de los niveles de colesterol, actividad antioxidante, así como el fortalecimiento y modulación del sistema inmune.

Una de las principales fuentes dietarias del CLA es el queso. La concentración de este compuesto varía dependiendo del contenido inicial presente en la leche, el cual oscila entre 0.55 y 24 mg/g de grasa. Esta variación es dependiente de factores como la dieta, la especie, raza, la época del año, edad, etapa fisiológica y el procesamiento de los productos, entre otros.

Con relación al queso de leche de cabra manufacturado en México, se desconoce la presencia de estos compuestos, así como otros aspectos nutrimentales; contenido de humedad, proteína, lípidos y energía. Mismos que están restringidos a la información que el productor difunde a través de la etiqueta y que se limitan a las características comerciales habituales.

La determinación de la composición de ácidos grasos y el contenido de CLA en estos productos permitirá aportar mayor información tanto a nivel comercial como a nivel científico, para dar a conocer no sólo la cantidad de grasa presente, sino la calidad de la misma.

## II. ANTECEDENTES

### II.1 SITUACIÓN MUNDIAL DE LOS PRODUCTOS CAPRINOS

La producción de cabras se ha extendido por todo el mundo (Cuadro 1), adaptándose a diferentes climas, condiciones geográficas y de manejo; además forma parte importante de la vida económica de diversos países del Mediterráneo (Hatziminaoglou y Boyazoglu, 2004). En muchas regiones del mundo la producción de cabras se desarrolla en condiciones principalmente familiares y permite la obtención de diversos productos (leche, carne, piel, pelo) y el empleo de fuerza de trabajo (Arbiza, 2001; Lebbie, 2004).

**Cuadro 1.** Distribución mundial de la población de cabras (cabezas)

<b>Región</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Asia	533,866,474	546,664,912	544,953,883
África	247,234,393	243,411,505	245,063,910
América	37,786,099	40,986,681	41,106,340
Europa	18,392,284	17,985,964	18,147,782
Oceanía	917,271	930,780	943,210
Total Mundial	838,196,521	849,979,842	850,215,125

**Fuente:** FAOSTAT, 2008

Vega *et al.* (2005), indicaron que del total de cabezas de ganado caprino que hay en el mundo, sólo alrededor del 5% se encuentran en Latinoamérica. De la producción mundial de leche, la cabra aporta el 2.5% del total y se ha incrementado durante los últimos 20 años en un 70%, siendo más significativa la inclusión de los países con bajos ingresos (Boyazoglu y Morand-Fehr, 2001).

Mundialmente Asia se ubica como la región más productiva de leche entera de cabra (Cuadro 2) en los últimos tres años, con 8 millones de toneladas, lo que representa más del 57% de la producción total a nivel mundial, seguida por África con 21%. (FAOSTAT, 2008). En estas dos regiones, sin embargo, los rendimientos promedios son significativamente inferiores a los de Europa, donde con un número de cabezas que representa el 2,6% del total mundial se genera el 18,8%, del volumen total de leche caprina. Dentro de esa región, países como Francia, España y Grecia son los principales países productores de leche de cabra. En estos países el destino más importante de la leche caprina es la elaboración de diferentes tipos de queso, un producto muy demandado a nivel mundial, principalmente el de origen francés.

**Cuadro 2.** Producción mundial de leche entera de cabra (toneladas)

<b>Región</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Asia	8,167,781	8,058,310	8,248,847
África	3,138,191	3,127,163	3,038,890
Europa	2,529,933	2,546,587	2,585,930
América	539,416	653,645	658,827
Total Mundial	14,375,361	14,385,745	14,532,534

**Fuente:** FAOSTAT, 2008

En Estados Unidos y Canadá, el queso de leche de cabra comenzó a considerarse un producto gourmet a principio de los ochentas, por lo que su demanda se ha acrecentado. Hoy en día, esta industria es muy activa en estos países y existen asociaciones, revistas y ferias enfocadas a productos caprinos.

En América Latina, los principales países productores de leche de cabra son Brasil y México, sin embargo la importancia económica en este sector es muy baja, en comparación con el sector de la leche de vaca (Cuadro 3).



En nuestro país durante las últimas dos décadas, se ha intensificado la comercialización del queso de leche de cabra; circunstancia que ha contribuido en la mejora económica de la industria caprina (Vega *et al.*, 2005; Dubeuf, 2005).

**Cuadro 3.** Producción de leche de cabra y vaca en países de América Latina (toneladas)

<b>País</b>	<b>Leche de cabra</b>	<b>Leche de vaca</b>
México	165,000	9,599,473
Brasil	137,000	25,327,000
Perú	21,000	1,500,000
Chile	10,000	2,450,000
Ecuador	6,400	2,600,000

**Fuente:** FAOSTAT, 2008

## II.2 SITUACIÓN NACIONAL DE LOS PRODUCTOS CAPRINOS

Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles después de la conquista y se adaptaron desde entonces en gran parte del territorio nacional (Arbiza, 2001).

En México, la demanda de derivados de leche caprina se ha incrementado paulatinamente a través del consumo de algunas variedades de quesos y dulces como la cajeta. De la producción total anual estimada, porque no existen datos oficiales, el 70% de la leche se consume cruda o se utiliza para elaborar quesos artesanales, y su comercialización es local. El 30% se usa en la industria; de este porcentaje, alrededor del 20% se transforma en queso y el 10% restante en cajeta y dulces (Trujillo y Almudena, 2004).

En el Cuadro 4 se presenta la distribución nacional de la producción de leche caprina, siendo Coahuila, Durango, Guanajuato, Chihuahua, Jalisco, Zacatecas y Nuevo León los principales estados productores, aportando más del 90% de la producción nacional (SIAP, 2008).

**Cuadro 4.** Distribución y producción nacional de leche de cabra (miles de litros)

<b>Estado</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008*</b>
Coahuila	53,110	54,908	57,370	58,638
Durango	40,414	39,952	40,285	38,125
Guanajuato	24,031	24,090	24,097	24,015
Chihuahua	11,548	10,286	10,434	9,501
Jalisco	5,980	6,156	6,360	6,303
Zacatecas	4, 980	5,339	4,986	5,070
Nuevo León	4,608	4,831	5,139	4,932
Tlaxcala	4,281	3,146	3,405	3,443
Michoacán	3,713	3,735	3,753	3,776
San Luis Potosí	3,186	3,337	3,786	3,537
Veracruz	2,051	2,025	2,005	2,222
Baja California Sur	2,217	1,689	2,350	2,868
Puebla	1,471	1,413	1,409	1,786
Sonora	1,342	1,874	1,433	1,233
Querétaro	569	522	505	511
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>164,248</b>	<b>163,958</b>	<b>167,944</b>	<b>166,585</b>

Fuente: SIAP, 2008.\*Pronóstico.

En México durante el año 2007 la producción de leche de cabra fue de 167 millones de litros aproximadamente (SIAP, 2008), de esta producción la mayoría es consumida sin hervir, por las familias de los caprinocultores, o se utiliza de manera artesanal para la elaboración de quesos y dulces, los que generalmente se comercializan a través de intermediarios que trasladan la producción a mercados de ciudades cercanas a los hatos (Iruegas *et al.*, 1999).

## **II.3 LA LECHE DE CABRA**

### **II.3.1 DEFINICIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Se entiende por leche al producto obtenido de la secreción de la glándula mamaria de vacas, ovejas, cabras o búfalas, sin calostro, el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede someterse a otras operaciones tales como clarificación, homogenización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación (NOM-155-SCFI-2003).

Entre los principales componentes de la leche, encontramos agua, carbohidratos, lípidos, proteínas y otras sustancias nitrogenadas, sales minerales, vitaminas, ácidos orgánicos, enzimas y microorganismos. El componente más abundante de la leche es el agua y en ella se encuentran, en disolución; sales, azúcares, proteínas del suero, lactosa y vitaminas hidrosolubles. Por otra parte en suspensión coloidal se encuentran micelas de caseína, proteínas globulares y partículas lipoproteicas y finalmente la materia grasa se encuentra en emulsión (Losada, 2002).

En el Cuadro 5 se muestran las características nutrimentales de la leche de cabra a través de la revisión de los principales autores del tema; donde el nivel de proteína y grasa registran un promedio de 3.3 y 4.2 g/100mL respectivamente, el 40% de esta última, deriva directamente de la grasa dietaria, el 10% de las reservas existentes en el

tejido adiposo y el 50% restante de la síntesis *de novo* en la glándula mamaria (Maree, 1978; Haenlein, 2001; 2004).

El contenido de ácidos grasos libres puede variar dependiendo la raza y el tiempo de lactación, mostrando su pico a mediados de este periodo (Agnihotri y Prasad, 1993). Además contiene 2.01 mg/100g de ácidos saturados, los cuales proporcionan el olor y sabor característico de los productos caprinos; 1.60 mg/100g de ácidos grasos monoinsaturados y 0.50 mg/100g de ácidos grasos poliinsaturados (Maree, 1978; Gervilla, 2001; Haenlein, 2001; 2004; USDA, 2007).

**Cuadro 5.** Contenido de nutrientes básicos de la leche de cabra (g/100 mL)

Autor	Humedad	Proteína (N x 6.38)	Grasa	Carbohidratos	Energía kcal/100mL	Colesterol mg/100mL	
						HPLC	CG
Park, 2000	88.70	2.92	3.40	4.15	-	19.5	11
Posanti y Orr, 1976	87.03	3.56*	4.14	4.45	69	-	11
Muñoz <i>et al.</i> , 2002	87.00	3.60	4.10	4.40	69	-	11
Morales <i>et al.</i> , 2000	88.10	3.00	-	-	56	-	-
Simos <i>et al.</i> , 1991	85.88	3.56	5.18	-	-	-	-
USDA, 2007	87.03	3.56*	4.14	4.45	69	-	11

\*Proteína (Nx5.9). Por sus siglas en Inglés HPLC= High resolution liquid chromatography;

CG =Cromatografía de gases

La leche de cabra contiene 11 mg/100 mL (Cuadro 5) de colesterol, cifra que es inferior al contenido de la leche de vaca, la cual tiene 14 mg/100 mL (Posati y Orr, 1976; USDA, 2007). La concentración mineral de la leche de cabra se encuentra marcadamente influenciada por el contenido de calcio, fósforo y potasio los cuales presentan una concentración promedio de 125, 98.2 y 159.14 mg/100 mL respectivamente. Por su parte los niveles de hierro en este producto son muy bajos 0.05 mg/100 mL (O'Connor, 1994).

### II.3.2 BENEFICIOS DE LA LECHE DE CABRA

Este producto ha sido utilizado con frecuencia por sus méritos terapéuticos y nutricionales; en este sentido por el gran contenido de ácidos grasos de cadena corta y mediana (C6:0-C10:0) que supera al de otros rumiantes con 16% de dichos compuestos, frente a 8% y 12% para la leche de vaca y oveja respectivamente. Esta proporción hacen a la leche de cabra más digestible, por lo cual es usada para el tratamiento de pacientes con síndrome de mala absorción nutricional. Otra propiedad es el tamaño del glóbulo de grasa (3.49  $\mu\text{m}$ ), siendo menor en comparación al de la leche de vaca (4.55  $\mu\text{m}$ ), lo que contribuye a una rápida y fácil digestión (Park, 1994).

El consumo de este producto se ha asociado con un incremento en la ganancia de peso, estatura, concentraciones adecuadas de vitamina A, tiamina, riboflavina y niacina (Park *et al.*, 1986; Jandal, 1996). También se ha utilizado en el tratamiento de úlceras gástricas debido a su excelente capacidad de amortiguar el pH, la cual está influenciada por las proteínas, particularmente por la caseína y los fosfatos (Jandal, 1996; Park, 1991; 1992). La leche de cabra destaca por su alto contenido mineral, principalmente en calcio y fósforo, componentes indispensables en la formación de los huesos (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Composición mineral de la leche de cabra, vaca y humana (mg/L)

	<b>Cabra</b>	<b>Vaca</b>	<b>Humana</b>
Calcio	1260	1200	320
Fósforo	970	920	150
Sodio	380	450	550
Magnesio	130	110	40
Hierro ( $\mu\text{g/L}$ )	550	460	600
Zinc ( $\mu\text{g/L}$ )	3400	3800	3000
Cobre ( $\mu\text{g/L}$ )	300	220	360

Fuente: Raynal-Ljutovac, *et al.* 2008

Por otro lado la leche de cabra no contiene caroteno, cuyo pigmento proviene de la clorofila de las plantas, y proporciona una coloración amarilla a la leche, a la mantequilla y al queso de leche de vaca. La leche y el queso de cabra son de una blancura que los caracteriza perfectamente en relación con sus homólogos bovinos u ovinos (Quittet, 1990).

## **II.4 EL QUESO**

### **II.4.1 DEFINICIÓN**

En México el queso está definido de acuerdo a la NOM-121-SSA1-1994 como un producto elaborado a partir de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado.

### **II.4.2 CLASIFICACIÓN**

Las modificaciones realizadas durante el proceso de elaboración de los quesos dan lugar a una gran variedad de éstos, pudiéndose ajustar al gusto de cada consumidor. No obstante, no existe un esquema de clasificación unánimemente aceptado a nivel internacional para todos los quesos conocidos, dado el número de características por considerar, y suelen ser clasificados dependiendo del criterio de cada autor.

A continuación se muestran algunas clasificaciones empleando diferentes criterios (Alais, 1985; Bernal, 1992; Villegas de Gante, 2000):

- a) Tipo de materia prima. De acuerdo al tipo de leche empleada: leche de vaca, cabra, oveja, búfala o una mezcla de éstas.
- b) Tipo de coagulación. De acuerdo al tipo de coagulación empleada para la obtención de la cuajada: acidificación, por adición de cuajo o combinación de ambos.
- c) Tipo de pasta. Consistencia: untable, friable, hilada, etc.
- d) Contenido de humedad. Por la cantidad de humedad que presenta el producto denominándose en: frescos (73-87%), blandos (48-76%), semiduros (42-52%), duros (30-40%) y extraduros (<31%).
- e) Grado de maduración. Frescos, medianamente madurados y fuertemente madurados.
- f) Tipo de maduración. Por bacterias, mohos o la combinación de éstos.
- g) Contenido de grasa. Consiste en la cantidad de grasa presente: doble crema (65-85%), crema (50-65-%), grasos (40-50%), semigrasos (10-25%) y magros (<10%).

Por otro lado, en la NOM-121-SSA1-1994, clasifican a los quesos de acuerdo a su proceso en:

- a) Quesos frescos. Productos que se caracterizan por ser productos de alto contenido de humedad, sabor suave y no tener corteza, pudiendo o no adicionarle ingredientes opcionales y tener un periodo de vida de anaquel corto, requiriendo condiciones de refrigeración.
- b) Quesos madurados. Alimentos que se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza; sometidos a un proceso de maduración mediante la adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y

humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto del que se trate, lo que permite prolongar la vida de anaquel, los cuales pueden o no requerir condiciones de refrigeración.

c) Quesos procesados. Productos que se caracterizan por ser elaborados con mezclas de quesos, fusión y emulsión con sales fundentes, aditivos para alimentos permitidos e ingredientes opcionales, sometidos a proceso térmico de 70°C durante 30 segundos o someterse a cualquier otra combinación equivalente o mayor de tiempo y temperatura, lo que le permite prolongar su vida de anaquel

#### II.4.3 PROCESO DE ELABORACIÓN

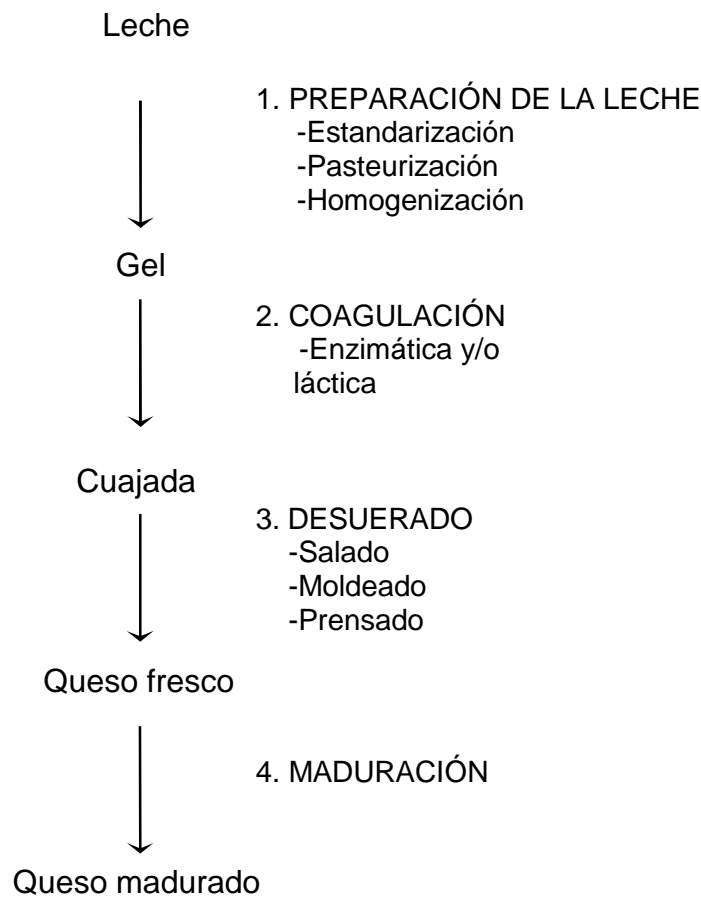
La fabricación del queso consiste básicamente en la coagulación de la leche y su conversión en una dispersión coloidal, en un gel conocido como cuajada, con la subsiguiente separación del suero (García-Garibay *et al.*, 2004). Distinguiéndose cuatro operaciones fundamentales comunes a la fabricación de quesos: la preparación de la leche, la coagulación, el desuerado y la maduración. La Figura 1 muestra un diagrama general de la elaboración del queso (Fox y Cogan, 2004).

Las diferencias que generan la enorme variedad de quesos existentes están en las variaciones particulares para cada una de las operaciones mencionadas, así como el tipo de leche y microorganismos utilizados (García-Garibay *et al.*, 2004).

La primera fase en la elaboración general del queso es la preparación de la leche; indispensable para obtener productos de buena calidad microbiológica, nutricional y sensorial, además de permitir reducir los defectos de fabricación. La leche puede sufrir un fuerte deterioro por contaminación y desarrollo microbiano, por ello se aplican tratamientos térmicos para reducir el número de bacterias indeseables tales como; termización o pasteurización.



**Figura 1.** Diagrama general de la elaboración del queso



**Fuente:** Fox y Cogan, 2004.

La coagulación es la segunda etapa en la elaboración del queso, la cual resulta del cambio irreversible de la leche del estado líquido al estado semisólido denominado gel o coágulo, formándose por acidificación y/o por la acción del cuajo añadido. Sin embargo, este estado físico es inestable y el lactosuero, compuesto de agua, lactosa, sales minerales, proteínas y muy poca materia grasa se separa del coágulo formado. Esta fase de exudación corresponde al desuerado, que tiene por tanto, un papel de deshidratación, deslactosado y desmineralización (Mahaut *et al.*, 2003).

La maduración es la última fase de la elaboración de los quesos, donde ocurre la pérdida de humedad y en la que suceden tres grandes fenómenos bioquímicos: la

fermentación de la lactosa a ácido láctico, la degradación de las proteínas en elementos más simples (péptidos, aminoácidos, amoníaco) y la hidrólisis de la materia grasa (lipólisis); estas transformaciones consiguen desarrollar el sabor, el aroma y la textura finales (Mahaut *et al.*, 2003).

#### II.4.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química del queso se ve influenciada por el tipo de leche utilizada (alta en grasa, baja en grasa o descremada, especie y raza del animal, temporada del año, hora de ordeña y periodo de lactancia entre otros factores), el proceso de manufactura y en menor medida por el grado de maduración (O'Brien y O'Connor, 2004).

Los nutrientes de la leche insolubles en agua (caseína coagulada, minerales coloidales, grasa y vitaminas liposolubles) son retenidos en la cuajada, mientras que los constituyentes de la leche solubles en agua (proteínas del suero, lactosa, vitaminas hidrosolubles y minerales) se separan en el suero (O'Brien y O'Connor, 2004).

En este sentido, el queso posee un alto contenido de proteínas biológicamente importantes, una parte considerable de estas proteínas se encuentra degradada y solubilizada en pequeños péptidos y aminoácidos bajo la influencia de una serie de enzimas diferentes según los microorganismos, proceso conocido como proteólisis; donde las proteínas del queso son más digestibles (Dillon, 1990).

Como se muestra en el Cuadro 7, el contenido de proteína del queso se encuentra en un intervalo del 9 al 40%, dependiendo del tipo de queso. Otros autores señalan que dicho contenido oscila entre 10 y 30% según el proceso de elaboración (Dillon, 1990). El contenido de proteína tiende a ser inversamente proporcional al contenido de grasa (O'Brien y O'Connor, 2004).

**Cuadro 7.** Composición química de diferentes variedades de queso (g/100g)

Tipo de Queso	Humedad	Proteína	Grasa	Colesterol (mg/100g)	Energía (kcal/100g)
Edam	43.8	26.0	25.4	80	333
Emmental	35.7	28.7	29.7	90	382
Feta	56.5	15.6	20.2	70	250
Gouda	40.1	24.0	31.0	100	375
Gruyere	35.0	27.2	33.3	65	409
Mozzarella	49.8	25.1	21.0	65	289
Parmesano	18.4	39.4	32.7	100	452
Ricotta	72.1	9.4	11.0	50	144
Roquefort	41.3	19.7	32.9	90	375
Petit suisse	79.0	8.5	7.5	-	118
Panela	58.0	20.0	20.0	-	-
Cotija	37.4	28.8	24.0	-	-
Oaxaca	49.1	24.4	19.9	-	-

**Fuente:** O'Brien y O'Connor, 2004; Villegas de Gante, 2003.

Del mismo modo en el Cuadro 7, se tiene que el contenido energético de los diferentes quesos varía entre 118 kcal/100g para queso fresco como el Petit suisse y 452 kcal/100g para quesos madurados como el queso Parmesano, siendo los lípidos la parte esencial de donde proceden las calorías, aportando el 70% del total de energía (O'Brien y O'Connor, 2004; Villegas, 2003).

#### II.4.5 IMPORTANCIA DEL QUESO

En México, el queso se ha elaborado desde tiempos de la Colonia, cuando los conquistadores españoles trajeron a la Nueva España los primeros hatos de ganado

vacuno. Pronto se desarrollaron zonas de fuerte actividad ganadera, tal como la de Los Altos de Jalisco, que desde antaño ha estado vinculada a la actividad productora del queso; donde según Villegas de Gante (2003) el queso reviste en el país una importancia múltiple clasificándose de la siguiente manera:

- a) Incrementa el valor de los sólidos de la leche en comparación con la leche fluida para consumo directo; en su elaboración se alienta la actividad económica al crearse valor agregado.
- b) Conserva mejor los sólidos de la leche; esto es sobre todo importante en zonas de condiciones ambientales hostiles a la preservación tales como los trópicos o las áreas calurosas.
- c) Constituye una forma de comercializar la leche (aunque transformada) en regiones donde no existe el hábito del consumo de leche fluida.
- d) Constituye una alternativa para canalizar o desplazar la leche (ya transformada en queso) de las zonas productoras, a menudo mal comunicadas, hasta los centros de consumo frecuentemente alejados.
- e) Es un alimento muy valioso, pues proporciona elementos esenciales para una adecuada nutrición (proteínas, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas).
- f) Es un producto de gran diversidad composicional y sensorial que satisface las necesidades gustativas de todo tipo de consumidores.
- g) El contenido en lactosa en el queso es despreciable ya que ésta se ha perdido en el lactosuero o ha sido transformada en ácido láctico durante su elaboración y maduración, lo que lo convierte en un producto adecuado para ser consumido por personas intolerantes a la lactosa.

## II.4.6 FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICIÓN DEL QUESO

### II.4.6.1 FACTORES DE PRODUCCIÓN

La producción y composición del queso depende de la producción y composición de la leche, que a su vez varía en función de diversos factores, como:

- a) La raza del animal. El rendimiento anual y la composición de la leche pueden llegar a variar significativamente de una raza respecto a otra (Fekadu *et al.*, 2005; Elgersma *et al.*, 2006;).
- b) La edad del animal. La producción de leche puede aumentar, gradualmente, desde el 1<sup>er</sup> parto hasta el 4<sup>to</sup> y 6<sup>to</sup> para posteriormente disminuir; en cuanto a su composición, la grasa disminuye conforme avanza la edad (Elgersma *et al.*, 2006).
- c) Individualidad. Se ha observado que, animales de la misma raza y edad, con peso equivalente, sometidos a un régimen y a una alimentación idénticas presentan, en el mismo periodo de lactancia, diferencias desde el punto de vista de la calidad y riqueza de la leche, ya sea por factores genéticos (variación de 1-2% grasa); o bien, por los microorganismos presentes en el rumen (Luquet, 1993; Fekadu *et al.*, 2005)
- d) Manejo. Si los intervalos entre ordeñas son cortos, hay menos producción de leche; la leche tiene tendencia a aumentar en contenido de grasa en el curso de la ordeña, pero la leche de una ordeña incompleta puede resultar semi-descremada. Por otra parte, la ordeña completa induce la secreción adecuada de grasa, de ahí su importancia en el aspecto productivo; por otra parte en caso de no realizarse la ordeña resulta inhibida la producción de leche (Amiot, 1991; Schlimme, 2002).
- e) Periodo de lactancia. Etapa que comprende desde el primer día de parto hasta la época que el animal cesa de dar leche. En general, la producción máxima se encuentra entre la segunda y cuarta lactancia; posteriormente decae (Palma, 1995;

Varnam, 1995; Prieto, 2000; Elgersma *et al.*, 2006). La variación en la composición de la leche se muestra en el Cuadro 8.

- f) Estado sanitario. De acuerdo a la salud del animal, podría disminuir la concentración de los compuestos; por ejemplo, la grasa disminuye durante los estados patológicos (Luquet, 1993; Fekadu *et al.*, 2005).

**Cuadro 8.** Componentes nutrimentales afectados por el periodo de lactancia

Componente	Características
Proteínas	Disminuye en el primer mes y aumenta a lo largo de la lactación; aunque las proteínas del lactosuero presentan mayor concentración en los primeros días después del parto.
Grasa	Máxima cantidad en el calostro, disminuyendo a lo largo de la lactación y aumentando al final.
Minerales	Menor cantidad al principio y final de la lactación.
Carbohidratos	Aumentan durante el 1 <sup>er</sup> mes de la lactación, posteriormente se mantienen constantes.

**Fuente:** Luquet, 1993; Varnam, 1995

#### II.4.6.2 FACTORES DE PROCESO

Según Fekadu *et al.* (2005) y Villegas de Gante (2000) existen diversas etapas en la elaboración del queso que modifican las características finales del queso tales como:

- a) Cortado. Dependiendo lo fino del corte que realice el productor se favorece el desuerado que, finalmente, se ve reflejado en el porcentaje de humedad de la cuajada y por ende en el producto final.

- b) Tiempo de cuajado. Cuanto menor es el tiempo de coagulación, se dificulta el desuerado; lo que modifica el contenido de proteína, grasa y humedad en la cuajada.
- c) Acidez. El efecto de la acidificación produce cambios en la cantidad de agua retenida en la cuajada; modificando el contenido de proteína y grasa
- d) Cocimiento o Escaldado. Las temperaturas de calentamiento bajas conducirán a cuajadas con mayor contenido de humedad y temperaturas altas de cocción conducen a una cuajada seca y dura con menor contenido de humedad.
- e) Homogenización. Este proceso es usado para ciertos quesos en donde se desee aumentar la lipólisis, de tal modo que influye en el contenido de grasa final del queso.
- f) Salado. Dependiendo de la concentración de sal que agregue el productor, se modifican las características sensoriales; así como el contenido de humedad del producto.
- g) Desuerado y prensado. Influye dependiendo la presión que se ejerza sobre la cuajada que finalmente se traduce en el porcentaje de humedad.
- h) Madurado. Dependiendo del tiempo y temperatura, los microorganismos presentes darán al producto cierta acidez, humedad, textura, sabor y aroma. Asimismo, se suelen perder compuestos; por ejemplo, la vitamina riboflavina.

#### II.4.6.3 FACTORES AMBIENTALES

El clima, suelo y explotación agrícola son algunos de los factores que influyen en la composición de los quesos.

- a) Situación geográfica, estación y clima. En general, la producción de leche tiende a aumentar en verano y disminuir en invierno y, en forma similar, el contenido de grasa y sólidos de la leche aumenta durante el verano, teniendo tendencia a disminuir durante el invierno. También se dice que la leche es más rica en grasa por las tardes (Amiot, 1991; Lu y Foo, 2001).
  
- b) Sistema de alimentación. Dependiendo de la cantidad y composición del alimento proporcionado al animal, varía la composición de la leche: por ejemplo, si se reduce la cantidad de alimento, disminuye la producción, aumenta el porcentaje de sólidos pero no hay gran disminución de grasas. En cambio, si es insuficiente la presencia de vegetales verdes en la alimentación del rumiante, se tendrá un descenso en la producción de leche debido a que la fermentación en el rumen no es efectiva, pues disminuye la formación de ácido acético y otros ácidos que son los principales formadores de ácidos grasos (Palma, 1995; Schlimme, 2002; Elgersma *et al.*, 2006).

## II.5 EL QUESO DE LECHE DE CABRA

El queso de leche de cabra es altamente apreciado por los consumidores debido a su sabor y aroma típicos; además de presentar características nutrimentales ligadas al sistema de alimentación, las cuales poseen diversos efectos en beneficio de la salud del consumidor. Este producto es también muy apreciado de acuerdo al sitio y sistema de producción; particularmente cuando posee un certificado de denominación de origen o certificación de elaboración con leche cruda, así como de pastoreo (Rubino *et al.*, 1999; Haenlein, 2004).

### II.5.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El Cuadro 9 muestra la composición nutrimental de queso de leche de cabra reportada por varios autores. Las metodologías empleadas en la cuantificación de determinados



compuestos generan variaciones en las concentraciones reportadas, tal es el caso del contenido de colesterol, el cual en un principio se determinaba colorimétricamente y en la actualidad se emplea la cromatografía de gases o líquidos para su cuantificación.

**Cuadro 9.** Valores nutrimentales del queso fresco de leche de cabra (g/100g)

	<b>Gambelli <i>et al.</i>, 1999</b>	<b>Park, 2000</b>	<b>Kosikousky y Mistry, 1997</b>	<b>Bonilla, 2005</b>	<b>Cuchillo, 2006</b>
Humedad	67.0	59.8	60.7	56.5	53.2
Proteína	9.0	18.9	18.5	16.2	14.5
Grasa	18.6	22.5	21.0	14.5	22.0
Energía (kcal/100g)	215	-	268	238	240
Colesterol (mg/100g)	55.2	109.9	46	90.3	91.6

## II.5.2 EL QUESO DE LECHE DE CABRA EN MÉXICO

El queso, por su alto contenido de proteínas y minerales, debería considerarse como alimento de consumo básico; sin embargo, en México esto no es así, ya que su consumo por habitante al año se considera bajo, al compararse con Francia e Italia. El consumo reducido de queso en México refleja hábitos alimenticios inadecuados de la población urbana, así como la pobreza en el sector rural (Peraza, 1987), siendo tan limitada su ingestión que el 40% de la población nunca consume lácteos y 15% los consume en forma limitada (Morales *et al.*, 2003).

Tradicionalmente la dieta del mexicano es pobre en proteínas de origen animal, lo cual podría cambiar con la adición del queso como alimento de consumo frecuente (Morales

*et al.*, 2003); cabe recordar que este derivado lácteo es un ingrediente indispensable en múltiples platillos de la comida típica mexicana. El queso de leche de cabra es un producto que ha dejado de encontrarse exclusivamente en forma artesanal en las carreteras y cuya presencia, ahora en diversas variedades, se ha desplegado en los supermercados, restaurantes y tiendas gourmet de todo el país (Bonilla, 2005).

En México existe una gran variedad de quesos de leche caprina los cuales tienen una estrecha relación con los de origen Europeo, principalmente con los de tipo Francés; además de incorporar algunas prácticas e ingredientes locales (especies y semillas) que les brindan una identidad muy especial (Bonilla, 2005).

El queso de leche de cabra en México es típicamente suave y característicamente untable; la información referente a los aspectos nutrimentales de este producto está basada en la información que el productor difunde a través de la etiqueta y que se restringe a las características comerciales habituales (Bonilla, 2005).

Existen en el mercado nacional aproximadamente 30 marcas comerciales, tanto nacionales como extranjeras (provenientes de España y Francia principalmente). Alrededor de 20 productos comerciales son elaborados en México y en su mayoría son del tipo Sainte-Maure, cuya pasta es blanda, untuosa y de color blanco. También se ofrece queso tipo Feta de origen griego de pasta dura y amarillenta, cuyo sabor y olor es más intenso que el queso de origen francés.

Las diferentes presentaciones que se ofrecen al consumidor pueden incorporar, nuez, chipotle, yerbas finas, ajonjolí, ajo, cebolla y ceniza; con formas de rollo, pirámide y de disco, siendo envasados al vacío en su gran mayoría. El queso de cabra tiene un sabor muy especial que no tiene la leche de vaca; generalmente es usado en ensaladas o acompañando un buen vino, pero se pueden elaborar infinidad de platillos.

## II.6 ALIMENTOS FUNCIONALES

Un alimento funcional es cualquier sustancia que se considere un alimento bajo el artículo 221 de la Ley General de Salud, o parte de un alimento o ingrediente, que provea beneficios médicos o de salud, incluyendo la prevención y tratamiento de una enfermedad; su ingesta puede reducir el riesgo a contraer enfermedades crónicas además de proporcionar las funciones nutrimentales básicas. Este alimento o ingrediente ha de comprobar sus beneficios fisiológicos, así como la seguridad para su consumo (Rodríguez, 2001).

Algunos de los compuestos identificados como funcionales provienen de vegetales, aunque una parte muy importante corresponde a los zooquímicos (Cuadro 10), destacan también ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6, vitaminas como la A, E, flavonoides y ácidos hidroxicinámicos; aunque estos últimos no ha sido descritos en su totalidad en derivados lácteos manifiestan propiedades sumamente interesantes para mantener la salud, además de que todos estos compuestos permiten un sinergismo que le atribuyen características de actividad antioxidante, particularmente al queso fresco de leche de cabra alimentadas bajo sistemas de pastoreo como alimento funcional (Cuchillo *et al.* 2005; 2006).

**Cuadro 10.** Alimentos funcionales, tipo de evidencia e ingesta recomendada

<b>Alimento Funcional</b>	<b>Componente bioactivo</b>	<b>Beneficio a la salud</b>	<b>Tipo de evidencia</b>	<b>Consumo recomendado</b>
Linaza	Fibra soluble	Reduce colesterol total y LDL	Ensayos Clínicos	1 g/día
Soya	Proteína	Reduce colesterol total y LDL	Ensayos Clínicos	25 g/día
Avena completa	Glucanos	Reduce colesterol total y LDL	Ensayos Clínicos	3 g/día
Jugo de Toronja	Proantocianidinas	Reduce infecciones del tracto urinario	Ensayos Clínicos	300 ml/día
Pescado	Ácidos grasos $\omega$ -3	Reduce triglicéridos y enfermedades coronarias	Ensayos Clínicos y epidemiológicos	Dos porciones/ semana 0.5-1.8g EPA+DHA
Huevos enriquecidos con ácidos $\omega$ -3	Ácidos grasos $\omega$ -3	Reduce colesterol total	Ensayos Clínicos	Desconocido
Te verde	Catequinas	Reduce el riesgo de ciertos tipos de cáncer	Estudios epidemiológicos	4-6 tazas/día
Tomates	Lycopeno	Reduce el riesgo de cáncer de próstata	Epidemiológicos	½ taza/d (30 mg o 10 piezas/semana)
Carne de pastoreo, pavo y leche	CLA	Reduce cáncer de mama	Estudios <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i>	Desconocido
Productos lácteos fermentados	Probióticos Ácidos grasos $\omega$ -3 y $\omega$ -6 Terpenos, antioxidantes Compuestos fenolicos	Ayuda a la salud intestinal Reduce el colesterol total Reduce el riesgo de cáncer Disminuye los radicales libres	<i>In vivo</i> , <i>in vitro</i> , y datos clínicos	1 a 2 billones de UFC/día

LDL= lipoproteínas de baja densidad; EPA=Ácido eicosapentaenoico; DHA=Ácido docosahexaenoico; UFC= Unidades formadoras de colonias.

**Fuente:** Hasler, 1998.

## II. 7 LÍPIDOS

Los lípidos (del griego *lipos*, grasa) están constituidos por muchos compuestos químicos diferentes que comparten su insolubilidad en agua y solubilidad en disolventes orgánicos que incluyen acetona, éter y cloroformo. Estos compuestos varían en dimensiones y polaridad; van desde triglicéridos (TG) hidrófobos y ésteres del estero, hasta fosfolípidos más hidrosolubles y cardiolipina. Los lípidos de la dieta también involucran fitoesteroles y colesterol (Mataix, 2004). Este último es una sustancia de extraordinario interés biológico ya que forma parte de las membranas celulares y es precursor de esteroides hormonales, ácidos biliares y vitamina D. Es asimismo minoritario en la dieta en relación a la ingesta de triglicéridos, aunque en los patrones de alimentación occidental se suele ingerir en exceso (Voet y Voet, 1995).

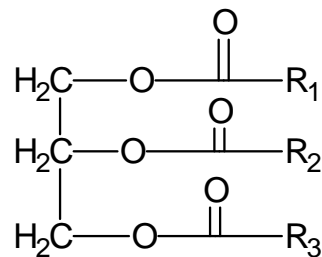
Desde el punto de vista alimentario, los componentes lípidicos cualitativamente y cuantitativamente más importantes y característicos son los triglicéridos o triacilgliceroles; estos compuestos son ésteres del glicerol con ácidos grasos (AG) que tienen gran contenido energético: proporcionan alrededor de 9 kcal/g (38 kJ) frente a las 4 kcal/g (17 kJ) que originan los hidratos de carbono y las proteínas (Mataix, 2004).

A los triglicéridos se les suele identificar propiamente como “la grasa” ya que representan más del 95% del peso de grasas y aceites. Un triglicérido está formado por la condensación de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos (Figura 2); por lo que las características físicas y químicas de las grasas y aceites dependen principalmente del tipo y cantidad de ácidos grasos que la componen y su distribución en los triglicéridos (Voet y Voet, 1995). A veces, esta grasa es visible para el consumidor (mantequilla y aceite), pero en otras ocasiones no es visible, bien porque esta mezclada con los otros componentes de los alimentos (en la leche) o porque forma parte de los tejidos (Mataix, 2004).

Otros lípidos alimentarios son los lípidos complejos (glicerofosfolípidos y esfingolípidos) los cuales cumplen con funciones estructurales al ser las principales moléculas que

forma parte de las membranas celulares. Además, algunos de los ácidos grasos que entran en su composición dan origen a compuestos con gran actividad biológica; denominados eicosanoides. Los lípidos complejos tienen, en cambio poca importancia cualitativa y cuantitativa en cuanto a su aporte dietético (Mataix, 2004).

**Figura 2.** Estructura de un triacilglicerol



Triacilglicerol

**Fuente:** Voet y Voet, 1995.

## II. 8 ÁCIDOS GRASOS

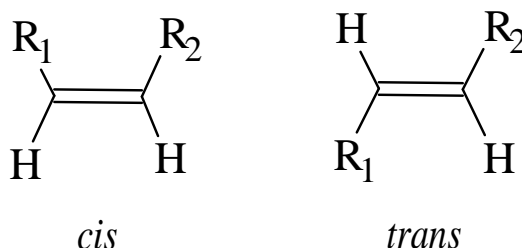
### II. 8. 1 ESTRUCTURA DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos con cadenas laterales hidrocarbonadas, frecuentemente se hallan en forma esterificada como componentes mayoritarios de los triglicéridos, lípidos complejos y colesterol. Los ácidos de interés biológico contienen un número par de átomos de carbono (fundamentalmente entre 4 y 26) y se pueden clasificar en cuatro grupos de acuerdo con la longitud de su cadena (Voet y Voet, 1995):

- Ácidos grasos de cadena corta (4-8 carbonos)
- Ácidos grasos de cadena media (10-12 carbonos)
- Ácidos grasos de cadena larga (14-18 carbonos)
- Ácidos grasos de cadena muy larga (20 o más carbonos)

También se clasifican por el grado de saturación, agrupándose en ácidos grasos (AG) saturados, monoinsaturados y poliinsaturados; en los saturados no existen dobles ligaduras en la cadena de hidrocarburos, los monoinsaturados tienen una doble ligadura en la cadena y los poliinsaturados cuentan con dos o más dobles ligaduras en la cadena (Mataix, 2004). En los ácidos grasos la disposición espacial de los hidrógenos en los enlaces simples es *trans*, mientras que los dobles enlaces adoptan casi siempre una conformación de tipo *cis* (Figura 3).

**Figura 3.** Estructura *cis* (del mismo lado) y *trans* (opuestos)



**Fuente:** Mataix, 2004

Aunque en proporciones bajas, también hay AG con dobles enlaces en posición *trans*; estos proceden de manera natural de la grasa de la leche y de la carne de rumiantes en cuyos compartimientos gástricos se forman por efecto de los microorganismos, como *Butyrivibrio fibrisolvens*. También se pueden originar por transformación química de los ácidos grasos que tienen dobles enlaces *cis* en determinados procesos tecnológicos, como hidrogenación y refinación de aceite (Mataix, 2004).

Los AG más frecuentes suelen tener un nombre común, además del nombre sistemático (Cuadro 11); así, el ácido graso saturado de 16 átomos de carbono, cuyo nombre sistemático es hexadecanoico, se suele conocer como ácido palmítico o con la connotación C16:0, es decir 16 átomos de carbono y ningún doble enlace (Mataix, 2004)

**Cuadro 11.** Nomenclatura de los ácidos grasos más frecuentes en alimentos

	Símbolo <sup>a</sup>	Nombre Común	Nombre Sistemático	Fórmula Condensada
<b>Saturados</b>	C4:0	Butírico	Butanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
	C6:0	Caproico	Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
	C8:0	Caprílico	Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
	C10:0	Cáprico	Decanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
	C12:0	Láurico	Dodecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
	C14:0	Mirístico	Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
	C16:0	Palmítico	Hexadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
	C18:0	Esteárico	Octadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
	C20:0	Araquídico	Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
	C22:0	Behénico	Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
	C24:0	Lignocérico	Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$
<b>Monoinsaturados</b>	C16:1	Palmitoleico	<i>cis</i> -9-Hexadecaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:1	Oleico	<i>cis</i> -9-Octadecaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:1	Elaídico	<i>trans</i> -9-Octadecaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C20:1	Gadoleico	<i>cis</i> -9-Eicosaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
	C20:1	Gondoico	<i>cis</i> -11-Eicosaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
	C22:1	Erúcico	<i>cis</i> -13-Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$



Poliinsaturados					
		ω-6			
C18:2	Linoleico	<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-Octadecaenoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
C18:3	γ-Linolénico	<i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-Octadecatrienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	
C20:3	Dinomo-γ-linolénico	<i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14-Eicosatrienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	
C20:4	Araquidónico	<i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14-Eicosatrienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	
C22:4	Artrénico	<i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-Docosatetraenoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	
C22:5	Osmond (DPA)	<i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-Docosapentaenoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	
<hr/>					
C18:3	α-Linolénico	<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15-Octadecatrienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
C18:4	Estearidónico	<i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15-Octadecatetraenoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	
C20:5	Timnodónico (EPA)	<i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17-Eicosapentaenoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	
C22:6	Cervónico (DHA)	<i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19-Docosahexaenoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_6(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	

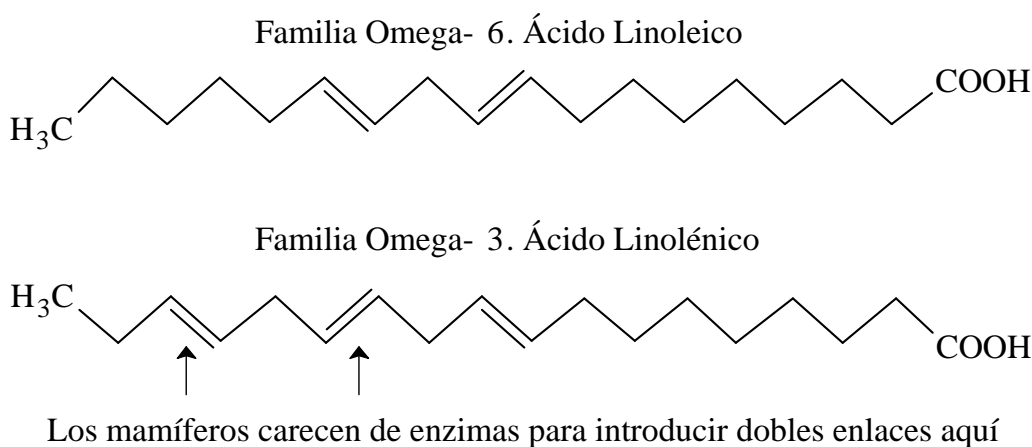
<sup>a</sup> Número de átomos de carbono: número de dobles enlaces. **Fuente:** Mataix, 2004.

## II. 8. 2 ÁCIDOS GRASOS $\omega$ -6 Y $\omega$ -3

Los ácidos grasos esenciales son importantes para el bienestar humano debido a que no pueden ser sintetizados por el organismo y tienen que ser consumidos en la dieta. Para expresarlos se emplean notaciones cortas, indicando el número de carbonos, el número de enlaces y la posición en que se encuentra la primera doble ligadura. La letra griega omega ( $\omega$ ) es usada para indicar la localización de la primera doble ligadura a partir del carbón metílico terminal de la molécula del ácido graso (Figura 4).

Las familias más importantes de ácidos grasos son la omega-3 ( $\omega$ -3) y omega-6 ( $\omega$ -6) a las que pertenecen el ácido  $\alpha$ -linolénico C18:3 (ALA) y el ácido linoleico C18:2 (LA) respectivamente, siendo estos ácidos indispensables para los animales y el ser humano. Los principales ácidos grasos  $\omega$ -3 son el ácido eicosapentaenoico C20:5 (EPA), el ácido docosapentaenoico C22:5 (DPA) y el ácido docosahexaenoico C22:6 (DHA); por su parte destaca el ácido araquidónico C20:4 (AA) entre los ácidos grasos  $\omega$ -6 (Ronayne, 2000)

**Figura 4.** Ácidos grasos esenciales



**Fuente:** Ronayne, 2000.

La característica de indispensables está dada porque los mamíferos carecen de las enzimas necesarias para insertar dobles enlaces en los átomos de carbono que están más allá del carbono 9. Los AG de cadena más larga y más insaturada (AA, EPA y DHA), son sintetizados a partir del ácido linoleico y el ácido  $\alpha$ -linolénico por reacciones de desaturación y elongación alternantes.

### II.8.2.1 IMPORTANCIA DE LOS ÁCIDOS GRASOS $\omega$ -6 Y $\omega$ -3 EN LA SALUD Y ALIMENTACIÓN HUMANA

Los ácidos grasos  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 se asocian estrechamente a procesos vinculados al desarrollo del Sistema Nervioso Central (SNC). Los lípidos se encuentran en mayores concentraciones en el SNC, específicamente en la materia gris de la corteza cerebral, en membranas sinápticas, mitocondriales y microsomales (donde los fosfolípidos corresponden al 22% del total de lípidos) y en el segmento externo de los fotorreceptores de la retina. En estas dos estructuras destaca el alto contenido de ácido docosahexanoico (DHA) y ácido araquidónico (AA) que ocupan el 50% del total de los ácidos grasos presentes (Mariane, 1998).

Durante el embarazo, la transferencia de lípidos de la madre al feto es muy importante. Se estima que, en promedio, se incorporan en los tejidos maternos y fetales 2.2 g por día de dichos ácidos. Más del 50% de la energía aportada al feto y al neonato es utilizada en el crecimiento cerebral. En el depósito de AG poliinsaturados en el cerebro de niños en etapas pre y post-natales son importantes ambas familias de AG (Mariane, 1998).

El DHA constituye hasta el 60% de los lípidos presentes en el segmento externo de los fotorreceptores de la retina. Se conocen 2 roles específicos para el DHA en el SNC a dos niveles: función visual y función cerebral. Sobre esto último, Christie (1993), mencionó que la retina es muy rica en  $\omega$ -3, y las grasas del cerebro contienen aproximadamente  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 al 50% (Mariane, 1998).

Los ácidos grasos  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 desarrollan múltiples funciones:

- a) Regulan el uso de oxígeno, el transporte de electrones y la producción de energía en los procesos dados en nuestras células.
- b) Contribuyen a formar el pigmento rojo de la sangre (hemoglobina) a partir de sustancias más simples.
- c) Mantienen activas las funciones glandulares de producción de fluidos (exocrina) y de hormonas (endocrina).

Del mismo modo dichos ácidos son necesarios para conservar la piel, el crecimiento del cabello, regular el metabolismo del colesterol, conservar la tasa de reproducción y un óptimo desarrollo del tejido nervioso y de funciones visuales (Ronayne, 2000).

La ingestión de AG  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 produce efectos positivos contra la formación de placa en las arterias, del mismo modo su incorporación a la dieta modifica la composición de la membrana celular, con lo cual se altera la fluidez de la misma, la elasticidad de las células miocárdicas, además de afectar su relajación y el tono vascular. También se modifica la concentración de calcio y el potencial de membrana que mejora aún más el tono vascular (Campos *et al.*, 2002).

A pesar de estos múltiples efectos, aún no se han establecido formalmente recomendaciones de consumo para dichos compuestos. Algunas de las propuestas señalan que la ingesta de  $\omega$ -3 debe ser de 1 a 6 g al día en los hombres y 1 a 5 g en las mujeres o 0.5 a 2.5% del total de la energía aportada en ambos casos. Para los  $\omega$ -6 la recomendación de consumo en los hombres es de 8 a 26 g al día y de 6 a 20 g en las mujeres o 3 a 10% del total de la energía consumida en los alimentos, para ambos casos (Campos *et al.*, 2002).

### II.8.2.2 FUENTES ALIMENTARIAS DE ÁCIDOS GRASOS $\omega$ -6 Y $\omega$ -3

Los productos de origen marino son una fuente importante de ácidos grasos  $\omega$ -3; sin embargo, estos también se presentan en diversos alimentos de consumo habitual como nuez, aguacate, huevo y leche (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Alimentos que contienen ácidos grasos  $\omega$ - 6 y  $\omega$ - 3 (g/100g)

Alimento	Grasa total	AG $\omega$ -6	AG $\omega$ -3	$\omega$ -6: $\omega$ -3
Huevo	11.2	1.61	0.08	20:1
Aguacate	19.3	1.61	0.07	23:1
Aceitunas	11.0	1.16	0.06	19:1
Almendras	55.8	10.20	0.27	38:1
Nuez	68.5	39.29	7.47	5:1
Cacahuate	46.0	12.75	0.35	36:1
Mantequilla	82.2	1.4	0.68	2:1
Aceite de oliva	99.9	7.8	0.70	11:1
Aceite de maíz	99.9	<b>50.4</b>	0.90	56:1
Sardina	14.1	2.6	2.3	1.1:1
Salmón	7.8	0.27	1.8	0.15:1
Aceite de salmón	99.9	1.06	<b>35.30</b>	0.03:1
Aceite de hígado de bacalao	99.9	0.94	19.75	0.04:1
Leche entera de vaca	3.6	0.10	0.02	5:1
Queso Edam	24.5	0.37	0.12	3:1
Yogur Natural	3.0	0.05	0.02	2.5:1

Fuente: Mataix, 2004.

### II.8.2.3 EICOSANOIDES

Los eicosanoides son el producto de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga que secretan todas las células nucleadas con excepción de los linfocitos, siendo activadores de los mediadores lípidicos en los procesos fisiológicos y patológicos (como las enfermedades cardiovasculares) que modulan las reacciones inflamatorias y proliferativas con efectos vasoactivos (Campos *et al*, 2002). El primer paso de la biosíntesis de los eicosanoides consiste en la liberación de un ácido graso poliinsaturado de 20 átomos de carbono y al menos tres dobles enlaces, de los fosfolípidos de membrana mediante la acción de fosfolipasas (Figura 5). Por ejemplo, la liberación de ácido araquidónico da lugar a la formación de eicosanoides por dos vías diferentes (FAO, 1997):

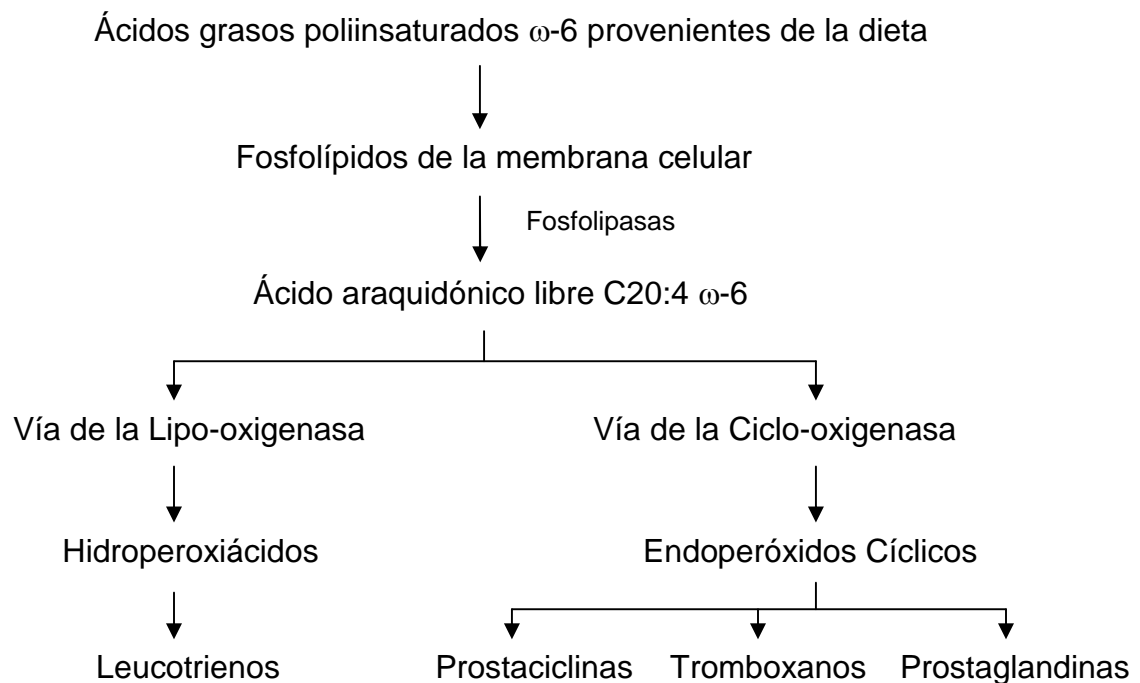
- a) Vía dependiente de la ciclo-oxigenasa que actúa sobre el ácido araquidónico originándose productos cíclicos incluyendo prostaglandinas, prostaciclina y tromboxanos.
- b) Vía dependiente de la lipo-oxigenasa que actúa sobre dicho ácido graso originando productos conocidos como leucotrienos.

El ácido araquidónico (AA) es la fuente más abundante de eicosanoides, aunque el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido  $\gamma$ -linoleico también generan dichos compuestos, los cuales poseen propiedades fisiológicas diferentes e incluso contrapuestas. Las prostaglandinas y tromboxanos se relacionan con funciones secretoras, digestivas, reproductivas y circulatorias, mientras que los leucotrienos intervienen en respuestas alérgicas, inflamatorias e inmunes (Ronayne, 2000; Lee y Hwang, 2007).

Entre los eicosanoides más activos se encuentra el tromboxano A<sub>2</sub> (TXA<sub>2</sub>), derivado del ácido araquidónico y producido en las plaquetas; éste es un agente proagregante de plaquetas y de contracción del músculo liso, y se inactiva rápidamente originando tromboxano B<sub>2</sub>. La prostaciclina, producida mediante la

vía ciclo-oxigenasa en las células de las paredes de los vasos sanguíneos, es un agente antiagregante de las plaquetas y vasodilatador. Otros productos de la ruta de la ciclo-oxigenasa ejercen diversos efectos sobre las células del músculo liso y sobre las células inmunocompetentes. Entre los productos de la ruta de la lipo-oxigenasa, los leucotrienos, producidos fundamentalmente por los leucocitos, actúan sobre los parámetros vasculares (permeabilidad, contractibilidad), y presentan propiedades quimiotácticas e intervienen en la modulación de los procesos inflamatorios e inmunitarios (Lee y Hwang, 2007).

**Figura.5** Formación de eicosanoides a partir del ácido araquidónico



**Fuente:** FAO,1997;Lee y Hwang,2007.

Por otra parte, se ha documentado que la síntesis y actividad de los eicosanoides puede afectarse por alteraciones en sus precursores, los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. De tal modo se requiere llevar una dieta que presente una relación óptima de las familias de AG  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 debido a que estas compiten por la producción de dichas moléculas; la ingesta desbalanceada de dichas familias de ácidos, alterara el perfil de eicosanoides y consecuentemente

influirá sobre la agregación plaquetaria, el tono de los vasos sanguíneos, las actividades trombogénicas y sobre las funciones antiinflamatorias, antiinfecciosas e inmunoprotectoras (Lee y Hwang, 2007).

La relación óptima de AG  $\omega$ -6: $\omega$ -3 en la dieta aún no está clara, algunos autores sugieren que la relación debe estar en el intervalo desde 4:1 hasta 10:1; otros una cantidad de 4:1 o menos (Jones y Kubow, 2002). Por su parte Simopoulos (2006), recomienda consumir alimentos ricos en aceite esenciales, guardando una relación de 1:1, para prevenir enfermedades crónicas degenerativas, cardiovasculares y cáncer.

### **II. 8. 3 ÁCIDOS GRASOS EN EL QUESO FRESCO DE LECHE DE CABRA**

En diversos estudios se ha señalado que la cantidad de ácidos grasos puede influir en el sabor característico de los productos de ésta especie, principalmente los ácidos grasos volátiles, entre los que destacan el ácido butírico, caproico y caprílico (Bonilla, 2005).

Bonilla (2005) y Cuchillo (2006) evaluaron los componentes nutrimentales del queso suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada bajo diferentes sistemas de alimentación, mostrando un perfil completo de ácidos grasos (Cuadro 13); Bonilla (2005) evaluó pastoreo suplementado (mixto) y estabulación durante la época de sequía y Cuchillo (2006) pastoreo y estabulación en época de lluvias.

Bonilla (2005) concluyó que el queso elaborado a partir de leche pasteurizada de cabras alimentadas en pastoreo de libre acceso y suplementación de heno de alfalfa y concentrado de cereales, registró el mejor perfil de ácidos grasos, con una elevada concentración de ácidos grasos de cadena corta que son los principales responsables del olor y sabor de éstos productos; así mismo, este producto registró la mayor concentración de ácido esteárico reconocido por su



efecto hipocolesterolémico, así como una reducida cantidad de ácido palmítico y mirístico, ambos hipercolesterolémicos.

**Cuadro 13.** Principales ácidos grasos en el queso suave de leche de cabra (mg/100g)

	Bonilla (2005)	Cuchillo (2006)
	Pastoreo suplementado	Pastoreo no suplementado
C8:0 Caprílico	6.1	87.8
C10:0 Cáprico	268.1	600.0
C12:0 Láurico	261.2	383.0
C14:0 Mirístico	476.0	1221.0
C16:0 Palmítico	1602.9	4009.0
C18:0 Esteárico	436.7	1230.0
C20:0 Araquídico	16.6	46.0
C16:1 Palmitoleico	37.8	114.0
C18:1 Oleico	1134.4	3847.0
C20:1 Eicosanoico	5.3	15.4
C22:1 Erúcico	1.7	2.5
C18:2 Linoleico	131.9	359.0
C18:2 Linolelaídico	14.6	39.0
C18:3 $\alpha$ -linolénico	40.1	142.0
C18:3 $\gamma$ -linolenico	9.2	7.0
C20:3 homo- $\gamma$ -linolenico	4.2	4.9
C20:4 Araquidónico	13.0	34.7
C20:5 Timnodónico	5.5	14.7
% Total de AG $\omega$ -3	0.06	0.18
% Total AG $\omega$ -6	0.16	0.40
Relación $\omega$ -6: $\omega$ -3	2.77	2.4

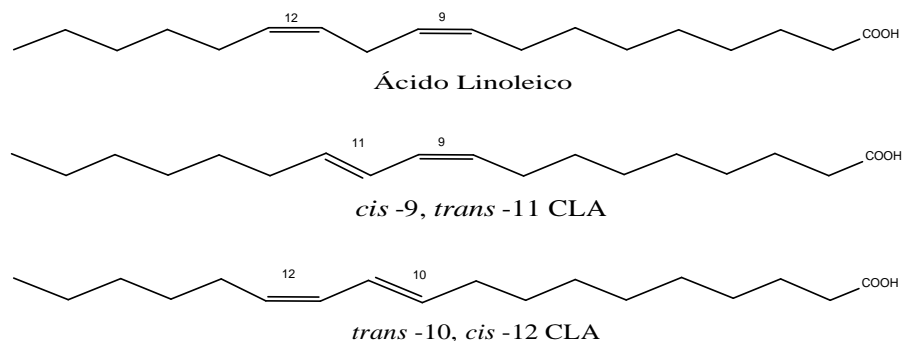
En esta dirección, observaron una mayor concentración de ácidos monoinsaturados en especial oleico, además de una importante cantidad de AG poliinsaturados, dentro de los que destacan los de las familias de  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6. Del mismo modo Cuchillo (2006) señaló que la calidad nutrimental de los quesos puede ser modificada por el sistema de alimentación de los rumiantes, y que el queso de leche de cabra presenta compuestos bioactivos, como ácidos grasos  $\omega$ -6,  $\omega$ -3, ácido linoleico conjugado, aminoácidos, vitaminas, catequinas y ácidos hidroxicinámicos.

## II. 9 ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO

### II. 9. 1 ESTRUCTURA DEL ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO

El término ácido linoleico conjugado, conocido por sus siglas inglés como CLA, hace referencia a una serie de isómeros del ácido linoleico que poseen sus dobles enlaces en posición conjugada, principalmente en los carbonos 9,11 ó 10,12 (Figura 6); se pueden presentar en configuración *cis* o *trans* (Watkins y Li, 2002). La estructura química de estos ácidos grasos fue determinada por Ha, Grimm y Pariza en 1987, según lo señalan Zlatanov *et al.* (2002).

**Figura 6.** Estructura química del ácido linoleico y los dos isómeros principales de CLA *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12.

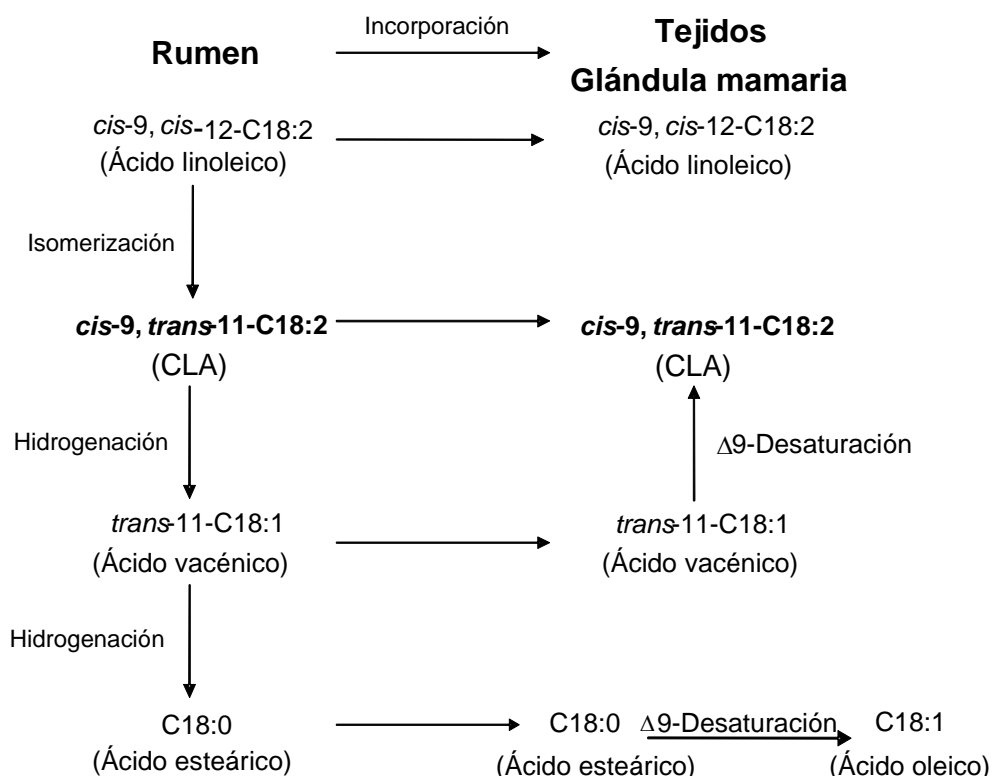


Fuente: Watkins y Li, 2002..

## II.9.2 SÍNTESIS DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO

La presencia del ácido linoleico conjugado (CLA) en la leche es el resultado de dos diferentes vías de biosíntesis (Figura 7). La primera es denominada la vía de la bioconversión; donde los ácidos grasos poliinsaturados ingeridos en la dieta, como el ácido linoleico (*cis*-9, *cis*-12-C18:2), son transformados enzimáticamente por diferentes bacterias presentes en el rumen, generando el CLA (Gnädig *et al.*, 2003). A lo largo de la vía de biohidrogenación, el ácido linoleico da origen al ácido esteárico, lo que a su vez da origen a varios ácidos grasos *trans* como intermediarios, tal como el *cis*-9, *trans*-11-C18:2 o ácido ruménico (Figura 7).

**Figura 7.** Vías metabólicas para la biosíntesis de CLA (*cis*-9, *trans*-11-C18:2)



Fuente: Gnädig *et al.*, 2003.

Por otra parte desde 1969, Kleper y Tove aislaron la enzima linoleato isomerasa del rumen, donde se identificó a la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* como la responsable de la isomerización del ácido linoleico en *cis*-9, *trans*-11-C18:2 (ácido ruménico), siendo este el primer paso de la vía; posteriormente el doble enlace en la posición delta-9 es hidrogenado para formar ácido vacénico (*trans*-11-C18:1). Por último, el ácido vacénico es hidrogenado a ácido esteárico (C18:0). Los intermediarios (*cis*-9, *trans*-11-C18:2 y ácido vacénico) son acumulados y absorbidos en el intestino y se incorporan en diferentes tejidos. La segunda vía consiste en la conversión endógena del ácido vacénico a *cis*-9, *trans*-11-C18:2, por la acción de la enzima Delta-9-desaturasa presente en la glándula mamaria; a través de ésta se genera cerca del 60% de CLA presente en la grasa de la leche (Gnädig *et al.*, 2003).

### II.9.3 BENEFICIOS DEL ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO EN LA SALUD

Numerosas investigaciones le han atribuido al ácido linoleico conjugado diversos efectos fisiológicos positivos (Cuadro 14) tales como: la inhibición de la carcinogénesis inducida químicamente en varios modelos de roedores, fortalecimiento de la respuesta inmune en roedores y gallinas, reducción de la aterosclerosis en conejos y ratones, mejora del crecimiento en ratas y cerdos, disminución de la grasa corporal en ratones, ratas, cerdos, perros y humanos (Pariza *et al.*, 2001).

Las primeras observaciones de los beneficios saludables del ácido linoleico conjugado ocurrieron hace más de dos décadas, cuando Pariza y colaboradores en 1986 encontraron en la carne vacuna un factor antimutagénico que consistía en una serie de isómeros conjugados del ácido linoleico (Zlatanov *et al.*, 2002). Más tarde, en varios estudios se demostró que el CLA sintetizado químicamente podía reducir la incidencia de varios tipos de tumores en modelos animales, pero la mayoría de los agentes naturalmente anticancerígenos se encontraban presentes

sólo en niveles traza y eran de origen vegetal. Sin embargo, el CLA era el único entre los agentes anticancerígenos naturales que presentaba efectos significativos con niveles extremadamente bajos y que se encontraba presente en los productos lácteos y la carne de animales rumiantes (Bauman, 2002).

El efecto más importante del CLA es la actividad anticarcinogénica, principalmente contra el cáncer de mama (Zlatanov *et al.*, 2002). En este sentido Ip *et al.*, (1995) han demostrado experimentalmente en ratas con trasplante de tumores mamarios una disminución de hasta un 73% del crecimiento tumoral si se le aporta a los animales, antes de la inoculación del tumor, una dieta que contiene un 1% de este compuesto; del mismo modo señala que el CLA es más eficiente en su efecto de prevención que el ácido oleico, linoleico y que los ácidos grasos  $\omega$ -3 eicosapentaenoico y docosahexaenoico.

**Cuadro 14.** Efectos benéficos en la salud del ácido linoleico conjugado

<b>Efecto</b>	<b>Modo de acción</b>	<b>Modelo experimental</b>
Anticancerígeno	• Inhibición del crecimiento de tumores/metástasis	Animales
	• Inhibición de la proliferación de células cancerígenas	Células
	• Inhibición de la angiogenesis	Animales
Antiaterogénico	• Reducción de la formación de placa	Animales
	• Inhibición de la angiogenesis	Células
	• Inhibe la formación de citoquinas	Animales
Antiobesidad	• Reducción de la deposición de grasa	Animales/Humanos
	• Reducción de la diabetes	Animales
Modulación de la inmunidad	• Inhibición de la producción de citoquina inflamatoria	Animales/Humanos
	• Aumento de la formación de anticuerpos	Animales/Humanos

Fuente: Wahle *et al.*, 2004.

Los efectos del CLA sobre el sistema inmune se basa principalmente en el estímulo que ejerce en la síntesis de anticuerpos como las inmunoglobulinas A, G y M (IgA, IgG, IgM respectivamente), las cuáles ofrecen protección frente al ataque de patógenos invasores. Del mismo modo se le asocia al CLA la disminución significativa de los niveles de inmunoglobulina E (IgE), anticuerpo asociado a la mayoría de las reacciones alérgicas, por lo cual se presume que el ácido graso podría tener efectos favorables en la prevención y/o tratamiento de ciertas alergias alimentarias (Gnädig *et al.*, 2003).

Por otra parte Gnädig *et al.* en el 2003, emplearon ratones de la cepa AKR/J los cuales recibieron dietas donde el 15% o el 45% de la energía fue aportado por las grasas siendo suplementadas con 1% o 2% de CLA respectivamente, presentaron al cabo de seis semanas una disminución de la ingestión de energía y del depósito de grasas en el tejido adiposo, así como un incremento de la velocidad metabólica y del cociente respiratorio, efectos que resultan en una disminución significativa del peso de los animales.

En este sentido, Ip *et al.* (1995) estimaron que una persona de 70 kg de peso debería consumir 3.0 g de CLA por día para obtener efectos beneficios de dicha sustancia. Esta cantidad es aproximadamente tres veces mayor al consumo diario promedio de los adultos en los Estados Unidos, por lo tanto es necesario incrementar el nivel de CLA en los alimentos.

#### **II.9.4 CONTENIDO DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO EN LECHE Y SUS DERIVADOS**

El consumo de carne, leche y sus derivados provenientes de animales rumiantes representa la principal fuente dietaria natural de ácido linoleico conjugado para el ser humano (Chilliard *et al.*, 2000), siendo el queso el producto con el contenido más significativo en CLA (Watkins y Li, 2002).

La concentración de CLA en varios productos lácteos (quesos, leche, mantequilla, crema, helado y yogurt) se encuentra en un rango de 0.55 a 24 mg/g de grasa (Watkins y Li, 2002); en los aceites vegetales y sus derivados como manteca vegetal y margarina no se encuentra presente (Gnädig *et al.*, 2003). Por otra parte, Zlatanov *et al.* en el 2002 reportaron que el contenido de CLA en productos lácteos como el queso y el yogurt depende en gran medida del contenido inicial del mismo en la leche empleada para su elaboración.

El cuadro 15 muestra el contenido del principal isómero del CLA encontrado en alimentos provenientes de pequeños rumiantes, en diferentes variedades de quesos.

**Cuadro 15.** Contenido de *cis-9, trans-11-C18:2* (ácido ruménico) reportado para diferentes tipos de quesos.

Queso	País	Leche	<i>cis-9, trans-11 CLA</i>		No. de muestras
			mg/g muestra	mg /g lípidos	
Feta	Grecia <sup>1</sup>	Oveja/Cabra	2.0	10.8	7
Tipo Feta	Grecia <sup>1</sup>	Oveja/Cabra	1.0	5.6	3
NR	Canadá <sup>1</sup>	NR	1.2	4.1	7
NR	Suecia <sup>1</sup>	NR	1.9	5.9	6
Manchego	España <sup>2</sup>	Oveja	NR	5.8	12
Cabrales	España <sup>2</sup>	Vaca	NR	3.3	12
Mahón	España <sup>2</sup>	Vaca	NR	7.7	12
De cabra	Italia <sup>3</sup>	Cabra	1.2	4.3	8

<sup>1</sup> Zlatanov *et al.*, 2002; <sup>2</sup> Luna *et al.*, 2007; <sup>3</sup> Prandini *et al.*, 2007.

NR= no reportado.

## II. 9. 5 FACTORES QUE AFECTAN EL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS Y ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO EN EL QUESO DE LECHE DE CABRA

Khanal y Olson (2004) señalan que numerosos factores parecen influir en el contenido de ácido linoleico conjugado en la leche, en la carne, y en otros productos alimenticios de varias especies animales, los cuales se indican en el cuadro 16, clasificándose en tres principales categorías:

- a) La dieta
- b) El animal
- c) El procesamiento de los productos.

De estos tres factores, el más importante es la dieta del animal, siendo el principal factor a manipular. Los mayores niveles de CLA en la grasa de la leche de rumiantes, se obtuvieron de pastos frescos o dietas suplementadas con aceites vegetales ricos en ácidos grasos poliinsaturados (Prandini *et al.*, 2007).

Mientras la variación individual animal-animal, es también de gran consideración ya que incluye las diferencias relacionadas con la biohidrogenación en el rumen y con la actividad de la enzima Delta-9-desaturasa en la glándula mamaria (Peterson *et al.*, 2002).

Los métodos de producción y el proceso de elaboración contribuyen a la variabilidad del ácido linoleico conjugado en los productos lácteos; sin embargo, el procesamiento como un factor relacionado parece ser de importancia secundaria (Khanal y Olson, 2004).

Además, Khanal y Olson (2004) indicaron que la comprensión de los diversos factores que afectan el contenido de CLA en productos alimenticios tiene implicaciones prácticas en lechería, y al considerarlos es posible enriquecer los productos alimenticios que puedan derivar en beneficios potenciales de la salud asociados a este compuesto.



**Cuadro 16.** Factores que afectan el contenido de ácido linoleico conjugado en la leche y carne de rumiantes

Factores	Efecto en el contenido de CLA
<b>a) Dieta</b>	
a.1 Pasturas	
Pasto verde fresco	Altamente positivo
Pastura + grasa entera de extruido de soya	No afecta
Pastura + aceite de soya	No afecta
Pastura + aceite de pescado	Positivo
Diversidad de las especies de plantas	Positivo
a.2 Mayor cantidad de forraje	Positivo
a.3 Mayor cantidad de grano	Negativo
a.4 Semillas oleoginosas	Mínimo
a.5 Extruido de semillas oleoginosas	Positivo
a.6 Aceites vegetales	Positivo
a.7 Aceite de pescado	Positivo
a.8 Algas marinas	Positivo
a.9 pH del rumen	pH>6.0 Positivo
a.10 Suplementación de CLA	Positivo
<b>b) Animal</b>	
b.1 Especie	Rumiantes>No rumiantes
b.2 Raza	Holstein> Pardo Suizo>Normando>Jersey
b.3 Etapa de lactancia	Mínimo
b.4 Parición	Positivo
b.5 Edad	No determinado
b.6 Animal a animal	Positivo con alta actividad de $\Delta 9$ -desaturasa
<b>c) Procesamiento</b>	
c.1 Leche a queso	Mínimo
c.2 Leche a yogurt	Positivo
c.3 Leche a mantequilla	Mínimo
c.4 Madurado del queso	Mínimo
c.5 Tratamiento térmico de la leche	Mínimo

Fuente: Modificado de Khanal y Olson,

### **III. OBJETIVOS**

#### **III.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la composición de ácidos grasos y el contenido de ácido linoleico conjugado en quesos de leche de cabra manufacturados en México.

#### **III.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar el contenido de humedad, proteína, energía, colesterol y lípidos de diferentes tipos de quesos (Sainte-Maure, Panela y Feta) de leche de cabra manufacturados en México.
- Determinar el perfil de ácidos grasos (saturados, monosaturados y poliinsaturados) así como la concentración de ácido linoléico conjugado (CLA) en diferentes tipos de quesos de leche de cabra manufacturados en México.

### **IV. HIPÓTESIS**

La composición química, la concentración de los ácidos grasos y el contenido de ácido linoleico conjugado en diferentes quesos de leche de cabra manufacturados en México variaran en relación al tipo de queso y al producto comercial.

## V. METODOLOGÍA

### V.1 LUGAR DE TRABAJO

La presente investigación se llevó a cabo en los laboratorios 1 y 2 del Departamento de Nutrición Animal de la Dirección de Nutrición, del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

### V.2 MUESTRAS EXPERIMENTALES

Las muestras de productos comerciales se adquirieron de diversos establecimientos comerciales del área metropolitana de la ciudad de México, desde tiendas departamentales, Gourmet, de autoservicio, distribuidoras independientes y mayoritarios, durante los meses de septiembre y octubre del 2007. Se obtuvieron 17, 1 y 5 marcas diferentes de quesos tipo Sainte-Maure, Panela y Feta respectivamente sabor natural (Cuadro 17). De cada producto se adquirieron 3 piezas. Se realizó una descripción de los aspectos comerciales (lugar de origen, fabricante, distribuidor, ingredientes y precio) y nutrimentales reportados en la etiqueta (humedad, contenido de grasa, carbohidratos, sodio, calcio y proteína) de los 23 productos (Cuadros 18 a 20).

**Cuadro 17.** Características de los quesos de leche de cabra analizados

<b>Queso</b>	<b>Características</b>
<b>Tipo Feta</b>	Producto elaborado con leche de cabra pasteurizada; clasificado como suave, de color blanco amarillento, con un tiempo de maduración de alrededor de dos meses, en forma de disco.
<b>Tipo Panela</b>	Queso de pasta suave, color blanco, no madurado y de forma cuadrada. Elaborado con leche de cabra pasteurizada, parcialmente descremada.
<b>Tipo Sainte Maure</b>	Queso elaborado con leche de cabra, de pasta suave y color blanco; piezas de 10 a 15 cm de largo y diámetro de 4.5 a 5.0 cm, tiempo de maduración aproximado de 11 días; sabor natural.

**Cuadro 18.** Aspectos comerciales en etiqueta de los quesos de leche de cabra tipo Sainte- Maure estudiados

	Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/Kg (MX)
1	Montchevere	Producto fino elaborado con de leche pasteurizada de cabra, cultivos lácticos, cloruro de calcio, cuajo y sal. Presentación en rollo, empacado al vacío.	Linares, Nuevo León.	Caprico	Sainte Maure	250	160.0
2	Notre Dame	Elaborado con leche pasteurizada 100% de cabra, fermentos lácteos y sal yodatada. Forma de rollo.	México, D.F.	Delipasta		200	135.0
3	Rancho Vistalegre	Producto elaborado con leche entera de cabra pasteurizada, emplea fermentos lácticos, cloruro de calcio y cuajo. Presentación en forma de rollo.	Malinalco, Estado de México.	Algil		200	180.0
4	La Parroquia de Xico	Producto en rollo, elaborado con leche entera de cabra pasteurizada, cultivo lácteo, cuajo y sal común.	Xico, Veracruz.	Xico		180	166.7
5	Lanzarote	Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, sal refinada yodatada y cuajo, con forma de rollo.	Malinalco, Estado de México.	Algil		200	195.0
6	Chateau Blanc	Producto con forma de rollo alargado, elaborado de leche entera de cabra pasteurizada, emplea fermentos lácticos, cloruro de calcio y cuajo.	México.	SD		200	190.0
7	Carol	Producto elaborado a partir de leche de cabra, fermentos lácteos, sal cloruro de calcio y cuajo, presentación en rollo.	México.	Laclette		260	165.4

**Cuadro 18.** Continuación

8	La Texana	Alimento elaborado a partir de leche de cabra, fermentos lácticos, cuajo y sal. Forma de rollo empacado al vacío.	México, D.F.	SD	300	90.0
9	Queso Caprina	Producto en rollo, elaborado a partir de leche de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, cuajo y sal.	Atotonilco, Jalisco.	Caprina	250	196.0
10	El Queso de Cabra	Producto elaborado a partir de leche de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, cuajo y sal.	León, Guanajuato.	Eurolac	230	226.1
11	Bon Rennés	Producto elaborado a partir de leche entera pasteurizada, cuajo animal, cultivo láctico y sal.	Atotonilco, Jalisco.	Rancho el Chapingo	250	210.0
12	Castellvell	Producto elaborado a partir de leche entera pasteurizada de cabra, cultivos lácteos y sal.	Guanajuato.	Simantov Maissy	400	182.5
13	Mikonos light	Alimento elaborado a partir de leche entera pasteurizada de cabra, cuajo, cultivos lácticos y sal.	Guanajuato.	Pic-Nic Delicatessen	150	180.0
14	LeBlanc	Elaborado a partir de leche entera pasteurizada de cabra, sal, cultivos lácticos, cloruro de calcio y cuajo.	Xalapa, Veracruz.	Yesenia Prieto Carnero	200	211.0
15	Laclette	Elaborado de leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio y cuajo. Queso en forma de rollo, empacado al vacío.	Carretera México-Qro.	Laclette	230	183.9
16	Gourmand Artesanal	Elaborado de leche de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, cloruro de calcio, cuajo y sal.	Guadalajara, Jalisco.	Marcial. P.	260	184.6
17	Diane	Elaborado de leche de cabra parcialmente descremada y pasteurizada.	SD	Jorge Miranda H.	135	200.0

SD= Sin descripción

**Cuadro 19.** Aspectos comerciales en etiqueta de los quesos de leche de cabra tipo Panela y Feta estudiados

	Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/Kg (MX)
18	Cabrero	Elaborado con leche pasteurizada de cabra pasteurizada, cloruro de calcio, sal y cuajo.	Linares, Nuevo León	Caprico	Panela	400	140.0
19	Bon Rennés	Producto elaborado a partir de leche entera pasteurizada, cuajo animal, cultivo láctico y sal. Forma discoidal.	Atotonilco, Jalisco.	Rancho el Chapingo		250	244.0
20	Laclette Gourmet	Elaborado de leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio y cuajo. Producto en forma de disco.	Carretera México-Qro.	Laclette		200	229.5
21	Rancho Vistalegre	Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, emplea fermentos lácticos, cloruro de calcio y cuajo. Presentación discoidal.	Malinalco. Estado de México.	Algil	Feta	200	195.0
22	Lanzarote	Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, sal refinada yodatada y cuajo. Forma de disco.	Malinalco, Estado de México.	Algil		200	201.0
23	Castelvell	Producto elaborado a partir de leche entera pasteurizada de cabra, cultivos lácteos y sal.	Guanajuato.	Simantov Maissy		400	182.5

**Cuadro 20.** Información nutricional en etiqueta de los productos estudiados (por cada 100 g)

	Marca	Tipo	Humedad (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Grasa (%)	Contenido energético (kcal)	Calcio (g)	Sodio (mg)
1	Montchevere		NR	16.7	13.3	23.3	330	NR	333.3
2	Notre Dame		NR	18.0	5.5	22.0	292	0.3	NR
3	Rancho Vistalegre		64.0	13.0	NR	19.0	NR	NR	NR
4	La Parroquia de Xico		53.0	17.2	2.9	19.3	235	0.3	460.1
5	Lanzarote		NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
6	Chateau Blanc		NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
7	Carol		60.0	13.0	5.0	18.0	234	0.10	500.0
8	La Texana	Sainte	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
9	Queso Caprina	Maure	55.0	22.0	NR	18.0	NR	NR	NR
10	El Queso de Cabra		NR	23.0	1.2	26.0	326	1.1	800.0
11	Bon Rennes		52.6	14.4	9.7	20.8	NR	NR	209.0
12	Castellvell		53.27	15.1	NR	23.5	NR	NR	NR
13	Mikonos light		54.0	15.0	NR	16.0	NR	NR	NR
14	LeBlanc		59.0	15.0	5.0	20.0	255	NR	330.0
15	Laclette		62.0	13.0	5.0	18.0	234	0.1	500.0

NR= No reportado

**Cuadro 20.** Continuación

16	Gourmand Artesanal		NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
17	Diane		NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
18	Cabrero	Panela	60.0	20.0	NR	6.0	NR	NR	NR
19	Bon Rennés		41.0	18.0	14.0	23.0	NR	NR	NR
20	Laclette Gourmet		NR	17.0	5.5	19.0	279	0.3	900.0
21	Rancho Vistalegre	Feta	51.3	18.2	NR	26.7	NR	NR	NR
22	Lanzarote		51.3	18.2	NR	26.7	NR	NR	NR
23	Castelvell		53.3	15.1	NR	23.5	NR	NR	NR

NR= No reportado



### 5.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química (humedad, proteína y energía bruta) de los quesos experimentales fue analizada siguiendo la metodología del AOAC (2003). Donde el contenido de humedad se determinó gravimétricamente empleando una estufa de vacío. El contenido de proteína de las muestras se determinó a partir del contenido de nitrógeno total mediante el método de Kjeldahl. Finalmente el valor energético de las muestras fue obtenido mediante el empleo de la bomba calorimétrica.

#### V.4 DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS TOTALES

La determinación de lípidos totales se realizó de acuerdo al procedimiento sugerido por Folch *et al.* (1957); donde 1 g de queso de leche de cabra fue colocado dentro de un tubo para centrifuga de 50 mL, se agregaron 25 mL de una solución de cloroformo-etanol en una proporción 1:1, realizando una primera adición de 5 mL y agitando durante 1 minuto; posteriormente se adicionaron 10 mL de la misma solución y se agitó durante 1 minuto más, por último se adicionaron los últimos 10 mL de dicha mezcla de solventes y se agitó nuevamente 1 minuto más.

Al término de la agitación, las muestras se colocaron en refrigeración; se esperaron 24 h para realizar un filtrado sobre un embudo de tallo largo con papel filtro Whatman No. 42 sobre el cual se colocó 1g de sulfato de sodio anhidro marca J. T. Baker, para eliminar la humedad. El filtrado se recibió en un tubo para centrífuga previamente purgado con cloroformo, rotulado y pesado. El sulfato de sodio se enjuago tres veces con 5 mL de la solución cloroformo:etanol en una proporción 1:1. Finalizado el filtrado, la solución de solventes se evaporó con gas nitrógeno en baño María a 60°C hasta sequedad. A continuación el material se colocó a temperatura ambiente; una vez atemperado, el tubo fue limpiado externamente para ser pesado y por diferencia de peso se calculó el material lípidico obtenido.

## V.5 DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO

Para esta determinación se empleó la muestra que se obtuvo a través de la extracción de lípidos. A partir de este paso se prosiguió con la metodología para ácidos grasos descrita en el método oficial 969.33 del AOAC (2003).

Se inició la técnica con una saponificación, la cual consistió en adicionar 2 mL de sosa metanólica al 2% y 1 mL de estándar interno (ácido miristoléico con una concentración de 1 mg/mL) colocándose en baño María a ebullición por 10 min; posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente para proseguir con la metilación, donde se agregó 1 mL de trifluoruro de boro marca Sigma en metanol al 14% y se agitó durante 1 min. El material fue colocado en baño María a ebullición por 2 min; tras ello se agregaron 5 mL de heptano marca J. T. Baker. A continuación la muestra se colocó en baño María por 2 min más y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente para adicionarle 2 mL de solución saturada de cloruro de sodio, agitándola por 1 minuto y después centrifugada a 3500 rpm durante 10 min. Al cabo de la centrifugación se realizó la separación de la fase orgánica con ayuda de una pipeta pasteur, colocándole en un tubo limpio y seco, para evaporar con flujo de nitrógeno en baño María a 60°C hasta sequedad; el material resultante fue reconstituido empleando 1 mL de hexano y transvasado a un vial de vidrio de 2mL para su posterior análisis en el cromatógrafo de gases.

Para calcular el perfil de ácidos grasos se inyectó 1 $\mu$ L del extracto anterior en un cromatógrafo de gases marca Varian, modelo CP3380, equipado con detector de ionización de flama. Las condiciones de operación fueron: columna capilar DB 23, recubierta internamente de una película de cianopropilmetilpolisiloxano como fase estacionaria de 0.25  $\mu$ m, una longitud de 30 m, y diámetro interno de 0.25 mm y automuestreador modelo CP8400. Las condiciones cromatográficas fueron: temperatura de inyección de 250°C, y la del detector de 300°C, gas acarreador nitrógeno con un flujo de 30 mL/min con un tiempo total de corrida de 30 min.

Para identificar y cuantificar los compuestos presentes en la muestra de queso de leche de cabra se compararon los cromatogramas (tiempos de retención y áreas de los picos) de la mezcla de estándares de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (Supelco FAME mix C4-C24 #18919-1AMP) y de la muestra, por medio del programa Star Chromatography workstation versión 6.30 Varian Associates, Inc., con el cual cuenta el cromatógrafo.

## V. 6 DETERMINACIÓN DE COLESTEROL

La determinación de colesterol se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por Fenton y Sim (1991), la cual tiene como fundamento la saponificación directa de este estero; para ello se pesó 1g de muestra y se adicionaron 1 mL de alcohol etílico, 2 mL de hidróxido de potasio al 40% marca J. T. Baker y 500 µL de estándar interno (5- $\alpha$ -colestano marca Sigma, con una pureza del 98.3% a una concentración de 2 mg/mL) y se agitó durante 1 min; dicha mezcla se colocó en baño María a 70°C por 75 minutos; concluido dicho periodo de tiempo se dejó atemperar para posteriormente extraer el estero agregando 10 mL de agua desionizada y 5 mL de hexano (95% n-hexano) marca Baker Analyzed.

Posteriormente el material se centrifugó a 3500 rpm durante 5 min, obteniendo una fase orgánica y una acuosa, donde esta última fue separada con ayuda de una pipeta pasteur y filtrada sobre papel filtro Whatman No. 4 y sulfato de sodio anhidro, recolectándose en tubos limpios; de este modo se realizaron dos extracciones más de la fase acuosa con 5 mL de hexano cada una de ellas, volviéndose a centrifugar y a repetir el pipeteo, recibiendo el filtrado en el mismo tubo; una vez terminado los lavados, la muestra fue evaporada a sequedad con nitrógeno gaseoso en baño María a 60° C. Finalmente el colesterol se redisolvió con 1 mL de heptano marca J. T. Baker grado analítico, se homogenizó y se transfirió a un vial de vidrio de 2 mL para cromatografía de gases.

Para la cuantificación se inyectó 1 µL en un cromatógrafo de gases marca Varian 3400x con detector de ionización de flama, con las siguientes

características cromatográficas columna capilar DB-5 con una película de 1  $\mu\text{m}$  de 5% de fenil-metilpolisiloxano como fase estacionaria, longitud de 3 m y un diámetro interno de 0.25 mm; un automuestrador 8200CX. El tiempo de retención total fue de 10 minutos. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador con un flujo de 30 mL/ min. Los datos obtenidos fueron procesados en una estación de trabajo equipada con un software chromatography workstation versión 4.51, 1996 Varian Associates, Inc.

## V.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los valores obtenidos de las determinaciones de humedad, proteína, energía, lípidos totales, perfil de ácidos grasos y el contenido de ácido linoleico conjugado de las muestras estudiadas fueron procesados con el paquete estadístico Statistical Analysis System (2003) empleando una prueba de hipótesis; para conocer las diferencias entre las medias se realizó el análisis de la varianza estableciéndose un coeficiente de confianza del 99%, siguiendo el modelo estadístico:

$H_0: \mu_{\text{Montchevré}} = \mu_{\text{Notre Dame}} = \mu_{\text{Rancho Vistalegre}} = \dots = \mu_{\text{Diane}}$

$H_1: \mu_{\text{Montchevré}} \neq \mu_{\text{Notre Dame}} \neq \mu_{\text{Rancho Vistalegre}} \neq \dots \neq \mu_{\text{Diane}}$

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## VI.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

En los Cuadros 21 y 22 se presentan los valores de proteína, humedad, energía, contenido de lípidos totales y de colesterol para los diferentes tipos de queso de leche de cabra Panela (TP), Feta (TF) y Sainte-Maure (TS), elaborados en México.

**Cuadro 21.** Composición química de los quesos de leche de cabra tipo Sainte-Maure estudiados (g/100g de muestra fresca)

Marca	Humedad (%)	Proteína (Nx6.38)	Energía (kcal/100g)	Lípidos (%)	Colesterol (mg/100g)
Montchevre	54.5 <sub>cde</sub>	16.1 <sub>cd</sub>	277 <sub>abcd</sub>	20.9 <sub>cdefg</sub>	49.0 <sub>bc</sub>
Notre Dame	58.6 <sub>ab</sub>	17.2 <sub>cd</sub>	248 <sub>bcd</sub>	19.4 <sub>g</sub>	64.7 <sub>abc</sub>
Rancho Vistalegre	60.3 <sub>a</sub>	15.5 <sub>def</sub>	236 <sub>cd</sub>	20.3 <sub>efg</sub>	63.6 <sub>abc</sub>
La parroquia de Xico	50.9 <sub>f</sub>	15.8 <sub>de</sub>	332 <sub>a</sub>	25.2 <sub>a</sub>	65.4 <sub>abc</sub>
Lanzarote	50.7 <sub>f</sub>	17.9 <sub>ab</sub>	294 <sub>abc</sub>	21.3 <sub>cdef</sub>	54.9 <sub>abc</sub>
Chateau Blanc	54.4 <sub>cde</sub>	17.4 <sub>b</sub>	273 <sub>abcd</sub>	21.1 <sub>cdef</sub>	62.4 <sub>abc</sub>
Carol	54.9 <sub>a</sub>	14.5 <sub>fgh</sub>	332 <sub>a</sub>	21.3 <sub>cdef</sub>	61.0 <sub>abc</sub>
La texana	58.6 <sub>ab</sub>	17.3 <sub>bc</sub>	250 <sub>bcd</sub>	20.6 <sub>defg</sub>	67.4 <sub>abc</sub>
Queso caprina	57.4 <sub>abc</sub>	19.0 <sub>a</sub>	302 <sub>ab</sub>	20.5 <sub>efg</sub>	60.2 <sub>abc</sub>
El queso de cabra	51.6 <sub>ef</sub>	17.9 <sub>ab</sub>	307 <sub>ab</sub>	20.2 <sub>fg</sub>	92.8 <sub>ab</sub>
Bon Rennés	52.6 <sub>def</sub>	13.9 <sub>h</sub>	296 <sub>abc</sub>	19.3 <sub>g</sub>	49.0 <sub>bc</sub>
Castellvell	52.9 <sub>def</sub>	15.3 <sub>defg</sub>	270 <sub>bcd</sub>	22.2 <sub>bcd</sub>	75.6 <sub>abc</sub>
Mikonos light	56.3 <sub>bc</sub>	14.3 <sub>fgh</sub>	223 <sub>d</sub>	16.3 <sub>h</sub>	37.2 <sub>c</sub>
Le Blanc	52.8 <sub>def</sub>	15.7 <sub>de</sub>	304 <sub>ab</sub>	23.7 <sub>ab</sub>	68.0 <sub>abc</sub>
Laclette	54.8 <sub>cd</sub>	14.7 <sub>efgh</sub>	260 <sub>bcd</sub>	22.5 <sub>bc</sub>	98.0 <sub>a</sub>
Artesanal Gourmand	54.5 <sub>cde</sub>	14.3 <sub>fgh</sub>	272 <sub>bcd</sub>	22.0 <sub>cde</sub>	59.8 <sub>abc</sub>
Diane	58.2 <sub>ab</sub>	14.2 <sub>gh</sub>	242 <sub>cd</sub>	17.6 <sub>h</sub>	51.9 <sub>bc</sub>

a, b, c, d, e, f, g y h Distinta letra en la misma columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05

Como se observa en el cuadro 21 el porcentaje de humedad para los quesos tipo Sainte- Maure (TS) osciló entre 60% y 51% donde los productos identificados con las marcas comerciales Rancho Vistalegre y La parroquia de Xico presentaron los valores máximos y mínimos, respectivamente. Cabe señalar que el contenido promedio de esta variable para los 17 productos clasificados como TS fue de 55%, valor similar al registrado por Bonilla (2005) y Cuchillo (2006) de 57.5% y 53.2% respectivamente, para queso fresco de leche de cabra pasteurizada, producto que se asemeja en el proceso de elaboración.

En cuanto al contenido de proteína, el producto con el máximo valor fue registrado en el producto denominado Queso caprina con 19%; el producto llamado Bon Rennés con 14% registró la menor concentración; sin embargo, este último no presentó diferencia estadística ( $P>0.05$ ) en relación a cuatro productos, denominados comercialmente como: Artesanal Gourmand (14%), Laclette (15%), Mikonos light (14%) y Carol (15%).

La diferencia en el contenido de proteína de los productos indica, que la leche utilizada para la producción del queso tiene una composición variable, lo que se ve reflejado en el producto final. Dillon (1990) señala que dependiendo del proceso de elaboración de los quesos, el contenido de proteína puede variar entre el 10% y 30%.

Por otra parte, los productos La parroquia de Xico y Diane presentaron la mayor y menor cantidad de lípidos totales con 25% y 18% respectivamente, siendo diferentes estadísticamente ( $P<0.05$ ). De tal modo que el valor promedio de dicho porcentaje para los quesos TS fue de 21%.

Con relación al contenido energético; dos de los siguientes productos fueron los que presentaron el máximo valor: La parroquia de Xico y Carol con 332 kcal/100g para ambos quesos, sin encontrarse diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ ). En contraparte el producto denominado comercialmente como Mikonos light presentó el menor contenido energético (230 kcal/100g). No obstante, cinco de los productos TS no presentaron diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ ) con relación a dicha variable:

Notre Dame, La Texana, Castellvell, Lactette y Artesanal Gourmand (248, 250, 270, 260 y 272 kcal/100g respectivamente).

El contenido energético de los 17 productos catalogados como TS presentaron un valor promedio de 270 kcal/100g, valor muy similar al obtenido por Cuchillo (2006), de 240 kcal/100g.

Por otro lado el contenido de colesterol en los quesos TS fluctuó entre 37.2 y 98 mg/100g para los alimentos llamados Mikonos light y Lactette, respectivamente; siendo diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ). Dicho compuesto presentó un valor promedio de 63.6 mg/100g, teniendo que doce de los 17 productos no presentaron diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ). El contenido promedio de colesterol fue similar al reportado para queso Gruyere y Mozzarella (65 mg/100g), pero inferior a lo reportado (91.6 mg/100g) por Cuchillo (2006).

De manera general, la composición química de los quesos clasificados como TS mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre productos. Estas diferencias pueden ser influenciadas por el tipo de leche utilizada (entera, baja en grasa o descremada, especie y raza del animal, además del estado de lactación), el proceso de manufactura y en menor medida por el grado de maduración (O'Brien y O'Connor, 2004).

Como se observa en el cuadro 22, el queso tipo panela presentó un contenido de humedad de 61% para el producto conocido comercialmente como Cabrero; dicho valor es el más alto de los 23 quesos estudiados, tanto TS como TF. Park (2000) reportó un porcentaje promedio de 59.8% para queso de cabra clasificado como fresco, resultado inferior en un 1.2% al encontrado en este estudio. Sin embargo, Villegas de Gante (2003) reporta 58% de humedad para queso panela comercial, cantidad menor en un 3% a la aquí obtenida. Este mismo autor señala un contenido de proteína de 20% para queso panela, es así que dicha cantidad es superior en un 2.6% a la determinada para el queso TP con un valor promedio de 17.4%.

Los valores de lípidos totales y energía para dicho producto fueron los más bajos con 15% y 213 kcal respectivamente, valor similar al reportado por Gambelli *et al.* (1999) de 215 kcal/100g. En este sentido Rubino (2002) señaló que el contenido energético del queso varía debido al sistema de alimentación del rumiante, así como al proceso de elaboración.

Para dicho alimento se obtuvo un contenido de colesterol de 51 mg/100g, inferior a lo reportado (55.2 mg/100g) por Gambelli *et al.* (1999) para queso fresco de leche de cabra.

**Cuadro 22.** Composición química de los quesos de leche de cabra tipo Panela y Feta evaluados (g/100g de muestra fresca)

Marca	Humedad (%)	Proteína (Nx6.38)	Energía (kcal/100g)	Lípidos (%)	Colesterol (mg/100g)
Cabrero <sub>1</sub>	60.6	17.4	213	15.3	51.1
Bon Rennés <sub>2</sub>	41.9 <sub>d</sub>	19.3 <sub>a</sub>	337 <sub>a</sub>	29.6 <sub>a</sub>	108.8 <sub>a</sub>
Laclette Gourmet <sub>2</sub>	46.9 <sub>c</sub>	19.2 <sub>a</sub>	310 <sub>b</sub>	22.3 <sub>c</sub>	92.2 <sub>a</sub>
Rancho Vistalegre <sub>2</sub>	49.4 <sub>b</sub>	18.9 <sub>a</sub>	321 <sub>ab</sub>	22.3 <sub>c</sub>	100.3 <sub>a</sub>
Lanzarote <sub>2</sub>	51.0 <sub>a</sub>	19.2 <sub>a</sub>	300 <sub>b</sub>	23.3 <sub>b</sub>	99.0 <sub>a</sub>
Castelvell <sub>2</sub>	50.0 <sub>b</sub>	18.8 <sub>a</sub>	299 <sub>b</sub>	22.3 <sub>c</sub>	103.6 <sub>a</sub>

1: Tipo Panela, 2: Tipo Feta. <sup>a, b y c</sup> Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05

Por su parte, el contenido de humedad para los quesos tipo Feta (TF) registró una diferencia estadísticamente (P<0.05) a favor del producto conocido como Lanzarote obteniendo un valor de 51%. El valor mínimo para dicha variable le correspondió al queso nombrado comercialmente como Bon Rennés (42%), mismo que presentó los mayores contenidos de proteína (19%), lípidos totales (30%), energía (337 kcal/100g) y colesterol (108 mg/100g) respecto al resto de los quesos clasificados como tipo Feta.



Por otra parte, los quesos clasificados como tipo Feta (TF) presentaron un porcentaje de humedad de 47.9%, siendo esta cantidad inferior en comparación a la obtenida para los productos TP y TS analizados, del mismo modo fue inferior a lo reportado (56.7%) en O'Brien y O'Connor (2004) para queso Feta.

Es importante señalar que el contenido de humedad disminuye con el proceso de maduración lo que conlleva al aumento de la concentración de sólidos totales (lípidos, proteína, cenizas, etc.). Es así como los productos TF presentaron las mayores concentraciones promedio de lípidos, proteína y colesterol con relación a los quesos TP y TF, que presentaron mayor contenido de humedad y menor contenido de mencionados compuestos.

Por otra parte, el producto conocido como Castevell presentó el valor mas bajo de proteína (19%) y energía (299 kcal/100g). Cabe señalar que el contenido de proteína y colesterol no presentó diferencia estadísticamente significativa entre los 5 quesos tipo Feta estudiados ( $P>0.05$ ), con un promedio de 19% y 92 mg/100g respectivamente; no así el contenido de energía (310 kcal/100g) y de lípidos totales (24%).

El contenido de proteína reportado por Park (2000) fue muy similar a los valores registrados para los quesos tipo Feta cuyo promedio fue de 19.1%, pero superior al registrado (15.6%) en O'Brien y O'Connor (2004) para este mismo tipo producto.

Los quesos TF presentaron un valor promedio de 310 kcal/100g, valor semejante al queso tipo Feta estudiado por Andrikopoulus *et al.* (2003) los cuales registraron un promedio de 350 Kcal/100g. Por su parte, Andrikopoulus *et al.* (2003) determinaron un contenido de 68 mg/100g, de colesterol en quesos tipo Feta, cantidad inferior a los quesos Feta estudiados.

En los tres tipos de queso estudiados (Sainte-Maure, Panela y Feta) el contenido energético presentó relación con la cantidad de lípidos totales; es decir, los productos con mayor contenido de lípidos presentaron mayor contenido energético. De tal forma que el queso Panela presentó las más bajas cantidades de energía y de lípidos totales (15.10 g/100g), resultado esperado dado que dicho producto reporta en su etiqueta que

se elabora a partir de leche parcialmente descremada de cabra. Lo contrario a lo obtenido para el queso TF de la marca Bon Rennés, que contiene la mayor cantidad de lípidos 29.6 g/100g y por ende el mayor contenido energético (340 kcal/100g). Sin embargo, los lípidos no mostraron una relación directamente proporcional con el contenido de colesterol, coincidiendo a lo señalado por Andrikopoulos *et al.* (2003) los cuales mencionan que no existe una relación directamente proporcional entre el contenido de grasa y la cantidad de colesterol.

Reportando que los quesos Feta y Teleme presentan una relación colesterol:grasa de 2.9:1 y 2.5:1 respectivamente. Al comparar estos resultados con los obtenidos en este estudio, se observa una relación promedio para TS, TP y TF de 3.0:1, 3.2:1 y 4.2:1 respectivamente, siendo menores a los publicados por Bonilla (2005) que encontró una relación de 6.2:1, pero similares a los obtenidos por Cuchillo (2006) de 4.2:1. Así mismo estos autores mencionaron, que el contenido de grasa y colesterol puede variar debido a diversos factores fisiológicos, que alteran la composición de la leche y por ende del producto final.

En los últimos años el consumo de grasa y colesterol se ha incrementado a nivel mundial, convirtiéndose en un problema, debido a que incrementan el riesgo de enfermedades coronarias; es por esto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un consumo máximo de 300 mg de colesterol al día, nivel de ingesta que no incrementa los niveles de colesterol en sangre, señalando que el consumo de quesos frescos no representa un riesgo en el incremento de estos padecimientos, que están estrechamente vinculados con otros trastornos como el tabaquismo, hipertensión, sedentarismo y obesidad entre otras (Bauchart, 1993).

Tal es así que el consumo de una porción de queso equivalente a 40 g según la USDA, representan una cantidad de 26 mg de colesterol o 8% de lo recomendado por la OMS en el caso de los quesos tipo Sainte-Maure analizados, mientras que los quesos tipo Panela: 20 mg ó 10% y los tipo Feta: 36 mg ó 24 %.

## VI.2 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS

El cuadro 23 y 24 muestran el perfil de ácidos grasos (AG) saturados presentes en el queso de leche de cabra tipo Sainte-Maure (TS), tipo Panela (TP) y tipo Feta (TF) de los distintos quesos de leche de cabra estudiados.

**Cuadro 23.** Concentración de los principales ácidos grasos saturados en queso de leche de cabra tipo Sainte-Maure (mg/100g de muestra fresca)

Marca	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C20:0	Otros
Montchevre	1.0 <sub>fg</sub>	77.7 <sub>b</sub>	661.5 <sub>ab</sub>	373.6 <sub>abc</sub>	950.6 <sub>bcd</sub>	2630.4 <sub>de</sub>	873.3 <sub>d</sub>	23.0 <sub>de</sub>	195.0 <sub>cd</sub>
Notre Dame	1.2 <sub>f</sub>	21.6 <sub>ghi</sub>	293.2 <sub>fghi</sub>	233.1 <sub>fg</sub>	719.9 <sub>f</sub>	2114.7 <sub>gh</sub>	618.7 <sub>hi</sub>	22.3 <sub>ef</sub>	175.0 <sub>e</sub>
Rancho Vistalegre	1.2 <sub>f</sub>	38.0 <sub>efg</sub>	427.2 <sub>def</sub>	304.6 <sub>de</sub>	942.8 <sub>bcd</sub>	2850.6 <sub>bc</sub>	812.5 <sub>def</sub>	27.5 <sub>abc</sub>	216.6 <sub>ab</sub>
La parroquia de Xico	1.3 <sub>ef</sub>	4.3 <sub>i</sub>	194.9 <sub>hi</sub>	204.3 <sub>gh</sub>	575.6 <sub>g</sub>	1641.6 <sub>i</sub>	765.1 <sub>fg</sub>	21.8 <sub>efg</sub>	120.3 <sub>i</sub>
Lanzarote	1.9 <sub>e</sub>	53.3 <sub>cde</sub>	485.2 <sub>d</sub>	336.6 <sub>cd</sub>	884.1 <sub>cd</sub>	2916.4 <sub>b</sub>	797.9 <sub>efg</sub>	24.9 <sub>cde</sub>	194.6 <sub>d</sub>
Chateau Blanc	3.4 <sub>d</sub>	66.1 <sub>bc</sub>	627.5 <sub>bc</sub>	416.3 <sub>a</sub>	919.8 <sub>bcd</sub>	2554.4 <sub>e</sub>	1128.7 <sub>a</sub>	28.7 <sub>ab</sub>	203.7 <sub>bcd</sub>
Carol	1.2 <sub>d</sub>	19.3 <sub>ghi</sub>	491.1 <sub>cd</sub>	397.0 <sub>ab</sub>	1055.2 <sub>a</sub>	3157.0 <sub>a</sub>	947.1 <sub>bc</sub>	27.1 <sub>abc</sub>	220.3 <sub>a</sub>
La texana	0.8 <sub>fgh</sub>	36.1 <sub>efg</sub>	490.9 <sub>cd</sub>	337.3 <sub>cd</sub>	861.8 <sub>cde</sub>	2468.6 <sub>ef</sub>	652.5 <sub>h</sub>	18.6 <sub>gh</sub>	177.8 <sub>e</sub>
Queso caprina	1.3 <sub>ef</sub>	11.7 <sub>hi</sub>	159.2 <sub>i</sub>	180.4 <sub>hi</sub>	750.3 <sub>f</sub>	2064.4 <sub>h</sub>	726.9 <sub>g</sub>	22.0 <sub>ef</sub>	162.6 <sub>ef</sub>
El queso de cabra	0.3 <sub>h</sub>	18.3 <sub>ghi</sub>	443.1 <sub>de</sub>	262.2 <sub>ef</sub>	764.9 <sub>ef</sub>	2320.0 <sub>fg</sub>	835.3 <sub>def</sub>	25.1 <sub>cde</sub>	164.8 <sub>ef</sub>
Bon Rennés	17.7 <sub>a</sub>	73.1 <sub>bc</sub>	540.3 <sub>bcd</sub>	361.7 <sub>bc</sub>	879.8 <sub>cd</sub>	2457.5 <sub>ef</sub>	879.1 <sub>cd</sub>	19.6 <sub>fgh</sub>	141.3 <sub>gh</sub>
Castellvell	1.1 <sub>f</sub>	44.3 <sub>def</sub>	442.3 <sub>de</sub>	263.7 <sub>ef</sub>	857.1 <sub>de</sub>	2667.7 <sub>cde</sub>	844.9 <sub>de</sub>	23.7 <sub>de</sub>	206.6 <sub>abcd</sub>
Mikonos light	10.5 <sub>b</sub>	61.9 <sub>bcd</sub>	315.7 <sub>efgh</sub>	193.4 <sub>gh</sub>	592.6 <sub>g</sub>	1741.4 <sub>i</sub>	572.8 <sub>i</sub>	16.4 <sub>h</sub>	125.7 <sub>hi</sub>
Le Blanc	2.9 <sub>d</sub>	114.4 <sub>a</sub>	778.7 <sub>a</sub>	350.5 <sub>bcd</sub>	956.0 <sub>bc</sub>	2633.7 <sub>de</sub>	1014.7 <sub>b</sub>	30.4 <sub>a</sub>	210.7 <sub>abc</sub>
Laclette	0.4 <sub>gh</sub>	20.5 <sub>ghi</sub>	413.8 <sub>edf</sub>	335.0 <sub>cd</sub>	988.2 <sub>ab</sub>	2844.4 <sub>bcd</sub>	832.8 <sub>def</sub>	22.2 <sub>ef</sub>	194.6 <sub>d</sub>
Artesanal Gourmand	1.4 <sub>ef</sub>	24.4 <sub>fgh</sub>	338.7 <sub>efg</sub>	231.0 <sub>fgh</sub>	671.0 <sub>fg</sub>	2085.9 <sub>h</sub>	962.6 <sub>b</sub>	26.1 <sub>bcd</sub>	157.0 <sub>fg</sub>
Diane	5.2 <sub>c</sub>	23.1 <sub>ghi</sub>	234.7 <sub>ghi</sub>	137.4 <sub>i</sub>	405.3 <sub>h</sub>	1119.2 <sub>j</sub>	471.1 <sub>j</sub>	11.3 <sub>i</sub>	87.7 <sub>j</sub>

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05

Del cuadro 23 se desprende que los AG saturados más abundantes en los 17 quesos TS fueron: mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0); teniendo que para el producto denominado como Carol se presentó la mayor cantidad de los dos primeros ácidos (1055.2 y 3157.0 mg/100g respectivamente). En cuanto al ácido esteárico, el queso llamado Chateu Blanc registró el mayor contenido (1128.7 mg/100g). Ahora bien, las concentraciones más bajas de estos compuestos se encontraron en el producto con el nombre Diane con 137.4, 405.3 y 1119.2 mg/100g en ese orden.

En este sentido, el promedio de ácido mirístico, palmítico y esteárico para los quesos TS fue de 810, 2368 y 808 mg/100g respectivamente; a pesar de ser éstos los ácidos más abundantes, también se encontraron otros AG saturados tales como: caproico (C6:0), caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0) y araquídico (20:0).

El ácido que se encontró en mayor concentración fue el palmítico con un valor comparativamente superior al mencionado por Bonilla (2005) e inferior al de Cuchillo (2006), quienes reportaron un contenido promedio de 1594 y 3597 mg/100g, respectivamente. Dicho compuesto se ha asociado al desarrollo de enfermedades cardiovasculares debido a que favorece el depósito de colesterol en las arterias; el efecto contrario se le relaciona al ácido esteárico, tal como lo señalan Park (1999) y Banskalieva *et al.* (2000) donde el consumo de dicho compuesto (C18:0) disminuye los niveles de colesterol en sangre.

El valor para el ácido graso saturado más abundante en el queso tipo panela identificado comercialmente como Cabrero, fue el palmítico (C16:0) con una concentración de 1941.6 mg/100g, seguido por los ácidos mirístico (C14:0) y cáprico (C10:0) con un valor de 772.8 y 644.7 mg/100g respectivamente. Por otro lado el ácido graso saturado presente en menor concentración en dicho producto es el caproico (C6:0) con 10.1 mg/100g.

**Cuadro 24.** Concentración de los principales ácidos grasos saturados en queso de leche de cabra tipo Panela y Feta (mg/100g de muestra fresca)

Marca	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C20:0	Otros
Cabrero <sub>1</sub>	10.1	92.6	644.7	374.1	772.8	1941.6	617.8	20.0	149.7
Bon Rennés <sub>2</sub>	6.6 <sub>b</sub>	42.5 <sub>b</sub>	452.1 <sub>c</sub>	302.0 <sub>d</sub>	1082.9 <sub>b</sub>	2982.1 <sub>c</sub>	1041.9 <sub>c</sub>	28.0 <sub>b</sub>	199.4 <sub>d</sub>
Laclette Gourmet <sub>2</sub>	1.9 <sub>c</sub>	7.6 <sub>c</sub>	336.5 <sub>d</sub>	359.6 <sub>c</sub>	1346.8 <sub>a</sub>	4035.2 <sub>a</sub>	1276.3 <sub>a</sub>	33.7 <sub>a</sub>	276.9 <sub>a</sub>
Rancho Vistalegre <sub>2</sub>	15.1 <sub>a</sub>	78.1 <sub>a</sub>	691.7 <sub>a</sub>	390.4 <sub>b</sub>	1080.9 <sub>b</sub>	3240.1 <sub>b</sub>	976.9 <sub>d</sub>	25.1 <sub>c</sub>	196.1 <sub>d</sub>
Lanzarote <sub>2</sub>	1.0 <sub>c</sub>	44.7 <sub>b</sub>	633.1 <sub>ab</sub>	465.2 <sub>a</sub>	1372.4 <sub>a</sub>	3970.0 <sub>a</sub>	1213.3 <sub>b</sub>	32.9 <sub>a</sub>	256.1 <sub>b</sub>
Castelvell <sub>2</sub>	17.1 <sub>a</sub>	87.2 <sub>a</sub>	617.0 <sub>b</sub>	340.1 <sub>c</sub>	969.2 <sub>c</sub>	2877.2 <sub>c</sub>	817.7 <sub>e</sub>	26.5 <sub>bc</sub>	214.5 <sub>c</sub>

1: Tipo Panela, 2: Tipo Feta. <sup>a,b,c,d,e</sup> Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05

En el caso de los quesos clasificados como tipo Feta, los productos Laclette Gourmet y Lanzarote presentan el mayor contenido de los AG mirístico y palmítico (1346.8 y 4032.2: 1372.4 y 3970.0 mg/100g respectivamente), sin encontrarse diferencia estadística significativa entre ellos (P>0.05). Sin embargo, en el caso del ácido esteárico (C18:0), el primer producto mencionado fue el de mayor contenido en relación al resto de los quesos analizados (1276.3 mg/100), siendo diferente estadísticamente (P<0.05). De esta manera el contenido promedio de los AG mirístico, palmítico y esteárico en los quesos tipo feta fue de 1170.4, 3420.9 y 1065.2 mg/100g en ese orden.

### VI.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS

A continuación se muestra el perfil de ácidos grasos monoinsaturados presentes en el queso de leche de cabra TS, TP y TF estudiados (Cuadro 25 y 26).

Como se desprende del cuadro 25, de los seis AG monoinsaturados presentes en los quesos clasificados como tipo Sainte-Maure, el más abundante fue el ácido oleico (C18:1) con una concentración promedio de 1919 mg/100g, siendo mayor a lo reportado por Bonilla (2005), con una concentración máxima de 1134 mg/100g.

**Cuadro 25.** Concentración de ácidos grasos monoinsaturados en queso de leche de cabra tipo Sainte-Maure (mg/100g de muestra fresca)

Marca	C15:1	C16:1	C17:1	C18:1	C20:1	C22:1
Montchevre	23.5 <sub>abc</sub>	59.3 <sub>cd</sub>	28.6 <sub>cd</sub>	2135.6 <sub>bcd</sub>	8.3 <sub>bcde</sub>	1.2 <sub>cde</sub>
Notre Dame	21.2 <sub>bc</sub>	53.6 <sub>def</sub>	20.0 <sub>g</sub>	1412.8 <sub>g</sub>	8.5 <sub>bcd</sub>	1.0 <sub>ef</sub>
Rancho Vistalegre	24.0 <sub>ab</sub>	78.6 <sub>a</sub>	33.4 <sub>a</sub>	2155.8 <sub>bc</sub>	8.2 <sub>bcde</sub>	0.7 <sub>fgh</sub>
La parroquia de Xico	15.4 <sub>d</sub>	26.5 <sub>h</sub>	13.0 <sub>h</sub>	1352.5 <sub>g</sub>	5.4 <sub>f</sub>	0.2 <sub>i</sub>
Lanzarote	25.1 <sub>ab</sub>	54.8 <sub>de</sub>	28.1 <sub>cd</sub>	2113.6 <sub>bcd</sub>	8.4 <sub>bcde</sub>	1.1 <sub>de</sub>
Chateau Blanc	23.5 <sub>abc</sub>	58.4 <sub>cd</sub>	2.7 <sub>i</sub>	2401.1 <sub>a</sub>	9.5 <sub>ab</sub>	1.3 <sub>cd</sub>
Carol	27.1 <sub>a</sub>	67.0 <sub>b</sub>	2.1 <sub>i</sub>	2255.6 <sub>ab</sub>	8.6 <sub>bc</sub>	1.4 <sub>c</sub>
La texana	19.7 <sub>c</sub>	47.1 <sub>fg</sub>	1.7 <sub>i</sub>	1939.7 <sub>de</sub>	6.9 <sub>cdef</sub>	0.5 <sub>hi</sub>
Queso caprina	23.3 <sub>abc</sub>	45.0 <sub>g</sub>	21.4 <sub>fg</sub>	1692.2 <sub>f</sub>	7.5 <sub>bcde</sub>	2.8 <sub>a</sub>
El queso de cabra	22.5 <sub>bc</sub>	55.2 <sub>de</sub>	24.2 <sub>ef</sub>	2139.5 <sub>bcd</sub>	6.5 <sub>def</sub>	1.0 <sub>ef</sub>
Bon Rennés	23.8 <sub>abc</sub>	53.9 <sub>def</sub>	21.2 <sub>fg</sub>	2142.8 <sub>bcd</sub>	6.4 <sub>ef</sub>	0.7 <sub>fgh</sub>
Castellvell	24.9 <sub>ab</sub>	63.2 <sub>bc</sub>	29.2 <sub>bc</sub>	2026.6 <sub>cde</sub>	8.3 <sub>bcde</sub>	0.7 <sub>gh</sub>
Mikonos light	15.1 <sub>d</sub>	44.5 <sub>g</sub>	19.6 <sub>g</sub>	1365.9 <sub>g</sub>	5.2 <sub>f</sub>	0.5 <sub>ghi</sub>
Le Blanc	23.5 <sub>abc</sub>	68.4 <sub>b</sub>	32.4 <sub>ab</sub>	2428.9 <sub>a</sub>	11.4 <sub>a</sub>	2.3 <sub>b</sub>
Laclette	24.7 <sub>ab</sub>	49.1 <sub>efg</sub>	25.5 <sub>de</sub>	1858.8 <sub>ef</sub>	7.7 <sub>bcde</sub>	1.2 <sub>cde</sub>
Artesanal Gourmand	21.6 <sub>bc</sub>	55.1 <sub>ed</sub>	24.2 <sub>ef</sub>	2149.2 <sub>bc</sub>	6.3 <sub>ef</sub>	0.8 <sub>fg</sub>
Diane	11.3 <sub>d</sub>	23.6 <sub>h</sub>	14.4 <sub>h</sub>	1059.7 <sub>h</sub>	1.0 <sub>g</sub>	0.3 <sub>i</sub>

a,b,c,d,e,f,g,h,i Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa

P<0.05

El otro ácido monoinsaturado más abundante fue el palmitoleico (C16:1) con un valor promedio de 53 mg/100g, superando al reportado por Bonilla (2005) con un valor promedio de 38 mg/100g. Los valores obtenidos por Cuchillo (2006) fueron superiores, con un contenido máximo de 114 mg/100g y un mínimo de 95.8 mg/100g para dicho compuesto.

Los productos comerciales con mayor contenido de ácido oleico fueron: Chateau Blanc con 2401.1 mg/100g y Le Blanc con 2428.9 mg/100g; sin embargo, estos valores no presentaron una diferencia estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ). Del mismo modo cuatro quesos no presentaron diferencia estadística significativa en el contenido de dicho compuesto: Montchevre, Lanzarote, el Queso de cabra y Bon Rennés, con una concentración promedio de 2132.9 mg/100g, contrariamente la marca Diane presentó el menor contenido de ácido oleico (1059.7 mg/100g). Por otra parte, el ácido graso que presentó las concentraciones más bajas, fue el erúcido (C22:1) cuyo valor promedio fue de 1.04 mg/100g.

Como se muestra en el cuadro 26, el ácido graso monoinsaturado más abundante en el queso tipo Panela fue el oleico (C18:1) con una concentración promedio de 1407.5 mg/100g; muy por debajo de dicho valor se presentó el ácido palmitoleico (C16:1) con un valor de 42.2 mg/100g. Sin embargo, el ácido erúcido fue el menos abundante con un valor de 0.41 mg/100g.

Por otra parte, los productos TF de las marcas Lactette Gourmet y Lanzarote fueron los que presentaron el mayor contenido de ácido oleico (3043.2 y 3042.8 mg/100g respectivamente), sin diferencia estadística entre ambos productos ( $P>0.05$ ) con un valor promedio de 3043 mg/100g, valor similar a lo reportado por Cuchillo (2006) para queso suave de leche de cabra (3847 mg/100g), aunque por su parte Carpino *et al.* (2004) reportaron valores muy inferiores (35 mg/100g), señalando que la diferencia del procesamiento de la muestra podría ser la causa de esta variación, así como la especie animal de la cual proviene la leche para la elaboración del queso.

De tal forma, el contenido promedio de ácido oleico (C18:1) en quesos de leche de cabra tipo Feta fue de 2568 mg/100g, cantidad muy superior a la registrada para el resto de los AG monoinsaturados; por ejemplo, el palmitoleico (C16:1) con un valor promedio de 69 mg/100g.

**Cuadro 26.** Composición de ácidos grasos monoinsaturados en queso de leche de cabra tipo Panela y Feta (mg/100g de muestra fresca)

Marca	C15:1	C16:1	C17:1	C18:1	C20:1	C22:1
Cabrero <sub>1</sub>	15.5	42.2	18.5	1407.5	5.8	0.4
Bon Rennés <sub>2</sub>	37.7 <sub>a</sub>	79.5 <sub>a</sub>	30.9 <sub>c</sub>	2277.1 <sub>c</sub>	9.0 <sub>b</sub>	0.7 <sub>a</sub>
Laclette Gourmet <sub>2</sub>	30.1 <sub>b</sub>	72.4 <sub>b</sub>	45.4 <sub>a</sub>	3043.2 <sub>a</sub>	10.7 <sub>a</sub>	0.7 <sub>a</sub>
Rancho Vistalegre <sub>2</sub>	23.6 <sub>c</sub>	60.1 <sub>c</sub>	33.5 <sub>b</sub>	2430.7 <sub>b</sub>	1.4 <sub>c</sub>	1.1 <sub>a</sub>
Lanzarote <sub>2</sub>	29.3 <sub>b</sub>	71.3 <sub>b</sub>	43.8 <sub>a</sub>	3042.8 <sub>a</sub>	11.0 <sub>a</sub>	1.0 <sub>a</sub>
Castellvell <sub>2</sub>	24.0 <sub>c</sub>	61.8 <sub>c</sub>	29.4 <sub>c</sub>	2046.2 <sub>d</sub>	1.4 <sub>c</sub>	0.6 <sub>a</sub>

1: Tipo Panela, 2: Tipo Feta. <sup>a,b,c,d</sup> Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05

De manera general el ácido graso monoinsaturado más abundante en los tres tipos de queso (Panela, Feta y Sainte-Maure) correspondió al oleico (C18:1); sin embargo, también se encontraron presentes los siguientes ácidos grasos: cis-10-pentadecenoico (C15:1), cis-10-heptadecenoico (C17:1) y eicosenoico (C20:1).

#### VI.4 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS

En el cuadro 27 y 28 se muestra el perfil de AG poliinsaturados presentes en los quesos de leche de cabra tipo Sainte-Maure (TS), tipo Panela (TP) y tipo Feta (TF) estudiados.

Con relación al contenido de AG poliinsaturados, precursores de las familias  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3, se observó que los niveles de ácido linoléico (LA; C18:2) varían de acuerdo al producto, siendo el queso TS con la marca Montchevré el que mostró la mayor cantidad de dicho



compuesto con 343 mg/100g, valor parecido al encontrado por Cuchillo (2006) con un promedio de 333 mg/100g e inferior al reportado en Jensen de 490 mg/100g, para queso de leche de cabra de origen Francés. Por otro lado el producto La parroquia de Xico presentó la menor cantidad de dicho ácido con 109 mg/100g.

En cuanto al ácido graso  $\alpha$ -linolénico (ALA; C18:3,  $\omega$ -3), el producto Chateu Blanc presentó la mayor concentración (110.7 mg/100g), y la menor correspondió al producto identificado como Bon Rennés (26.4 mg/100g), con una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ), a favor del primer alimento respecto del resto de los productos estudiados.

Por otra parte, en todos los quesos TS analizados, se presentaron los ácidos docosapentaenoico C20:5 ( $\omega$ -3) y docosahexaenoico C20:6 ( $\omega$ -3) mejor conocidos como EPA y DHA respectivamente, obteniendo la mayor concentración de EPA, nuevamente el producto Chateu Blanc con 10.9 mg /100g, contenido superior al promedio obtenido por Bonilla (2005), e inferior al de Cuchillo (2006) de 5.1 y 12 mg/100g respectivamente.

En cuanto al ácido docosahexaenoico (DHA; C20:6), se obtuvo una concentración máxima de 12.7 mg/100g, para el alimento con la marca Le Blanc, cantidad por arriba de la mencionada por Bonilla (2005) y Cuchillo (2006), donde la mayor concentración que registraron fue de 3.5 y 7.6 mg/100g, en ese orden.

El ácido araquidónico (AA; C20:4) se encontró en mayor concentración en el queso con la marca Le Blanc TS (23 mg/100g), resultado inferior al promedio obtenido por Cuchillo (2006) de 31 mg/100g, para queso suave de leche de cabra pasteurizada.

Como se desprende del cuadro 28, en el queso tipo panela se encontraron AG  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3, siendo el ácido linoleico (C18:2) el más abundante, seguido por el ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3). De tal modo que la concentración de estos ácidos grasos fue de 177.5 y 38.7 mg/100g respectivamente.

**Cuadro 27.** Composición de los principales ácidos grasos poliinsaturados en queso de leche de cabra tipo Sainte-maure (mg/100g de muestra fresca)

Marca	C18:2 ( $\omega$ -6)	C18:3 ( $\omega$ -6)	C18:3 ( $\omega$ -3)	C20:4 ( $\omega$ -6)	C20:5 ( $\omega$ -3)	C20:6 ( $\omega$ -3)	Otros
Montchevre	342.6 <sub>a</sub>	2.8 <sub>a</sub>	84.4 <sub>b</sub>	21.5 <sub>abc</sub>	5.7 <sub>cd</sub>	4.6 <sub>de</sub>	37.7 <sub>bc</sub>
Notre Dame	165.1 <sub>f</sub>	1.7 <sub>ef</sub>	74.4 <sub>cde</sub>	14.2 <sub>f</sub>	5.5 <sub>d</sub>	3.5 <sub>fg</sub>	31.7 <sub>ef</sub>
Rancho Vistalegre	246.9 <sub>cd</sub>	2.1 <sub>bcde</sub>	67.2 <sub>def</sub>	17.8 <sub>de</sub>	8.8 <sub>b</sub>	4.7 <sub>de</sub>	38.9 <sub>bc</sub>
La parroquia de Xico	109.0 <sub>h</sub>	1.4 <sub>fg</sub>	47.8 <sub>gh</sub>	10.8 <sub>g</sub>	4.2 <sub>efg</sub>	2.8 <sub>gh</sub>	30.2 <sub>fg</sub>
Lanzarote	244.1 <sub>cd</sub>	2.1 <sub>bcde</sub>	74.7 <sub>cd</sub>	20.6 <sub>abcd</sub>	9.2 <sub>b</sub>	5.4 <sub>cd</sub>	36.1 <sub>cd</sub>
Chateau Blanc	234.4 <sub>d</sub>	1.9 <sub>ef</sub>	110.7 <sub>a</sub>	19.3 <sub>bcde</sub>	10.9 <sub>a</sub>	5.7 <sub>c</sub>	64.4 <sub>a</sub>
Carol	278.2 <sub>b</sub>	2.7 <sub>a</sub>	86.4 <sub>b</sub>	20.6 <sub>abcd</sub>	8.6 <sub>b</sub>	6.2 <sub>c</sub>	41.3 <sub>b</sub>
La texana	264.1 <sub>bc</sub>	2.6 <sub>ab</sub>	64.0 <sub>f</sub>	20.6 <sub>abcd</sub>	5.6 <sub>d</sub>	2.6 <sub>ghi</sub>	26.5 <sub>gh</sub>
Queso caprina	162.4 <sub>fg</sub>	1.9 <sub>ef</sub>	52.3 <sub>g</sub>	17.6 <sub>e</sub>	4.2 <sub>efg</sub>	8.1 <sub>b</sub>	29.7 <sub>fg</sub>
El queso de cabra	180.6 <sub>ef</sub>	1.9 <sub>ef</sub>	39.5 <sub>ij</sub>	22.3 <sub>ab</sub>	4.4 <sub>ef</sub>	1.7 <sub>ij</sub>	40.0 <sub>b</sub>
Bon Rennés	180.9 <sub>ef</sub>	1.7 <sub>ef</sub>	26.4 <sub>k</sub>	20.6 <sub>abcd</sub>	4.0 <sub>efg</sub>	3.5 <sub>fg</sub>	30.6 <sub>f</sub>
Castellvell	248.0 <sub>cd</sub>	2.5 <sub>abcd</sub>	85.4 <sub>b</sub>	17.9 <sub>de</sub>	8.3 <sub>b</sub>	4.1 <sub>ef</sub>	35.2 <sub>cde</sub>
Mikonos light	182.7 <sub>ef</sub>	2.0 <sub>de</sub>	47.3 <sub>ghi</sub>	12.5 <sub>fg</sub>	4.4 <sub>e</sub>	9.0 <sub>b</sub>	22.8 <sub>h</sub>
Le Blanc	253.8 <sub>cd</sub>	0.8 <sub>h</sub>	79.1 <sub>bc</sub>	23.4 <sub>a</sub>	8.8 <sub>b</sub>	12.7 <sub>a</sub>	61.5 <sub>a</sub>
Laclette	245.2 <sub>cd</sub>	2.6 <sub>abc</sub>	66.4 <sub>ef</sub>	19.1 <sub>cde</sub>	6.8 <sub>c</sub>	4.0 <sub>ef</sub>	36.2 <sub>cd</sub>
Artesanal Gourmand	191.2 <sub>e</sub>	2.1 <sub>cde</sub>	37.4 <sub>j</sub>	20.5 <sub>abcde</sub>	3.2 <sub>g</sub>	1.9 <sub>hij</sub>	33.4 <sub>def</sub>
Diane	144.5 <sub>g</sub>	1.1 <sub>gh</sub>	41.3 <sub>hij</sub>	7.2 <sub>h</sub>	3.3 <sub>fg</sub>	1.3 <sub>j</sub>	16.1 <sub>i</sub>

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05.

**Cuadro 28.** Composición de ácidos grasos poliinsaturados en queso de leche de cabra tipo Panela y Feta (mg/100g de muestra fresca)

Marca	C18:2 ( $\omega$ -6)	C18:3 ( $\omega$ -6)	C18:3 ( $\omega$ -3)	C20:4 ( $\omega$ -6)	C20:5 ( $\omega$ -3)	C20:6 ( $\omega$ -3)	Otros
Cabrero <sub>1</sub>	177.5	1.9	38.7	16.1	4.0	5.7	26.2
Bon Rennés <sub>2</sub>	273.8 <sub>c</sub>	2.4 <sub>b</sub>	31.1 <sub>d</sub>	22.8 <sub>b</sub>	3.1 <sub>e</sub>	3.5 <sub>b</sub>	30.7 <sub>c</sub>
Laclette Gourmet <sub>2</sub>	381.0 <sub>a</sub>	3.8 <sub>a</sub>	108.8 <sub>a</sub>	26.1 <sub>a</sub>	9.2 <sub>a</sub>	3.5 <sub>ab</sub>	41.9 <sup>a</sup>
Rancho Vistalegre <sub>2</sub>	319.7 <sub>b</sub>	2.4 <sub>b</sub>	77.8 <sub>c</sub>	19.0 <sub>c</sub>	6.3 <sub>d</sub>	2.9 <sub>b</sub>	33.6 <sub>b</sub>
Lanzarote <sub>2</sub>	381.5 <sub>a</sub>	3.9 <sub>a</sub>	95.3 <sub>b</sub>	24.7 <sub>a</sub>	8.4 <sub>b</sub>	4.6 <sub>a</sub>	44.2 <sub>a</sub>
Castelvell <sub>2</sub>	260.1 <sub>d</sub>	2.4 <sub>b</sub>	94.2 <sub>b</sub>	16.2 <sub>d</sub>	7.1 <sub>c</sub>	3.1 <sub>b</sub>	29.4 <sub>c</sub>

1: Tipo Panela, 2: Tipo Feta. <sup>a,b,c,d</sup> Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05.

Por otra parte el ácido  $\gamma$ -linolénico (C18:3) presentó la concentración más baja con 1.9 mg/100g, del resto de los AG poliinsaturados presentes en el queso tales como: araquidónico (C20:4), eicosapentaenoico (C20:5) y docosahexaenoico (C20:6).

Como se observa en el cuadro 28, los AG linoleico y  $\alpha$ -linolénico se encontraron en mayor concentración, siendo los productos tipo Feta conocidos como Laclette Gourmet y Lanzarote los que presentaron la cantidad mas elevada del primer ácido graso.

En cuanto al ácido graso  $\omega$ -3, solamente el producto Laclette Gourmet mostró una concentración superior al resto 108.8 mg/100g; sin embargo, el valor promedio de dicho ácido fue de 81.4 mg/100g, para los quesos clasificados como TF.

## VI.5 CONTENIDO TOTAL DE ÁCIDOS GRASOS Y ÁCIDO LINOLOEICO CONJUGADO

En los cuadros 29 y 30 se muestran las concentraciones totales de AG en los quesos TS, TP y TF agrupados de la siguiente forma: ácidos grasos saturados, ácidos grasos monoinsaturados y ácidos grasos poliinsaturados (expresados en g/100 g del total de ácidos grasos), las series  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3, la relación  $\omega$ -6: $\omega$ -3 y el contenido total de ácido linoleico conjugado.

La familia de ácidos grasos más abundante en los 17 productos TS, fue la de los AG saturados, con un promedio de 67%, seguido por los AG monosaturados con 27% y finalmente los poliinsaturados con 5%.

El contenido total de AG  $\omega$ -6, presentó un valor máximo de 370.7 mg/100g para el producto Montchevre y un mínimo de 122.4 mg/100g para el producto La parroquia de Xico, mismo que presentó la más baja concentración de AG  $\omega$ -3 (47.3 mg/100g); en cambio, el producto Montchevre mostró la cantidad mayor (134.4 mg/100g) de dicha familia. De tal forma, el promedio de AG  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 para los quesos TS fue de 240.2 y 80.3 mg/100g respectivamente, y la relación de AG  $\omega$ -6: $\omega$ -3 presentó un valor promedio de 3:1.

Por otra parte, los productos con el mayor y menor contenido de CLA correspondieron a Le Blanc y Diane (80.9 y 27.0 mg/100g en ese orden) con una media de 47.8 mg/100g para dicho compuesto. Cinco productos tipo Sainte-Maure no mostraron diferencia estadística significativa con relación al contenido de CLA ( $P > 0.05$ ): Lanzarote, Chateu Blanc, Carol, Castellvell y Laclette.

**Cuadro 29.** Concentración promedio (%) del perfil de ácidos grasos, relación  $\omega$ -6: $\omega$ -3 y contenido de CLA en quesos de leche de cabra tipo Sainte-Maure

Marca	AGS	AGM	AGP	$\omega$ -6 <sub>i</sub>	$\omega$ -3 <sub>i</sub>	$\omega$ -6: $\omega$ -3 <sub>i</sub>	CLA <sub>i</sub> *
Montchevre	67.3	26.2	6.4	370.7 <sub>a</sub>	100.6 <sub>cd</sub>	3.7:1 <sub>de</sub>	58.6 <sub>bc</sub>
Notre Dame	69.5	25.1	5.4	185.3 <sub>g</sub>	90.1 <sub>ef</sub>	2.1:1 <sub>i</sub>	32.6 <sub>g</sub>
Rancho Vistalegre	67.4	27.6	5.1	270.8 <sub>cd</sub>	86.4 <sub>f</sub>	3.1:1 <sub>fg</sub>	41.4 <sub>f</sub>
La parroquia de Xico	68.2	27.3	4.5	122.4 <sub>i</sub>	59.1 <sub>jk</sub>	2.1:1 <sub>i</sub>	28.8 <sub>hi</sub>
Lanzarote	68.1	26.7	5.2	270.8 <sub>cd</sub>	95.8 <sub>de</sub>	2.8:1 <sub>gh</sub>	47.9 <sub>e</sub>
Chateau Blanc	66.6	27.9	5.5	264.2 <sub>d</sub>	134.4 <sub>a</sub>	2.0:1 <sub>i</sub>	48.4 <sub>e</sub>
Carol	68.9	25.8	5.4	306.3 <sub>b</sub>	108.3 <sub>bc</sub>	2.8:1 <sub>gh</sub>	49.6 <sub>e</sub>
La texana	67.2	26.9	5.9	289.4 <sub>bc</sub>	75.9 <sub>gh</sub>	3.8:1 <sub>cd</sub>	60.9 <sub>b</sub>
Queso caprina	65.8	28.9	5.3	186.7 <sub>fg</sub>	70.2 <sub>hi</sub>	2.7:1 <sub>h</sub>	57.6 <sub>c</sub>
El queso de cabra	65.1	30.3	4.7	209.7 <sub>e</sub>	50.8 <sub>kl</sub>	4.1:1 <sub>c</sub>	57.9 <sub>c</sub>
Bon Rennés	67.8	28.4	3.9	207.2 <sub>ef</sub>	37.8 <sub>m</sub>	5.5:1 <sub>a</sub>	41.2 <sub>f</sub>
Castellvell	67.3	27.1	5.6	272.6 <sub>cd</sub>	104.0 <sub>bcd</sub>	2.6:1 <sub>h</sub>	49.4 <sub>e</sub>
Mikonos light	67.4	26.9	5.7	200.4 <sub>efg</sub>	64.3 <sub>ij</sub>	3.1:1 <sub>fg</sub>	30.2 <sub>hg</sub>
Le Blanc	66.4	28.0	5.6	284.2 <sub>cd</sub>	110.1 <sub>b</sub>	2.6:1 <sub>h</sub>	80.9 <sub>a</sub>
Laclette	70.3	24.5	5.3	271.1 <sub>cd</sub>	82.0 <sub>fg</sub>	3.3:1 <sub>ef</sub>	47.1 <sub>e</sub>
Artesanal Gourmand	63.4	31.8	4.8	218.6 <sub>e</sub>	47.3 <sub>l</sub>	4.6:1 <sub>b</sub>	52.8 <sub>d</sub>
Diane	64.9	28.9	6.2	153.5 <sub>h</sub>	48.1 <sub>l</sub>	3.2:1 <sub>fg</sub>	27.0 <sub>i</sub>

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05. AGS= Ácidos grasos saturados. AGM= Ácidos grasos monoinsaturados. AGP= Ácidos grasos poliinsaturados. <sub>i</sub>: expresado en mg/100g de muestra fresca. \*: *cis*-9, *trans*-11 C18:2.

En cuanto al contenido de CLA los quesos tipo TF presentaron un contenido promedio superior, en comparación a los quesos TP y TS, con 58.0, 47.8 y 42.7 mg/100g, respectivamente.

**Cuadro 30.** Concentración promedio (%) del perfil de ácidos grasos, relación  $\omega$ -6: $\omega$ -3 y contenido de CLA en quesos de leche de cabra tipo Panela y Feta

Marca	AGS	AGM	AGP	$\omega$ -6 <sub>i</sub>	$\omega$ -3 <sub>i</sub>	$\omega$ -6: $\omega$ -3 <sub>i</sub>	CLA <sub>i</sub> *
Cabrero <sub>1</sub>	72.0	23.2	4.9	202.8	67.4	3.0:1	42.7
Bon Rennés <sub>2</sub>	68.2	27.1	4.7	309.6 <sub>c</sub>	57.8 <sub>e</sub>	5.4:1 <sub>a</sub>	63.6 <sub>b</sub>
Laclette Gourmet <sub>2</sub>	66.6	27.8	5.5	419.4 <sub>a</sub>	155.0 <sub>a</sub>	2.7:1 <sub>c</sub>	70.9 <sub>a</sub>
Rancho Vistalegre <sub>2</sub>	68.7	26.2	5.1	347.5 <sub>b</sub>	114.2 <sub>d</sub>	3.0:1 <sub>b</sub>	41.8 <sub>c</sub>
Lanzarote <sub>2</sub>	67.6	27.1	5.3	418.2 <sub>a</sub>	144.4 <sub>b</sub>	2.9:1 <sub>b</sub>	69.7 <sub>a</sub>
Castelvell <sub>2</sub>	69.5	25.2	5.3	280.6 <sub>d</sub>	131.7 <sub>c</sub>	2.1:1 <sub>d</sub>	43.9 <sub>c</sub>

1: Tipo panela, 2: Tipo Feta. <sup>a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l</sup> Distinta letra en la columna indica diferencia estadísticamente significativa P<0.05. AGS= Ácidos grasos saturados. AGM= Ácidos grasos monoinsaturados. AGP= Ácidos grasos poliinsaturados. <sub>i</sub>: expresado en mg/100g de muestra fresca. \*: *cis*-9, *trans*-11 C18:2.

El grupo de AG que presentó el mayor porcentaje en el queso tipo Panela, fueron los saturados (72%), seguidos por los monoinsaturados (23%) y finalmente los poliinsaturados (5%). Con relación al contenido de AG  $\omega$ -6 se presentó una mayor concentración de éstos, respecto a los  $\omega$ -3 con 203 mg/100g frente a 67 mg/100g, respectivamente; obteniendo una proporción  $\omega$ -6: $\omega$ -3 de 3:1 para este tipo de producto. Por otra parte el contenido promedio de CLA fue de 42.7 mg/100g.

En el caso de los quesos TF el producto denominado como Laclette Gourmet presentó la mayor cantidad de las familias de ácidos grasos  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 con 419.4 y 155.0 mg/100g, respectivamente; sin embargo, en el contenido de ácidos grasos  $\omega$ -6, no se encontró diferencia estadística significativa (P>0.05) con el producto Lanzarote (418.2

mg/100g). Por otro lado las menores concentraciones de dichos compuestos, le correspondieron al producto Castellvell, con la menor cantidad de ácidos grasos  $\omega$ -6 (280.6 mg/100g), y el producto Bon Rennés con la menor concentración de ácidos  $\omega$ -3 (57.8 mg/100g). En esta dirección el promedio de ambas familias  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 para los productos TF fue de 355 y 120.6 mg/100g, en ese orden. De esta manera el promedio de la relación de AG  $\omega$ -6: $\omega$ -3 para los 5 productos tipo Feta fue de 3.2:1

En los tres tipos de queso estudiados (TS, TP y TF), el grupo de ácidos grasos con el mayor porcentaje del total, fueron los saturados con 67.6%, seguidos por los monoinsaturados con 27.2% y finalmente los poliinsaturados 5.3%, dichos valores son similares con los obtenidos por Prandini *et al.* (2007) para queso de leche de cabra italiano con 73, 29 y 4 % en ese orden.

En general las concentraciones de los AG saturados, mono y poliinsaturados presentes en los tres tipos de queso estudiados presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ), pudiendo deberse a las diferencias del proceso de elaboración y en especial a las características de la materia prima con la que se fabrican.

En este sentido Zlatanov *et al.* (2002) obtuvieron un perfil completo de ácidos grasos en queso Feta y tipo Feta elaborados con una combinación de leche de cabra y oveja, los productos fueron obtenidos del mercado por lo que no se detalla la alimentación de los animales; sin embargo, señalaron que ésta variable puede afectar las concentraciones de éstos compuestos, al igual que el proceso de manufactura.

Del mismo modo, en todos los quesos los AG  $\omega$ -6 presentaron una mayor concentración respecto a los AG  $\omega$ -3. Simopoulos *et al.* (2006) reportan que la relación de ácidos grasos  $\omega$ -6: $\omega$ -3 presente en la dieta occidental (15:1 a 16.7:1) promueve diversas enfermedades, incluyendo enfermedades inflamatorias, cardiovasculares, cáncer y osteoporosis y consideran que la proporción óptima de ácidos grasos  $\omega$ -6: $\omega$ -3, debe ser de 1:1. Al comparar dicha sugerencia con los valores de los quesos estudiados se observó una relación promedio de 2.4:1, inferior a la propuesta por

Bonilla (2005) de 3.3:1, siendo productos ricos en AG  $\omega$ -6 pero ubicándose dentro de los márgenes sugeridos para la salud del consumidor.

Con relación al contenido de CLA (*cis*-9, *trans*-11 C18:2), los tres tipos de quesos analizados presentaron dicho compuesto, el cual exhibe una variedad de efectos benéficos para la salud, teniendo que los quesos tipo TF presentaron la mayor concentración promedio (58.0 mg/100g), con respecto a los otros tipos de quesos, siendo los productos con las marcas Laclette Gourmet y Lanzarote las que mostraron el mayor contenido con 70.9 y 69.7 mg/100g, respectivamente sin diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ). Dichos valores son inferiores a los reportados por Prandini *et al.* (2007) para quesos italianos de leche de cabra (122 mg/100g): Sin embargo, Luna *et al.* (2007) determinaron en queso de leche de vaca pasteurizada un contenido promedio de CLA de 3.3 mg/g de grasa; valor similar al encontrado para el producto Le Blanc, con el mayor contenido de CLA de los quesos tipo Sainte-Maure con 3.4 mg/g de grasa o 81 mg/100g de queso fresco.

Por otra parte, el producto TS denominado comercialmente como Diane presentó la cantidad más baja de CLA con 27 mg/100g y el producto TP de nombre comercial Cabrero con 43 mg/100g.

Zlatanov *et al.* (2002) indicaron que los factores que influyen en el contenido de ácido linoleico conjugado son: la ubicación geográfica, ya que esta influye en el tipo de alimentación de los animales, el tiempo de maduración y las condiciones de producción del queso; sin embargo, Luna *et al.* (2007) estudiaron como influye el periodo de maduración en el contenido de CLA, en tres variedades de queso (Manchego, Cabrales y Mahón), determinando que dicho factor, ejerce un efecto insignificante en la concentración total de tal compuesto, afirmando que lo que influye en gran medida es el contenido inicial de CLA presente en la leche con la que se elabora el queso, coincidiendo en dicho punto con Zlatanov *et al.* (2002).



## VIII. CONCLUSIONES

- La marca comercial denominada Le Blanc tipo Sainte-Maure presentó el mayor contenido de ácido linoleico conjugado (81 mg/100g de queso fresco) y ácido oleico (2 g/100g de queso fresco); compuestos que reducen el riesgo de desarrollar cáncer y enfermedades cardiovasculares.
- En todos los tipos de queso estudiados se encontraron ácidos grasos poliinsaturados ( $\omega$ -6 y  $\omega$ -3), además de ácido linoleico conjugado, siendo el queso tipo Feta el que presentó los mayores contenidos promedio de dichos compuestos.
- El consumo de una ración de 40g de queso de leche de cabra tipo Feta aporta 23 mg de CLA, lo que representa menos del 1% de la ingesta diaria sugerida, para obtener efectos benéficos en la salud. Por otra parte, dicha porción de queso aporta 168 mg de AG  $\omega$ -6 y 62 mg de AG  $\omega$ -3, representando el 2% y el 6.2% respectivamente de la ingesta diaria sugerida de dichos compuestos.
- La composición química, el perfil de ácidos grasos y el contenido de CLA varían en relación al tipo de queso y producto comercial; sin embargo, son necesarias futuras investigaciones en un mayor número de productos para determinar completamente el potencial del queso fresco de leche de cabra como alimento funcional.
- El queso de leche de cabra comercial manufacturado en México independientemente de la variedad, representa una alternativa para mejorar sustancialmente el perfil dietario del ser humano, con propiedades inherentes al mismo que permiten una vida más saludable.
- Pocas investigaciones a nivel nacional se enfocan en productos de origen caprino, por lo que el aprovechamiento de la leche y sus derivados como fuente de ingredientes y alimentos funcionales, ofrece un potencial que no puede ser desaprovechado.

**IX. LITERATURA CITADA**

1. Agnihotri, M. K. y Prasad, V. S. 1993. Biochemistry and processing of goat milk and milk products. *Small Ruminant Research*. 12: 151 – 170.
2. Alais, C. 1985. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Reverte, S.A. España. Pp. 21-205.
3. Amiot, J. 1991. Ciencia y tecnología de la leche. ACRIBIA. Zaragoza, España. Pp. 1-69, 97, 249-266.
4. Andrikopoulos, N.K., Kalogeropoulos, N., Zerva, A., Zerva, U., Hassapidou, M. y Kapoulas, V. M. 2003. Evaluation of cholesterol and other nutrient parameters of Greek cheese varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16(2): 155-167.
5. AOAC. 2003. Official Methods of Analysis, 23<sup>rd</sup> Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.: USA.
6. Arbiza, S. I. 2001. La leche caprina y su producción. Editores Mexicanos Unidos, S.A. México D.F. Pp. 210-211.
7. Banskalieva, V., Sahlu, T., y Goetsch, A. L. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: A review. *Small Ruminant Research*. 7: 255-268.
8. Bauchart, D. 1993. Lipid absorption and transport in ruminants. *Journal Dairy Science*. 76:3864-3881.
9. Bauman, D.E. 2002. Conjugated linoleic acid (CLA) and milk fat: A good news story. NY, USA. Pp.56.  
(En:<http://www.animal.cals.arizona.edu/azdp/papers/2002/bauman.pdf>.  
Accesado en Marzo, 2008)
10. Bernal, F. 1992. Trabajo monográfico de actualización: Quesos elaborados tradicionalmente en México y clasificación propuesta. Tesis de licenciatura. Facultad de Química. UNAM. México, D.F. Pp. 5, 8, 19, 22,36-39,45 y 50.

11. Bonilla, C.A. 2005. Evaluación nutrimental del queso de leche de cabra, cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D.F. Pp. 58-69.
12. Boyazoglu, J, y Morand-Fehr, P. 2001. Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review. *Small Ruminant Research*. 40:1-11.
13. Campos, N., Mejía, M. y Barquera, C. 2002. Los ácidos grasos n-3 y n-6 y su relación con la enfermedad cardiovascular. *Nutrición Clínica*. 5(2):79-87.
14. Carpino, S., Mallia, S., La Terra, S., Melilli, C., Licitra, G., Acree, T. E., Barbano, D. M y Van Soest, P. J. 2004. Composition and aroma compounds of ragusano cheese: native pasture and total mixed rations. *Journal Dairy Science*. 87:816-830.
15. Castro, G. M. 2002. Ácidos grasos  $\omega$ 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*. 27: 128-136.
16. Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. y Doreau, M., 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales Zootechnics*. Vol. 49. Pp: 181-205.
17. Christie, J. 1993. Los aceites omega en la alimentación. Ediciones Urano, Barcelona, España. Pp. 271.
18. Cuchillo, H. M., Puga. D.C., Galina, M. A., Pérez-Gil, F., Montaña, B. S. y Navarro-Ocaña, A. 2005. Efecto del sistema de alimentación sobre la actividad antioxidante del queso de leche de cabra, en México. XIX Reunión de la asociación Latinoamericana de Producción Animal. IV congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito. Tampico, Tamaulipas, México, 26 al 28 de Octubre. Pp. 586-587.

19. Cuchillo, H. M. 2006. Componentes funcionales y nutrimentales del queso fresco de leche de cabra, cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. Tesis de Maestría. FES-Cuautitlan UNAM. Pp. 75-85.
20. Dillon, J. C. 1990. El queso en la alimentación. En: Eck, A. Coordinador. El Queso. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, España. Pp. 451,453 y 454.
21. Dubeuf, J.P. 2005. Structural, market and organizational conditions for developing goat dairy production systems. *Small Ruminant Research*. 60:67-74.
22. Elgersma, A., Tamminga, S. y Ellen, G. 2006. Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*. 131: 207–225.
23. Fekadu, B., Soryal, K., Zeng, S., Van Hekken, D., Bah, B. y Villaquiran, M. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheese. *Small Ruminant Research*. 59: 55-63.
24. Fenton, M., y Sim, J. S. 1991. Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography A*. 540:323-329.
25. Folch, J. M, Less y Sloane-Stanley.1957. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biological Chemistry*. 226:247.
26. Food and Agriculture Organization (FAO). 1997. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos. (Estudio FAO Alimentación y Nutrición – 57). Roma, Italia.
27. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAOSTAT). URL February. (En:<http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Livestock.Stocks&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=0&version=ext&language=ES>. Accesado en Abril, 2008).

28. Fox, P. F. y Cogan, T.M. 2004. Factors that affect the Quality of Cheese. En: Fox, P.F. Cheese: Chemistry, physics and microbiology. Vol 2. Elsevier Academic Press. New York. Pp. 583-585.
29. Gambelli, L., Manzi, P., Panfili, G., Vivanti, V., y Pizzoferrato, L. 1999. Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialized in Italy. *Food Chemistry*. 6: 353-358
30. García-Garibay, M., Quintero, R. R., Lopez-Munguía, A. 2004. Biotecnología alimentaria. Limusa- Noriega Editores. México, D.F. Pp. 179 y 181.
31. Gervilla, R. 2001. Estudio de los tratamientos por alta presión hidrostática en la leche de oveja. Tesis de Doctorado. Barcelona (España). Universidad Autónoma de Barcelona.
32. Gnädig, S., Xue, Y., Berdeaux, O., Chardigny, J.M. y Sebedio, J.L. 2003. En: Functional dairy products. Mattlia-Sandholm T., Saarela M., Woodhead Publishing, Cambridge England. Pp. 263-289.
33. Haenlein, G. F. W. 2001. Past, present and future perspectives of small ruminant dairy research. *Journal Dairy Science*. 84: 2097 – 2115.
34. Haenlein, G. F. W., 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 51: 155-163.
35. Hasler, C.M. 1998. Scientific status summary. Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. *Food Technology*. 52 (11):63-70.
36. Hatziminaoglou, Y. y Boyazoglu J. 2004. The goat in ancient civilizations: from the Fertile Crescent to the Aegean Sea. *Small Ruminant Research*. 51:123-129.
37. Ip, C., Scimeca, J.A. y Thompson, H. 1995. Effect of timing and duration of dietary conjugated linoleic acid on mammary cancer prevention. *Nutrition Cancer*. 24:241–247.

38. Iruegas, E.L., Castro L.C. y Ávalos F.L. 1999. Oportunidades de desarrollo en la industria de la leche y carne de cabra en México. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Boletín Informativo. 32,313, México, D.F.
39. Jandal, J. M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 22: 177 – 185.
40. Jones, P. H. y Kubow, S. 2002. En nutrición en salud y enfermedad. Shils, M, E. Vol I. McGrawHill. Novena edición. México D.F. Pp. 102-105.
41. Khanal, R.C., y Olson, K. C. 2004. Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat, and egg: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*. 3 (2): 82-98.
42. Kleper, C. R. y Tove, C. B. 1969. Linoleate *cis*-12, *trans*-11 isomerase. En *Methods in enzymology*. Lowenstein, J. M. Vol. XIV. New York. Academic Press. Pp. 105-110.
43. Kosikousky, F. V. y Mistry, V.V. 1997. Cheese and fermented milk foods. Vol. I: origins and principles. Edi. Edwards Brothers, INC. USA. Pp. 728.
44. Lebbie, S. H. 2004. Goats under household conditions. *Small Ruminant Research*. 51: 131-136.
45. Lee, J. Y. y Hwang, D. H. 2007. En *Fatty acids in foods and their health implications*. Chow, C. CRC Press y Taylor and Francis Group. Tercera Edición, USA. Pp. 121, 717-719.
46. Losada, M. 2002. El análisis sensorial de los quesos. AMV Ediciones. Mundi-Prensa. Pp. 15-30.
47. Lu, Y. y Foo, L. 2001. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). *Food Chemistry*. 75:197-202.

48. Luna, P., Juárez, M. y de la Fuente, M.A. 2007. Conjugated linoleic acid content and isomer distribution during ripening in three varieties of cheeses protected with designation of origin. *Food Chemistry*. 103:1465-1472.
49. Luquet, F. 1991. Leche y productos lácteos. Vaca-oveja-cabra. ACRIBIA. Zaragoza, España. Pp. 5-11, 124-174.
50. Luquet, F. 1993. Los productos lácteos. Transformación y tecnologías. ACRIBIA. Zaragoza, España. Pp. 89,287-291,315.
51. Mahaut, M., Jeantet, R. y Brulé, G. 2003. Introducción a la tecnología quesera. ACRIBIA. Zaragoza, España. Pp.82.
52. Maree, H. P. 1978. Goat milk production and its use as a hypo-allergenic infant food. *Dairy Goat Journal*.  
(En:[http://goatconnection.com/articles/publish/article\\_152.shtml](http://goatconnection.com/articles/publish/article_152.shtml). Accesado en Abril 08)
53. Mariane, L. 1998. La dieta como determinante del desarrollo del sistema nervioso central: Rol de los ácidos grasos esenciales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 48: 29-33.
54. Mataix, J., Gil A. 2004. Libro blanco de los omega-3. Editorial médica panamericana., Zaragoza España. Pp. 9,10, 15-18.
55. Morales, L. J., Babinsky, V., Bourges, R. H., y Camacho, P. M. 2000. Tablas de composición de alimentos mexicanos. México D.F. INCMNSZ. Pp.122.
56. Morales, L. J., Cassís, P. M. y García, B. L. 2003. Elaboración de un queso tipo "Cotija" con base en una mezcla de leche y garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 53 (2); 202-207.
57. Muñoz, C. M., Ledesma, S. J. A., Chávez, V. A., Pérez-Gil, R. F., Mendoza, M. E., Castañeda, L. J., *et al.* 2002. Los alimentos y sus nutrientes. Tablas de valor nutritivo de alimentos. Edición Internacional. México D. F. Mc Graw Hill. Pp.132-133.

58. NORMA Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias. México: Diario Oficial de la Federación.
59. NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
60. O'Brien, N.M. y O'Connor, T. P. 2004. Nutritional aspects of cheese. En: Fox, P.F. Chemistry, physics and microbiology. Pp. 573-578.
61. O'Connor, D. L. 1994. Folate in goat milk products with reference to other vitamins and minerals: A review. *Small Ruminant Research*. 14:143-149.
62. Palma, G. J. M. 1995. Factores que influyen en la producción lechera de un hato caprino en el semiárido mexicano. Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima. Pp. 18-30.
63. Pariza, M., Park, W. Y. y Cook, M. E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*. 40:283-298.
64. Park, W. Y. 1991. Relative buffering capacity of goat milk, cow, milk, soy-based infant formulas, and commercial non-prescription antacid drugs. *Journal Dairy Science*. 74: 3326-3333.
65. Park, W. Y. 1992. Comparison of buffering components in goat and cow milk. *Small Ruminant Research*. 8: 75-81.
66. Park, W. Y. 1994. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Research*. 14: 151-159.
67. Park, W. Y. 2000. Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA. *Small Ruminant Research*. 37:115-124.



68. Park, W. Y., Mahoney, A. W. y Hendricks, D. C. 1986. Bioavailability of iron in goat milk compared with cow milk fed to anemic rats. *Journal Dairy Science*. 69: 2608-2015.
69. Peraza, C.C. 1987. Los quesos de cabra en México. IV Congreso Nacional. Asociación nacional de zootecnistas y técnicos en capricultura. Colima, México. Pp.87-118.
70. Peterson, D. G., Kelsey, J. A. y Bauman, D. E. 2002. Analysis of variation in cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. *Journal Dairy Science*. 85:2164-2172.
71. Posanti, O. L. y Orr, L. M. 1976. Composition of foods. Dairy and egg products, Raw-processed-prepared. Agriculture Handbook. No. 81, Washington D.C.
72. Prandini, A., Sigolo, S., Tansini, G., Brogna, Nico. y Piva, G. 2007. Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20:472-479.
73. Prieto, B., Franco, I., Fresno, J. M., Bernardo, A. y Carballo, J. 2000. Picón Bejes-Tresviso blue cheese: an overall biochemical survey throughout the ripening process. *International Dairy Journal*. 10: 159-167.
74. Quittet, R, 1990. La cabra. Guía práctica para el ganadero. Ediciones Mundi Prensa. España. Pp. 226.
75. Rodríguez, G. H. 2001. Alimentos Funcionales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. México, D.F. Pp. 140-141.
76. Ronayne, P.A. 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Archivos Argentinos Pediátricos*. 98(4): 231-238
77. Rubino, R., Morand-Fehr, P., Renieri, C., Peraza, C. y Sarti, F.M. 1999. Typical products of the small ruminant sector and the factors affecting their quality. *Small Ruminant Research*. 34:289-302.

78. Rubino, R. 2002. Producción de quesos artesanales en relación a la calidad de la leche. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. Septiembre 30 al 2 de Octubre; Querétaro, México.
79. SAS, Institute Inc. 1996. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistics. Version 6.12. Edition. Cary, North Carolina. USA. Pp. 320.
80. Schlimme, E. 2002. La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas. *ACRIBIA*. Zaragoza España. Pp. 1-15, 33-36, 77-81, 87-94.
81. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2008. Anuario Pecuario. En: ([http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar\\_compec\\_principal.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_compec_principal.html) 2002. Accesado Marzo 2008).
82. Simopoulos, A.P. 2006. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedecine and Pharmacotherapy*. 60:9 502-507.
83. Simos E, Voutsinas L. P y Pappas C. P. 1991 Composition of milk of native Greek goats in the region of Metsovo. *Small Ruminant Research*. 4:47-60.
84. Trujillo, A. y Almudena, F. 2004. Consumo de quesos de cabra en la Ciudad de Tequisquiapan, Qro. México. Memorias de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Acapulco, Gro. Noviembre.
85. USDA. 2007. Nutrient Database for Standard Reference. Release 13. USA. Food group 01 Dairy and Egg products NDB No.01159. (En: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR13/reports/sr13page.htm>. Accesado Agosto 2008).
86. Varnam, A. 1995. Leche y productos lácteos. Tecnología, química y microbiología. *ACRIBIA*. Zaragoza España. Pp. 1-28, 167-189, 291-349.
87. Vega, L.S., Gutiérrez, R.T., Díaz, G.G., González, L.M., Ramírez, A.A., Salas M.H., Coronado H.M. y González C.C. 2005. Leche de Cabra: Producción, composición y aptitud industrial. *Carnilac*. Octubre-Noviembre, 2005. Pp. 9-18.

88. Villegas de Gante, A. 2000. Tecnología quesera. Trillas. Pp. 13-53, 76-87, 316-324.
89. Villegas de Gante, A. 2003. Los quesos mexicanos. Universidad Autónoma de Chapingo., 2da Edición, México Texcoco. Pp. 21-23.
90. Voet, D. y Voet, J. G. 1995. Bioquímica. Segunda edición. Barcelona, España. Ediciones Omega. Pp. 294-295.
91. Watkins, B.A. y Li, Y. 2002. Conjugated Linoleic Acids: Nutrition and Biology. En: Food lipids. Chemistry, nutrition, and biotechnology. Akoh, C.C., Min, D.B., Marcel Dekker, Inc., New York. Pp. 637- 639.
92. Wahle, K. W., Heys, S. D. y Rotondo, D. 2004. Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health?. *Progress in Lipid Research*. 43: 553-587.
93. Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C. y Sagredos, A. 2002. CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. *Food Chemistry*. 78:471-477.