



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**EFFECTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA  
CONCENTRACIÓN DE COLESTEROL, EL PERFIL DE ÁCIDOS  
GRASOS Y AMINOÁCIDOS EN EL QUESO DE CABRA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**VIRIDIANA MERECIAS APARICIO**



**MÉXICO, D.F.**

**2015**



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:** Profesora: María Elena Cañizo Suarez  
**VOCAL:** Profesora: Lucia Cornejo Barrera  
**SECRETARIO:** Doctora: Claudia Delgadillo Puga  
**1er. SUPLENTE:** Profesora: Fabiola González Olguín  
**2º SUPLENTE:** Profesora: Iliana Elvira González Hernández

## **SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN  
SALVADOR ZUBIRÁN**

**ASESOR DEL TEMA:** Dra. Claudia Delgadillo Puga

---

**SUSTENTANTE:** Viridiana Merecias Aparicio

---

## CONTENIDO

	Páginas
Índice de cuadros .....	III
Índice de figuras .....	IV
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>II. ANTECEDENTES</b>	
II.1 Población mundial de cabras .....	3
II.2 Situación nacional de la producción caprina .....	4
II.3 Estrategias de la alimentación en los caprinos.....	5
II.4 La leche de cabra .....	8
II.4.1 Situación de la producción mundial de leche caprina .....	8
II.4.2 Producción nacional.....	10
II.4.3 Características generales .....	12
II.4.4 Tratamientos de conservación de la leche.....	16
II.4.5 Beneficios de la leche de cabra .....	17
II.5 El queso .....	18
II.5.1 Definición .....	18
II.5.1 Clasificación .....	18
II.5.1.1 Con base al contenido de humedad .....	18
II.5.1.2 Con base al método de coagulación de la caseína.....	19
II.6 Queso de leche de cabra .....	20
II.6.1 Situación mundial.....	21
II.6.2 Situación nacional .....	23
II.6.3 Clasificación .....	24
II.6.4 Composición química.....	26
II.7 Alimentos funcionales .....	32
II.8 Lípidos.....	37
II.8.1 Ácidos grasos (AG).....	38
II.8.1.1 Síntesis de los ácidos grasos .....	40
II.8.2 Digestión y metabolismo ruminal de los lípidos.....	43

II.8.2.1 Síntesis láctea de lípidos .....	47
II.8.3 Colesterol .....	50
II.8.3.1 Síntesis de colesterol .....	51
II.9 Proteínas .....	53
II.9.1 Aminoácidos (aa) .....	53
II.9.1.1 Síntesis de aminoácidos .....	54
II.9.2 Digestión y metabolismo ruminal de las proteínas .....	55
II.9.3 Síntesis láctea de las proteínas .....	56
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>58</b>
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	<b>59</b>
<b>V. OBJETIVOS</b>	
V.1 Objetivo general .....	60
V.2 Objetivo específico .....	60
<b>VI. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	
VI.1 Ubicación del sitio de trabajo .....	61
VI.2 Animales experimentales .....	61
VI.3 Elaboración del queso experimental .....	62
VI.4 Composición química .....	63
VI.5 Determinación de lípidos .....	64
VI.6 Determinación de ácidos grasos .....	65
VI.7 Determinación de colesterol .....	68
VI.8 Determinación de aminoácidos (aa) .....	71
VI.9 Análisis estadísticos .....	73
<b>VIII. RESULTADOS</b>	
VIII.1 Composición química de 4 tipos de queso de leche de cabra .....	75
VIII.2 Perfil de ácidos grasos de 4 tipos de queso de leche de cabra .....	77
VIII.3 Perfil de aminoácidos de 4 tipos de queso de leche de cabra .....	87
<b>VIII. DISCUSIÓN</b> .....	<b>91</b>
<b>IX. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>100</b>
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>101</b>
<b>XI. ANEXOS</b> .....	<b>114</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Población mundial de cabezas de cabras. ....	4
Cuadro 2. Principales estados de la República Mexicana productores de cabezas ganado caprino.....	5
Cuadro 3. Producción mundial de leche entera de cabra.....	10
Cuadro 4. Producción nacional de leche entera de cabra.....	11
Cuadro 5. Contenido de nutrimentos básicos de la leche entera de cabra .....	14
Cuadro 6. Contenido mineral de la leche entera de cabra .....	15
Cuadro 7. Composición vitamínica de leche entera de cabra .....	16
Cuadro 8. Principales tratamientos térmicos de la leche.....	17
Cuadro 9. Principales enzimas de uso en la quesería. ....	20
Cuadro 10. Principales países productores de queso de leche caprina. ....	22
Cuadro 11. Composición química del queso suave de leche de cabra .....	26
Cuadro 12. Perfil de aminoácidos en el queso suave de leche de cabra .....	27
Cuadro 13. Perfil de minerales en el queso suave de leche de cabra.....	28
Cuadro 14. Ácidos grasos en queso suave de leche de cabra.....	30
Cuadro 15. Alimentos funcionales, tipo de evidencia e ingesta recomendada.....	35
Cuadro 16. Composición química de 4 tipos de queso suave de leche de cabra (n=5).....	75
Cuadro 17. Concentración total de ácidos grasos en los 4 tipos de quesos de leche de cabra (n=5).....	77
Cuadro 18. Concentración de ácidos grasos saturados en 4 tipos de queso fresco de leche de cabra (n=5) .....	80
Cuadro 19. Concentración de ácidos grasos monoinsaturados en 4 tipos de queso fresco de leche de cabra (n=5).....	83
Cuadro 20. Concentración de ácidos grasos poliinsaturados en 4 tipos de queso fresco de leche de cabra (n=5).....	85
Cuadro 21. Concentración de aminoácidos de 4 tipos de queso de leche de cabra (n=5).....	87
Cuadro 22. Perfil de aminoácidos de 4 tipos de queso de leche de cabra (n=5) ..	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Estados de la República Mexicana líderes en producción de leche de cabra durante el 2012.....	11
Figura 2. Estructura de un triglicérido.....	38
Figura 3. Estructuras <i>cis</i> y <i>trans</i> . ....	39
Figura 4. Ácidos Grasos esenciales. ....	39
Figura 5. Síntesis de los ácidos grasos.....	41
Figura 6. Metabolismo de los ácidos grasos <i>n-3</i> y <i>n-6</i> .....	43
Figura 7. Lipólisis en rumiantes.....	44
Figura 8. Desaturación de ácidos grasos en la glándula mamaria. ....	48
Figura 9. Estructura del colesterol.....	50
Figura 10. Síntesis de colesterol.....	52
Figura 11. Fórmula estructural de los aminoácidos en las proteínas. ....	53
Figura 12. Síntesis de aminoácidos. ....	55
Figura 13. Diagrama de elaboración de queso de leche de cabra .....	63
Figura 14. Diagrama de la determinación de lípidos .....	65
Figura 15. Diagrama de la determinación de ácidos grasos. ....	68
Figura 16. Diagrama de la determinación de colesterol .....	71

## RESUMEN

En México se promueve actualmente una serie de proyectos vinculados al ganado caprino y sus subproductos; en algunas acciones se colabora con los productores de leche de cabra de la micro y mediana industria familiar que desarrollan procesos artesanales y de alta tecnología como estrategias para impulsar la conservación y obtención de derivados lácteos. El objetivo del estudio fue evaluar el sistema de alimentación (pastoreo y estabulación) sobre algunos componentes nutricionales del queso fresco de leche de cabra durante la época de verano en Querétaro, México. Las muestras se analizaron en el Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Se formaron dos grupos de cabras Alpino Francesa (A y B) constituido cada uno por 20 animales. El primer grupo (A) se alimentó en pastoreo y el segundo (B) se mantuvo en estabulación. El 50% de la producción láctea de cada grupo se pasteurizó y la restante se procesó en crudo para elaborar 4 tipos de queso: pastoreo-crudo (PC), pastoreo-pasteurizado (PP), estabulado-crudo (EC) y estabulado-pasteurizado (EP). Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza ( $P>0.05$ ) en un modelo factorial 2x2. El contenido de los ácidos grasos: saturados en PC presentaron la mayor concentración (8.4%), asimismo los poliinsaturados en PC y PP (0.64%), además los ácidos grasos *n*-3 y *n*-6 fueron superiores en PC (0.19%), también en PP y en PC (0.41%) respectivamente. Del mismo modo, el colesterol reportó el valor más alto para PC con un promedio de 0.094% sin diferencia ( $P>0.05$ ) respecto al resto de los tratamientos, mientras que los aminoácidos totales no revelaron diferencia estadística; sin embargo el producto PP (13.8%) registró la concentración más alta. Se concluye que el sistema de alimentación en pastoreo incrementó los valores de lípidos y el perfil de ácidos grasos de los quesos de leche de cabra, algunos de los componentes que se identificaron fueron los ácidos: alfa-linolénico, araquidónico, esteárico y oléico que fungen como componentes funcionales los cuales son reconocidos por sus beneficios a la salud.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han realizado una serie de proyectos para el desarrollo de la ganadería en colaboración con los productores de leche de cabra del país. Una de las alternativas clave para el desarrollo de ésta actividad, es ofrecer un valor agregado a la leche, esto se ha logrado mediante la elaboración de diversos derivados entre ellos los quesos, los cuales ofrecen inocuidad y seguridad alimentaria desde el punto de vista nutrimental (Galina, 2002a).

Los quesos de cabra ofrecen un bienestar en la salud del consumidor lo cual conlleva a caracterizarlos como alimentos funcionales, debido a que representa una alternativa por mejorar el perfil dietario del ser humano, con propiedades inherentes a estos productos (Cuchillo *et al.*, 2005b; 2006).

En la elaboración de quesos artesanales sobresale la calidad sobre cantidad, hacia una sociedad en crecimiento, aparte de la participación en la compra de productos que permiten el crecimiento económico de un sector desprotegido a través del desarrollo de mercados locales (Galina, 2002b; Puga y Galina, 2003).

En esta investigación se determinó el efecto de la alimentación el cual fue sometido el ganado caprino y al mismo tiempo se observó como influyó el proceso térmico de la leche de cabra, sobre la concentración de colesterol, el perfil de ácidos grasos y aminoácidos del queso de leche de cabra.

## II. ANTECEDENTES

### II.1 Población mundial de cabras

Los primeros reportes de la cabra doméstica fueron documentados por Ganj Daré en lo que hoy se conoce como Irán; esto lo hace aún más antiguo, en relación con el primer registro de la domesticación del perro (11,000 a.C.). Desde los primeros asentamientos de la civilización Mesopotámica en lo que hoy se conoce como el Medio Oriente, la cabra ha estado presente en todas las etapas de los antiguos pobladores de la región (Hatziminaoglou y Boyazoglu, 2004).

La población de cabras se ha extendido por todo el mundo (Cuadro 1), la cual se ha adaptó a diferentes climas, condiciones geológicas y de manejo; a más de forma parte importante de la vida económica de diversos países (Hatziminaoglou y Boyazoglu, 2004). En muchas regiones del mundo la producción de cabras se desarrolla dentro de condiciones de producción familiar, incluso se vincula con la mujer y los hijos, abarca limitadas extensiones de terreno, por lo general se combina con la agricultura, esto hace que juegue un papel muy importante en la producción de alimentos (leche, carne) y otros satisfactores como las pieles y el pelo de alta calidad (Lebbie, 2004; Arbiza, 2001).

En relación a la distribución mundial de ganado caprino en el 2000, esta se ubicó en 7.5 millones de cabezas, las cuales incrementaron 24.5% en el 2012 para el último periodo, se identificó que los tres países con mayor producción fueron: China, India y Pakistán, con una aportación del 18.6%, 16.1% y 6.3% (Cuadro 1); mientras que el continente Americano solo contribuyó un 3.6% de la población mundial (FAO, 2014).

**Cuadro 1.** Población mundial de cabezas de cabras (FAO, 2014).

<b>Continente y país</b>	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2009</b>	<b>2012</b>
Asia	495,566,808	551,308,726	581,337,152	595,083,838
África	261,681,158	282,358,153	323,575,218	344,513,877
América	36,588,850	38,106,188	37,594,371	35,996,320
México	8,991,752	8,890,384	8,989,262	8,743,944
Europa	19,137,928	17,886,469	17,181,303	16,557,060
Oceanía	2,961,980	3,747,236	3,805,439	3,969,756
<b>Total mundial</b>	<b>815,936,724</b>	<b>893,406,772</b>	<b>963,493,483</b>	<b>996,120,851</b>

## **II.2 Situación nacional de la producción caprina**

Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles después de la conquista desde entonces se adaptaron a gran parte del territorio nacional (Galina, 2002b).

Con lo que respecta a la población caprina en el 2012 se colocó en la posición veinte a nivel mundial, por lo que representó el 0.88% del total de cabezas; asimismo, el primer lugar continental donde influyó para América 24.3% (FAO, 2014).

En específico para México, en el 2003 se reportaban 8.9 millones de cabezas, por otra parte se estimó para el 2012, 8.7 millones esto implicó que en los últimos nueve años hubo un decremento del 2.8% (Cuadro 2); los estados con mayor producción fueron Puebla, Oaxaca, Coahuila y Guerrero esto significa una contribución del 14.8%, 13.6%, 7.6% y 7.5% respectivamente (SAGARPA, 2014).

**Cuadro 2.** Principales estados de la República Mexicana productores de cabezas de ganado caprino (SAGARPA, 2014).

<b>Estados</b>	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2009</b>	<b>2012</b>
Puebla	1,489,531	1,336,185	1,454,041	1,291,119
Oaxaca	1,123,535	1,141,163	1,206,183	1,193,426
Coahuila	628,265	610,550	657,234	663,661
Guerrero	699,276	679,760	662,238	652,810
San Luis Potosí	698,045	712,247	618,118	616,751
Zacatecas	509,245	586,963	569,178	600,713
Guanajuato	470,254	511,267	571,218	573,862
Michoacán	477,943	480,327	465,890	455,457
Nuevo León	373,452	357,509	390,011	407,627
Durango	335,761	336,809	321,614	315,165
<b>Total nacional</b>	<b>8,991,752</b>	<b>8,890,384</b>	<b>8,989,262</b>	<b>8,743,949</b>

La distribución de la población caprina se encuentra ubicada en tres estratos (periférico, intermedio y central) con características más o menos definidas e interconectadas de forma dinámica; esto responde a una serie de factores sociales, económicos y técnicos (Juárez, 1973; Juárez y Peraza, 1981).

### **II.3 Estrategias de la alimentación en los caprinos**

Las estrategias de alimentación para esta especie, son muy amplias y variadas, sin embargo es regida por el sistema y nivel de producción. En este sentido, se destacan tres tipos básicos. El primero, se desarrolla en condiciones de estabulación; donde la alimentación está en correlación de la disponibilidad, precio y calidad de los insumos, por ejemplo los forrajeros y alimentos balanceados; estos cubren las necesidades de energía, proteína y materia seca (MS) de los animales, se debe considerar al estado fisiológico en el que se encuentran (Juárez y Peraza, 1981; Morand-Fehr y Sauvant, 1990).

El segundo combina las estrategias del sistema en estabulación conjuntamente con un manejo alimenticio en pastoreo, el cual es conducido a través de diversos sistemas, pero de manera general se plantea el uso de los recursos alimenticios; tales como los forrajeros sobre una vegetación, nativa o inducida. En este sentido, Morand-Fehr y Sauvart, 1990 plantearon que durante el pastoreo las cabras satisfacen entre el 20 y 40% de sus necesidades nutrimentales, por lo que se ha recomendado asignar una ración complementaria con recursos energéticos, proteínicos y una proporción de forraje de buena calidad, por lo general de corte.

En los sistemas se integran diversos ingredientes tales como:

- Henos de gramíneas o leguminosas; esquilmos agrícolas, pajas, subproductos agroindustriales caracterizados por su bajo contenido de energía y proteína; forrajes, pastos y ensilados éstos son fabricados a partir de cereales, leguminosas o gramíneas (Juárez, Peraza, 1981; Morand-Fehr, Sauvart, 1990).
- Alimentos energéticos como granos, subproductos de cereales y de la industria azucarera (melaza), raíces o tubérculos y grasas (Juárez, Peraza, 1981; Morand-Fehr, Sauvart, 1990).
- Alimentos proteínicos, de origen vegetal representados por las pastas de oleaginosas como son: algodón, soya, girasol, cártamo, linaza, entre otros. Los de origen animal, como harinas de pescado, carne y sangre. De origen industrial como la urea utilizada como fuente de nitrógeno no proteínico y los residuos orgánicos, se encuentran las excretas de animales como: pollinaza, gallinaza y cerdaza (Juárez, Peraza, 1981; Morand-Fehr, Sauvart, 1990).
- Suplementos vitamínicos tales como vitaminas A, D y E, en el caso de los minerales se emplean macro y microelementos, son importantes para cubrir

las insuficiencias de los animales y evitar algunos padecimientos asociados a su carencia (Juárez, Peraza, 1981; Morand-Fehr, Sauvart, 1990).

El tercer sistema, basa sus estrategias de alimentación en pastoreo; donde los niveles productivos son marcados por lo estacional y la conducción de los animales, se realiza sobre grandes extensiones de terrenos, donde la vegetación es nativa. Cuando la escasez de los recursos se acentúa, se hace uso de algunos insumos que en su mayoría son forrajes toscos (Delgadillo, 1998; Ramírez *et al.*, 2004).

Ramírez y colaboradores (2004), señalaron algunos de los principales pastos que consumen los caprinos en pastoreo, en la región semiárida del Noreste de México, donde destaca la presencia de *Cenchrus ciliaris* (gramínea introducida), a más de 6 especies nativas (*Panicum phallii*, *Bouteloua gracilis*, *Setaria macrostachya*, *Hilaria berlangeri*, *Cenchrus incertus* y *Aristida spp*), las cuales presentaron un contenido proteínico de entre 6 y 12% y una digestibilidad de la MS de entre 26 y 40%.

En las regiones semiáridas, predomina una vegetación formada por árboles y arbustos espinosos, diversas gramíneas y cactáceas. Los árboles y arbustos que predominan son especies del género *Prosopis* (*P. laevigata*, *P. grandulosa*); *Acacia* (*A. farnesiana*, *A. greggii*, *A. rigidula*, *A. schaffneri*, *A. berlandieri*), *Mimosa* (*M. biuncifera*) y *Celtis pallida* (Delgadillo, 1998; Ramírez, 1999; Ramírez *et al.*, 2001; Ramírez *et al.*, 2004; Galina *et al.*, 1998). En este grupo se destaca la presencia de *Acacia farnesiana* especie abundante en estas regiones y que es consumida durante la época de estiaje, la cual coincide con la etapa de floración y producción de semillas, elementos que tienen un alto valor nutricional y en las flores existe una importante cantidad de elementos volátiles clasificados como ácidos grasos esenciales (Flath *et al.*, 1983). Cabe agregar que dentro de la industria de lácteos la presencia de estos elementos está relacionada con la identidad de un producto que en términos de aroma, color y sabor expresan las

características especiales, ello conlleva a la denominación de origen (Rubino, 2002).

En relación a las gramíneas, están representadas por una gran cantidad de pastos o zacates de diversos géneros como: *Bouteloua*, *Bothriochloa*, *Leptochloa*, *Rhyncheltythurum*, *Panicum*, *Aristida*, *Setaria*, *Cenchrus* e *Hilaria* entre otros. Aparte de cactáceas como *Opuntia affasiacantha*, *O. amyctaea*, *O. cretochaeta*, *O. hytiacantha*, *O. robusta*, *O. streptocantay* *O. tomentosa* entre otras (Delgadillo, 1998, y Galina *et al.*, 2000).

Los sistemas de producción se encuentran en constante cambio, lo cual permite incrementar la competitividad. El manejo técnico, nutricional, reproductivo y sanitario; tienen un papel determinante en dicho cambio. No obstante, es necesario mejorar los canales de comercialización, así como la innovación de los productos (Delgadillo, 1998; Galina *et al.*; 2000; Morales *et al.*, 2000).

## **II.4 La leche de cabra**

### **II.4.1 Situación de la producción mundial de leche caprina**

Dubeuf *et al.* (2004), señalaron que la industria lechera caprina está sometida a la competencia con la leche y productos de otras especies (vaca, oveja y búfalo); además de que los productos de esta especie se encuentran dirigidos a mercados globales (dulces, quesos, yogures, entre otros) y específicos (leche dietética, fresca, condensada y en polvo).

Dentro de la producción mundial de leche, la cabra aporta el 2.5% y en la década de los ochenta y noventa se incrementó en un 70%, al ser más significativa la inclusión de los países con bajos ingresos (Boyazoglu y Morand-Fehr, 2001).

En el 2012, hubo una producción mundial de leche entera de cabra de 17.8 millones de toneladas (Cuadro 3), en consecuencia los países con mayor aporte son India, Bangladesh y Sudan, los cuales registraron 27.2%, 14.6% y el 8.6%; en este sentido, Asia es una de las regiones más productivas, en los últimos doce años en promedio contribuyó con 8.6 millones de toneladas esto representa el 56.2% de la producción mundial con un inventario caprino de 5.3 millones de cabezas (FAO, 2014).

El incremento de la producción de leche de cabra está vinculada al desarrollo de la tecnología, investigación, organización, calidad y en la actualidad a los conceptos de seguridad social y preservación del ambiente, en el sentido de la producción orgánica; asimismo en la innovación de diversos productos (Morand-Fehr *et al.*, 2004).

De acuerdo a Morand-Fehr *et al.* (2004), en los países en vías de desarrollo la producción de leche se realiza en rebaños donde la aplicación de diversas innovaciones tecnológicas son reducidas; a pesar de la posesión de los animales genera seguridad alimenticia, ahorro e inversión. En este sentido Dubeuf *et al.* (2004), señalaron que bajo cualquier esquema en el que se maneje esta industria, los principales factores que rigen su competitividad y utilidad, es el precio del producto, la idiosincrasia y la organización del sistema de producción, en lo que se refiere a este último rubro, se entiende por el tamaño del rebaño, la producción estacional, la productividad de la cabra lechera, así como las características y calidad del producto.

**Cuadro 3.** Producción mundial de leche entera de cabra en Toneladas  
(FAO, 2014).

<b>Continente y país</b>	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2009</b>	<b>2012</b>
Asia	7,957,683	8,369,250	9,428,794	10,410,137
África	3,110,378	3,646,534	3,972,147	4,308,399
Europa	2,757,625	2,678,371	2,557,375	2,536,773
América	520,840	551,822	564,677	590,761
México	151,842	163,958	164,756	155,636
Oceanía	40	43	43	48
<b>Total mundial</b>	<b>815,936,724</b>	<b>893,406,772</b>	<b>963,493,483</b>	<b>996,120,851</b>

#### II.4.2 Producción nacional

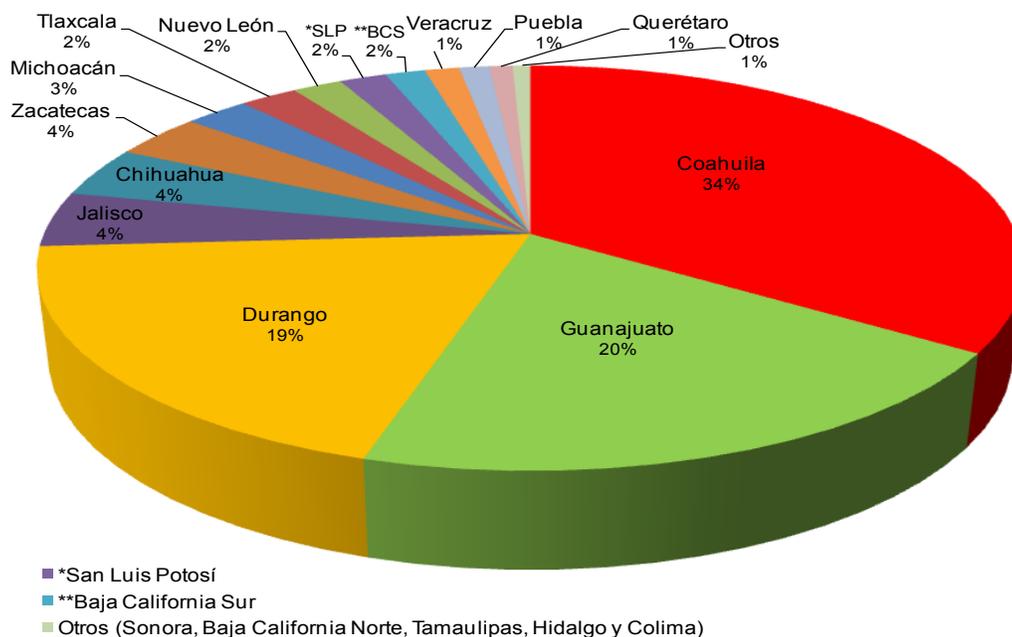
México en el 2012, se situó a nivel internacional en el lugar veintiuno de la producción de leche caprina y en primer lugar en América, donde colaboró con el 30.8%, ambas posiciones coinciden con el inventario de cabezas de cabra (FAO, 2014).

Resulta oportuno mencionar que del 2000 al 2012 la mayor producción de leche entera de cabra se presentó en el 2008 con 170,152 litros, este dato fue superior en un 10.7% comparado con lo registrado para el 2003, asimismo las estimaciones del 2012 fueron 155,636 litros y se encontró que la producción decayó un 8.5 % en atención con el máximo histórico (SAGARPA, 2014). En el Cuadro 4 se muestra la producción nacional de leche entera de cabra donde los estados líderes son Coahuila, Guanajuato y Durango con una aportación del 73% (Figura 1).

**Cuadro 4.** Producción nacional de leche entera de cabra (SAGARPA, 2014).

Estados	Litros de leche				Precio por litro
	2003	2006	2009	2012	2012
Coahuila	51,071	54,908	58,188	53,382	4.28
Durango	38,605	39,952	36,764	30,163	4.22
Guanajuato	22,254	24,090	24,837	31,664	5.78
Chihuahua	10,002	10,286	9,758	6,193	4.38
Jalisco	5,647	6,165	6,476	6,834	4.64
Zacatecas	4,777	5,339	5,169	5,456	4.24
Nuevo León	4,709	4,831	5,265	2,980	4.84
Michoacán	3,664	3,735	3,811	3,930	4.96
San Luis Potosí	3,209	3,337	3,461	2,833	5.21
Tlaxcala	366	3,146	3,075	3,469	4.97
Querétaro	804	522	529	1,389	5.5
<b>Total nacional</b>	<b>151,842</b>	<b>163,958</b>	<b>164,756</b>	<b>155,636</b>	<b>4.7</b>

**Figura 1.** Estados de la República Mexicana líderes en producción de leche de cabra durante el 2012 (SAGARPA, 2014).



En México, la industria lechera, se encuentra cada vez más presionada debido al deterioro en su precio de venta, hasta el 2012 se cotizó en \$4.7 por litro (SAGARPA, 2014). Es importante señalar que cerca del 40% de la producción nacional proviene del pequeño y mediano productor (Galina, 2002a y 2002b).

La generación y validación de tecnologías, permitirán acercarse de una forma más decidida a resolver la problemática productiva del sector; en México está no es distinta a la que vive el resto del mundo, es por eso que durante los últimos años las demandas en términos de calidad son más frecuentes y legítimas, en particular cuando se habla de los derivados de origen animal para el consumo humano; como el caso concreto de la cabra en la producción de carne y leche (Morand-Fehr *et al.*, 2004).

#### **II.4.3 Características generales**

Desde tiempos inmemorables, la leche ha sido uno de los alimentos que mayor impacto ha tenido en el desarrollo de la humanidad, debido a su gran aporte nutricional. Después de su llegada al continente Americano, la leche y sus derivados tales como queso, crema, mantequilla y otros, se convirtieron en elementos básicos de la dieta.

La leche se define como un producto íntegro no alterado, ni adulterado, sin calostro, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas sanas y bien alimentadas, el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; también puede someterse a otras operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación. Los constituyentes de la leche se dividen en dos grupos: agua y los sólidos totales (ST). La leche es una mezcla compleja que consiste en una emulsión de grasa y una dispersión coloidal de

proteínas, los otros componentes como la lactosa, otras sustancias nitrogenadas y minerales, se encuentran disueltos (NOM-243-SSA1-2010; NOM-155-SCFI-2012).

En los Cuadros 5, 6 y 7 se muestran las características nutrimentales de la leche entera 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/100 mL para el caso de los lípidos el 40% deriva de la grasa absorbida y el 10% del tejido adiposo (Maree, 1978; Haenlein, 2001; 2004).

**Cuadro 5.** Contenido de nutrimentos básicos de la leche entera de cabra (g/100 ml).

Autor	Sólidos Totales	Humedad	Proteína (N x 6.38)	Grasa	Hidratos de Carbono	Cenizas	Energía kcal	Colesterol	
								HPCL	CG
Posanti y Orr, 1976	12.97	87.03	3.56*	4.14	4.45	0.82	69	-	11
Maree, 1978	12.40	87.60	3.30	4.10	-	0.77	76	-	-
Anjaneyulu <i>et al.</i> , 1985	13.20	86.80	3.30	4.50	4.60	0.80	72	-	-
Saini y Gill, 1991	-	-	2.90	3.80	-	0.79	70	-	-
Simos <i>et al.</i> , 1991	14.12	85.88	3.56	5.18	-	0.76	-	-	-
Mir <i>et al.</i> , 1999	-	-	3.67	4.50	-	-	-	-	-
Morales <i>et al.</i> , 2000	11.90	88.10	3.00	-	-	0.80	56	-	-
Park, 2000	11.30	88.70	2.92	3.40	4.15	0.79	-	19.5	11
Muñoz <i>et al.</i> , 2002	13.00	87.00	3.60	4.10	4.40	-	69		11
USDA, 2014	12.97	87.03	3.56*	4.14	4.45	0.82	69	-	11

\*Proteína (Nx5.9). Por sus siglas en Inglés HPLC= Cromatografía líquida de alta resolución CG =cromatografía de gases.

El contenido de ácidos grasos libres se calculan en 3.11  $\mu$ equiv/mL; ésta cantidad se ve afectada por la raza y el tiempo de lactación, se muestra una máxima concentración a mediados del periodo de lactación (Agnihotri y Prasad, 1993). Además contiene 2.01 mg/100 g de ácidos saturados, con referencia a lo anterior proporcionan el olor y sabor característico; 1.60 mg/100 g de ácidos grasos monoinsaturados y 0.50 mg/100 g de ácidos grasos poliinsaturados (Maree, 1978; Haenlein, 2001; 2004; USDA, 2014).

La leche de cabra contiene 11 g/100 mL (Cuadro 5) de colesterol, cifra que es inferior al contenido de la leche de vaca, la cual registra una concentración promedio de 14 g/100 mL (Posati y Orr, 1976; USDA, 2014).

La concentración mineral de la leche caprina se encuentra influenciada por el contenido de calcio, fósforo y potasio, en efecto presentan un valor promedio de 129, 118.6 y 185.14 mg/100 mL. En tal sentido los niveles de hierro en este producto son muy bajos (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Contenido mineral de la leche entera de cabra (mg/100 mL).

<b>Minerales</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Calcio	130	155	134	92	130	134
Fósforo	159	-	111	111	108	111
Magnesio	16	14	14	10	13	14
Potasio	181	162	204	164	199	204
Sodio	41	44	50	68	48	50
Hierro	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.01
Cobre	0.04	0.04	-	0.03	0.02	-
Manganeso	8	0.01	-	0.03	-	-
Zinc	-	0.47	0.30	0.31	0.29	0.03

<sup>1</sup>Maree, 1978; <sup>2</sup>Morales *et al.*, 2000; <sup>3</sup>Posati y Orr, 1976 y USDA, 2014; <sup>4</sup>Park, 2000; <sup>5</sup>O'Connor, 1994; <sup>6</sup>Muñoz *et al.*, 2002.

El contenido vitamínico de este producto varía con el sistema de alimentación, raza y otros factores, así como por el proceso de extracción; los resultados que se exhiben en la literatura científica internacional muestran gran variación (Cuadro 7). La presencia de niacina, ácido pantoténico y colina son los más relevantes mientras que es inferior en ácido ascórbico, vitamina B12, B6, K y ácido fólico (Bruhn, 2004; Park *et al.*, 1986).

**Cuadro 7.** Composición vitamínica de leche entera de cabra (mg/L).

<b>VITAMINAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
A (UL/L)	2074	120	-	1850
D	23.7	2.3	0.006	-
α-tocoferol (E)	-	-	-	-
K	-	-	12.0	-
Tiamina	0.40	0.05	0.5	0.48
Riboflavina	1.84	0.12	1.4	1.38
Niacina	1.87	0.20	2.7	2.77
Piridoxina (B6)	0.07	-	0.5	0.46
Ácido pantoténico	3.44	-	3.0	3.10
Biotina	0.03	0.005	-	-
Ácido fólico	0.002	0.02	-	0.001
Cianocobalamina (B12)	0.0006	0.002	0.64	0.0065
Ácido ascórbico	15.0	2.0	12.6	12.9
Colina	150.0	-	-	-
Inositol	210.0	-	-	-

<sup>1</sup>Bruhn, 1991; <sup>2</sup>Maree, 1978; <sup>3</sup>O'Connor, 1994; <sup>4</sup>Posati y Orr, 1976.

#### **II.4.4 Tratamientos de conservación de la leche**

Es importante señalar, que el tratamiento térmico influye sobre la composición química de la leche debido a que existe una modificación de las proteínas. El manejo de congelación es una práctica de gran interés económico, debido a la

naturaleza de producción estacional de la cabra. Durante la congelación, se disminuye la oxidación de los ácidos grasos, ya que la lipasa es inactivada; el contenido proteínico y el conteo bacteriano permanecen estables (Haenlein, 1996a).

El tratamiento térmico es el proceso tecnológico más utilizado para la conservación de la leche de cualquier especie; sobre todo, la pasteurización es más común. En el Cuadro 8 se presentan las características más importantes de diversos procesos térmicos (Gervilla, 2001).

**Cuadro 8.** Principales tratamientos térmicos de la leche (Gervilla, 2001).

<b>Tratamiento</b>	<b>Temperatura ° C</b>	<b>Tiempo</b>
Termización	63 a 65	5 segundos
<b>Pasteurización</b>		
HTST	72 a 75	15 a 20 segundos
LTLT	63 a 65	30 minutos
Ultra pasteurización	125 a 138	2 a 4 segundos
<b>Esterilización</b>		
UHT	135 a 140	2 a 4 segundos

Por sus siglas en Inglés, HTST = Alta temperatura en corto tiempo; LTLT= Baja temperatura largo tiempo; UHT = Ultra elevada temperatura.

La termización es un tratamiento para reducir la carga microbiana, hasta que se efectúe un tratamiento térmico definitivo, provoca la destrucción de microorganismos que esporulan, durante la pasteurización (Gervilla, 2001).

#### **II.4.5 Beneficios de la leche de cabra**

La leche de cabra constituye una alternativa muy interesante, debido a que posee propiedades hipoalergénicas y terapéuticas en comparación con la leche de vaca y fórmulas lácteas (soya). El contenido de ácidos grasos de cadena corta y mediana (C4:0 a C12:0), el tamaño del glóbulo de grasa (3.49  $\mu\text{m}$ ), contribuyen a

una rápida y fácil digestión. El consumo de este producto se ha asociado con un incremento en la ganancia de peso, estatura, mineralización esquelética, concentraciones adecuadas de vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y calcio en niños. Se ha utilizado en el tratamiento de úlceras gástricas debido a su excelente capacidad buffer, debido a que está influenciada por la caseína y los fosfatos (Park, 1992; 1994; Jandal, 1996).

## **II.5 El queso**

### **II.5.1 Definición**

En México el queso está definido de acuerdo a la NOM-243-SSA1-2010, 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 que por su proceso pueden ser: fresco, madurado o procesado.

### **II.5.1 Clasificación**

Los quesos se clasifican con base a su contenido de humedad y al método de coagulación (Haenlein, 1992; Kosikowski y Mistry, 1997; Madrid, 1996).

#### **II.5.1.1 Con base al contenido de humedad**

- Suaves y Semisuaves, son productos caracterizados por su sensación cremosa con fino olor y sabor; el contenido de humedad oscila entre 50 a 75% y de 39 a 50%; algunos ejemplos de éstos son Mozzarella, Feta y

Cottage para los primeros y Edam, Roquefort y Camembert en el caso de los segundos.

- Duros, son productos de consistencia firme, compactos, secos y de sabor fuerte debido a la concentración de los elementos presentes en el producto, contienen entre 30 y 40% de humedad dentro de los que se puede encontrar el tipo Emmental y Gouda.

#### **II.5.1.2 Con base al método de coagulación de la caseína**

- Productos elaborados con cuajo de acción enzimática son del tipo Panela y Oaxaca.
- Queso de coagulación láctica; este tipo de coagulación se realiza a través de la fermentación de la lactosa por la microbiota presente en los cultivos iniciadores, generando una importante cantidad de ácido láctico, algunos ejemplos son el Cottage y Camembert.
- Queso de coagulación mixta: estos productos se obtienen a partir de la utilización de cuajos y de cultivos iniciadores como ejemplo se encuentra el queso de cabra de pasta blanda.

Las principales enzimas coagulantes, empleados en la quesería se presentan en el Cuadro 9, constituyen parte importante en la fabricación de productos de coagulación mixta o enzimática, también se presenta la fermentación a través de microorganismos genéticamente modificados. De forma tradicional se utiliza quimosina o renina de origen animal. Los cuajos microbianos son realizados en algunos casos a partir de cultivos de mohos de la especie *Rhizomucor* (Kosikowski y Mistry, 1997; Madrid, 1996; Rubino *et al.*, 1999; González, 2002).

**Cuadro 9.** Principales enzimas de uso en la quesería  
(González, 2002; Rubino *et al.*, 1999).

<b>Grupo</b>	<b>Fuente</b>	<b>Componente enzimático activo</b>
<b>Animal</b>	Estómago bovino, ovino o caprino	Quimosina A y B, pepsina, gástrica y lipasa
	Estómago Porcino	Pepsina A y B, gástrica
<b>Microbiano</b>	<i>Rhizomucor miehe</i>	Proteasa aspártica
	<i>Rhizomucor pusillus</i>	
	<i>Cryphonectria parasítica</i>	
<b>Quimosina producida por fermentación</b>	<i>Aspergillus niger</i>	Quimosina B
	<i>Kluyveromyces lactis</i>	
<b>Vegetal</b>	<i>Cynara cardunculus</i>	Cyprosina 1, 2 y 3 y/o cardosina A y B

En los quesos elaborados mediante coagulación láctica, la función principal de los cultivos iniciadores o fermentos (microorganismos) es la producción de ácido láctico a partir de la lactosa, este compuesto promueve la formación y desuerado de la cuajada, a su vez evita el desarrollo de algunos microorganismos patógenos (*Escherichia coli*), ya que el pH disminuye entre 5.2 y 5.0 por consiguiente da un sabor ácido al queso. Asimismo, los productos de la fermentación de estas bacterias dan lugar a sustancias responsables del aroma, contribuyen a la maduración y textura del producto (González, 2002).

## **II.6 Queso de leche de cabra**

Tecnológicamente se menciona que el queso de leche de cabra tiene pobres propiedades mecánicas; ya que de forma general la cuajada de esta leche tiene menor firmeza con una limitada retención de proteína; debido a una elevada

proporción de beta-caseína, en consecuencia afecta el rendimiento y la diversidad del producto. En los últimos años se han realizado esfuerzos muy serios encaminados a la selección de diversos tipos raciales, donde el polimorfismo de la caseína este ligado a la presencia de la fracción alfa-s<sub>1</sub> (Rubino *et al.*, 1999; Medina y Nuñez, 2004).

El queso de leche de cabra es apreciado por los consumidores debido a su sabor y aroma característico; además de sus importantes componentes nutrimentales ligados al sistema de alimentación que el animal recibe (pastoreo), que impacta sobre efectos benéficos en la salud del consumidor. Este producto es también muy valorado de acuerdo al sitio y sistema de producción (artesanal); particularmente cuando posee un certificado de denominación de origen o certificación de elaboración con leche cruda, así como de pastoreo (Haenlein, 1996b, Rubino *et al.*, 1999).

### **II.6.1 Situación mundial**

Cuando se realizó la revisión literaria para la elaboración de este trabajo, se encontró que la producción de queso de leche de cabra (Cuadro 10), por continente, ubica a Europa como el pionero, puesto que aporta un 41%, le sigue África y Asia que contribuyen el 33% y el 21%, en el caso de América solo colabora el 5%. No obstante, los países que registran la mayor cantidad (miles de toneladas) son: Sudan, Francia, Grecia y España lo cual representa el 24.2%, 19.3%, 8.7% y 8.3% respectivamente del total de queso caprino en el mundo (FAO, 2014). En algunos casos el proceso de elaboración es estrictamente artesanal, generando un producto de alta calidad y que coexiste con la tecnología industrial moderna (Medina y Nuñez, 2004).

**Cuadro 10.** Principales países productores de queso de leche caprina, miles de toneladas (FAO, 2014).

<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2009</b>	<b>2012</b>
<b>ÁFRICA</b>	<b>136,190</b>	<b>140,181</b>	<b>144,068</b>	<b>149,459</b>
Sudán	107,375	107,625	108,750	110,750
Níger	23,565	26,508	29,818	31,209
Marruecos	3,790	4,548	4,000	6,000
Túnez	1,460	1,500	1,500	1,500
<b>AMÉRICA</b>	<b>18,980</b>	<b>20,563</b>	<b>20,477</b>	<b>24,360</b>
México	15,030	16,366	16,867	16,700
Chile	1,624	1,763	1,622	1,700
Bolivia	1,266	1,319	839	4,800
Perú	1,060	1,115	1,148	1,160
<b>ASIA</b>	<b>109,785</b>	<b>100,333</b>	<b>94,346</b>	<b>96,031</b>
Irán	62,371	51,360	36,698	28,181
Tayikistán	9,282	12,360	15,510	19,590
Afganistán	9,090	9,900	10,170	10,620
China	7,350	7,200	7,650	8,250
Uzbekistán	5,045	4,794	7,050	9,500
<b>EUROPA</b>	<b>187,070</b>	<b>201,450</b>	<b>195,932</b>	<b>187,551</b>
Francia	70,276	88,000	93,700	88,290
Grecia	48,000	48,000	40,000	40,000
España	40,100	40,400	42,168	38,094
Ucrania	6,250	6,250	5,750	6,250
Bulgaria	4,500	6,000	6,000	6,000
<b>OCEANÍA</b>	<b>S/P</b>	<b>S/P</b>	<b>S/P</b>	<b>S/P</b>
<b>Total mundial</b>	<b>452,025</b>	<b>462,527</b>	<b>454,822</b>	<b>457,401</b>

En algunos países de Europa, la fabricación de queso de leche de cabra se encuentra regulada por denominaciones de origen (PDO) establecidas de modo frecuente en el mediterráneo para definir y proteger la calidad de los productos

tradicionales. La denominación de origen se utiliza para describir alimentos producidos, procesados y preparados en regiones geográficas específicas (Medina y Nuñez, 2004).

## **II.6.2 Situación nacional**

En el 2012 México, registró una producción de queso de leche de cabra de 16,700 toneladas, en tal sentido, figura en la octava posición que simboliza un aporte del 3.7% a nivel mundial (FAO, 2014).

El queso de leche de cabra en México tiene la característica de ser suave y 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 (Anexo1, 2 y 3).

En México existe una gran variedad de quesos de leche caprina los cuales tienen una estrecha relación con los de origen Europeo, y de forma particular con los de tipo Francés; conjuntamente al incorporar algunas prácticas e ingredientes locales les brindan una identidad muy especial. En este sentido, Rubino y colaboradores (1999), mencionaron que algunos productos mexicanos pudieran lograr el rango de “producto típico” ya que la leche con la que se elabora proviene de una raza animal endémica (Lacha de Chiapas), aparte de utilizar leche entera y cuajo natural.

En la última década se incrementó la variedad de marcas nacionales, en quesos de cabra, a la fecha en el mercado se registraron alrededor de 65 diferentes marcas comerciales, y en su mayoría son del tipo Sainte-Maure de origen francés cuya pasta es blanda, untuosa y de color blanco; al mismo tiempo, 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.

La presentación que se ofrece al consumidor es en forma de rollo, pirámide o boursin, cilíndrica, se encuentran en sabor natural o asociado con diversos ingredientes como: nuez, arándanos, ajonjolí, chipotle, jalapeños, aceituna verde, pimientos, yerbas finas, pimienta negra, ajo, cilantro, cebolla y ceniza; se emplea leche entera de cabra pasteurizada con cultivos lácticos, cuajo natural, sal y algunos productos incorporan cloruro de calcio; en algunos casos la producción es de tipo artesanal y guarda una estrecha relación con la calidad sanitaria del producto.

Rubino *et al.* (1999), señalaron que en México se pueden encontrar productos de excelente calidad con características típicas y que los principales problemas de estos productos son relacionados a la distribución, difusión y mercadeo. Los pequeños productores se encuentran en todo el país, casi siempre tienen clientela local y serios problemas de distribución. Otra característica importante de gran relevancia es el precio del producto, que oscila en promedio 255 MXN/kg, aunque es más accesible cualquier producto fresco quesero de leche de vaca. En cambio, el consumidor está dispuesto a pagar por un producto de excelente calidad; si se sensibiliza de la importancia del arraigo del mismo, por otra parte se pueden promover las fincas artesanales como atractivo turístico, como una alternativa que posibilite a elevar la calidad de vida del pequeño productor (Puga y Galina, 2003).

### **II.6.3 Clasificación**

Por lo tanto para el queso de leche de cabra se clasifica de la siguiente manera (Medina y Nuñez, 2004):

- Fresco o blando: son quesos no madurados con baja cantidad de materia seca (menos del 25%). En España se produce el queso Murcia; en la Provincia de Cáceres se produce el queso de La Vera.
- Suaves: a esta variedad de queso se adiciona cultivos lácticos, con pequeñas cantidades de cuajo comercial, se caracterizan por tener del 48 a

60% de materia seca, un pH de 4.2 a 5.5, tienen una presentación chica y de diversas formas, predominan diversos tipos como Camembert, Sainte-Maure, Feta, entre otros.

- Semiduros y duros: elaborados a partir de cuajo enzimático de origen animal, el tamaño es mayor en comparación con los anteriores, algunos ejemplos de esta clasificación son: Transmontano, Rabacal y Majorero entre otras variedades.

La fabricación del queso suave o de pasta blanda se ha desarrollado a través del tiempo hacia una estandarización, donde el tiempo de maduración es variable desde unos días hasta 4 o 5 meses; por lo general, son quesos de coagulación ácida y de textura untada (cremosa), con un contenido de humedad de entre 60 y 80%, de color blanco, olor y sabor característico (Haenlein, 1992; Kosikowski y Mistry, 1997).

La maduración a la que son sometidos estos productos, modifica el grado de lipólisis y proteólisis de manera que en las diversas hidrólisis, influyen los cultivos iniciadores formados por microorganismos clasificados como mesófilos (*Lactococcus lactis subsp. cremoris* y *lactis*, *Leuconostoc lactis* y *mesenteroides subsp. cremoris*) y termófilos (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*), los cuales son empleados al inicio de la fermentación láctica, esto es determinante, debido a que utilizarán los ácidos grasos y los recursos nitrogenados de la leche para su metabolismo de modo que se producen metabolitos secundarios como: aldehídos, alcoholes, ácidos orgánicos y compuestos aromáticos. Por el contrario, la pasteurización de la leche reduce la actividad enzimática de estos microorganismos y de forma indirecta impacta sobre el sabor y aroma (Medina y Nuñez, 2004; Marilley y Casey, 2004).

## II.6.4 Composición química

La composición química del queso suave de leche de cabra registra un contenido energético de 238.3 kcal, así como de proteína, grasa y ceniza con valores de acuerdo al orden citado 15.5, 18.7 y 1.7 g/100 g (Cuadro 11). Park (1999), reportó la presencia de colesterol en 15 variedades de queso de cabra que incluían suaves, semiduros y duros y encontró una concentración de 80 a 147 mg/100 g.

**Cuadro 11.** Composición química del queso suave de leche de cabra (g/100 g en base húmeda).

Variables	Gambelli	Park,	Park,	Kosikowski	Bonilla,
	<i>et al.</i> , 1999	1999	2000	y Mistry, 1997; USDA, 2014	2005
Humedad	67.0	67.5	59.8	60.7	57.4
Sólidos totales	33.0	32.5	40.2	39.3	-
Proteína *	9.0	-	18.9	18.5	15.5
Grasa	18.6	17.7	22.5	21.0	13.5
Hidratos de Carbono	3.0	-	-	0.89	-
Energía kcal	215	-	-	268	232
Cenizas			1.74	1.58	
Colesterol (mg/100 g)	55.2	120.8	109.9**	46	87.7

Proteína (N x 5.95), \*\*Chin *et al.*, 1991

En el cuadro 12 se observa la concentración de aminoácidos y se encuentran influenciados por el contenido de prolina, ácido glutámico y leucina los mismos presentan una concentración promedio de 1.11%, 1.86% y 1.17%, en relación con los aminoácidos indispensables del producto, contiene lisina, metionina y triptófano con valores de 1.07%, 0.34% y 0.15%.

**Cuadro 12.** Perfil de aminoácidos en el queso suave de leche de cabra  
(g/100 g de queso).

Aminoácidos	Gambelli <i>et al.</i> , 1999	Kosikowski y Mistry, 1997	Bonilla, 2005			
			T1	T2	T3	T4
<b>Indispensables</b>						
Isoleucina	0.50	0.76	0.66	0.58	0.64	0.60
Leucina	0.78	1.59	1.23	1.07	1.17	1.05
Lisina	0.73	1.33	1.27	1.06	1.18	1.04
Metionina	0.21	0.49	0.34	0.29	0.32	0.29
Fenilalanina	0.44	0.73	0.70	0.63	0.65	0.62
Valina	0.46	1.27	0.86	0.77	0.82	0.78
Treonina	0.38	0.69	0.51	0.43	0.44	0.44
Histidina	0.27	0.50	0.44	0.34	0.37	0.33
Triptofano	0.10	0.19	ND	ND	ND	ND
<b>Total</b>	<b>3.87</b>	<b>7.55</b>	<b>6.01</b>	<b>5.17</b>	<b>5.59</b>	<b>5.16</b>
<b>Dispensables</b>						
Ácido aspártico	0.76	0.92	0.07	0.05	0.05	0.05
Serina	0.44	0.71	0.73	0.61	0.67	0.64
Glutamina	1.64	3.45	0.55	0.47	0.51	0.47
Prolina	0.74	2.24	0.41	0.34	0.36	0.33
Glicina	0.19	0.21	1.04	0.85	0.98	0.88
Alanina	0.34	0.32	2.55	2.31	2.43	2.21
Tirosina	0.42	0.72	0.26	0.19	0.24	0.17
Arginina	0.29	0.54	1.59	1.12	1.36	1.30
Cisteína	0.06	0.08	0.70	0.58	0.63	0.58
<b>Total</b>	<b>4.88</b>	<b>9.19</b>	<b>7.90</b>	<b>6.52</b>	<b>7.23</b>	<b>6.64</b>
Aminoácidos totales	<b>8.7</b>	<b>16.7</b>	<b>12.6</b>			

N.D = No Determinado. T1: Queso de leche pasteurizada de animales alimentados en pastoreo suplementado, T2: Queso de leche cruda de animales alimentados en pastoreo suplementado, T3: Queso de leche pasteurizada de animales alimentados en estabulación, T4: Queso de leche cruda de animales alimentados en estabulación.

En la Cuadro 13 se presenta una revisión de diferentes autores que reportan el perfil de minerales para el queso suave de leche de cabra, se observa que es rico en calcio, cuenta con un promedio de 134.84 mg/100 g, cabe destacar que el presente derivado lácteo es pobre en hierro (Park, 1999).

**Cuadro 13.** Perfil de minerales en el queso suave de leche de cabra (mg/100 g de queso).

Minerales	Gambelli <i>et al.</i> , 1999	Park, 1990	Park, 2000	Kosikowski	
				y Mistry, 1997; USDA, 2014	Bonilla, 2005
Sodio	295	416	167	368	514.22
Potasio	11.8	25.8	10.4	26.0	-
Magnesio	10.6	14.6	5.87	16.0	11.15
Calcio	103	172	169	140	90.21
Fósforo	-	275	110	256	-
Azufre	-	3.54	14.2	-	-
Hierro	-	1.78	0.71	1.90	-
Manganeso	-	0.09	0.03	0.10 0.73	-
Cobre	-	0.70	0.29	-	-
Zinc	-	0.90	0.36	0.92	0.55
Aluminio	-	1.48	0.59	-	-
Cloro	-	293	-	-	-

En el cuadro 14 se muestra que este queso contiene 14.57 mg/100 g de ácidos grasos saturados, 4.80 mg/100 g de ácidos grasos monoinsaturados y 0.50 g/100 g de ácidos grasos poliinsaturados (Mare, 1978; Haenlein, 2001; 2004; USDA, 2014; Agnihotri y Prasad. 1993).

En diversos estudios señalan que la cantidad de ácidos grasos volátiles entre los que destacan el ácido hexanoico, octanoico, nonanoico, decanoico, 4-metil-octanoico y 4-etil-octanoico puede influir en el sabor a cabra de los diferentes productos de esta especie. Además, se menciona que en los procesos de pasteurización y/o termización de la leche, la concentración de éstos compuestos disminuye y en consecuencia reduce tenuemente el sabor (Buffa *et al.*, 2001).

**Cuadro 14.** Ácidos grasos en queso suave de leche de cabra (mg/100 g de queso).

Símbolo y Nombre común	Nombre sistemático	Serie	Kosikowski y Mistry, 1997; USDA, 2014	Bonilla, 2005			
				T1	T2	T3	T4
<b>Saturados (TOTAL)</b>			<b>14.575</b>				
4:0 Butírico	Butanoico	-	1.057	0.38c	0.57b	0.78a	0.84a
6:0 Caprónico	Hexanoico	-	0.463	0.79a	0.634b	0.34c	0.24c
8:0 Caprílico	Octanoico	-	0.569	6.12b	8.75a	4.93c	4.40d
10:0 Cáprico	Decanoico	-	2.033	268.06a	164.52c	234.60b	226.38b
12:0 Láurico	Dodecanoico	-	0.931	261.24a	220.18bc	201.35c	234.62b
14:0 Mirístico	Tetradecanoico	-	2.137	476.05b	459.91b	611.47a	627.28a
16:0 Palmítico	Hexadecanoico	-	5.515	1602.9b	1551.5b	1584.50b	1668.5a
18:0 Esteárico	Octadecanoico	-	2.918	436.69a	439.00a	369.38b	367.54b
<b>Monoinsaturados (TOTAL)</b>			<b>4.807</b>				
16:1 Palmitoléico	<i>Cis</i> -9-hexadecenoico	<i>n</i> -7	0.501	37.79a	32.25c	37.72a	35.13b
18:1 Oléico	<i>Cis</i> -9-octadecenoico	<i>n</i> -9	4.307	1134.3a	1053.8c	1068.46bc	1105.3ab
20:1 Gadoléico	<i>Cis</i> -9-eicosanoico	<i>n</i> -11	-	5.30b	3.89c	5.85a	5.39b
22:1 Eúrico	<i>Cis</i> -13-docosenoico	<i>n</i> -9	-	1.66a	1.39b	1.27c	1.35bc

N.D = No Determinado. T1: Queso de leche pasteurizada de animales alimentados en pastoreo suplementado, T2: Queso de leche cruda de animales alimentados en pastoreo suplementado, T3: Queso de leche pasteurizada de animales alimentados en estabulación, T4: Queso de leche cruda de animales alimentados en estabulación. a, b, c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05).

Continuación del **Cuadro 14.** Ácidos grasos en queso suave de leche de cabra (mg/100 g de queso).

Símbolo y Nombre común	Nombre sistemático	Serie	Kosikowski y Mistry, 1997; USDA, 2014	Bonilla, 2005			
				T1	T2	T3	T4
<b>Poliinsaturados (TOTAL)</b>			<b>0.501</b>				
18:2 Linoléico	<i>Cis</i> -9,12-octadecadienoico	<i>n</i> -6	0.501	131.99c	142.42b	163.47a	140.38b
18:3 Alfa-linolénico	<i>Cis</i> -9,12,15-octadecatrienoico	<i>n</i> -3	-	40.13a	37.88b	34.94c	35.74c
20:4 Araquidónico	<i>Cis</i> -5,8,11,14-eicosatetraenoico	<i>n</i> -6	-	12.95c	12.99c	17.06a	14.40b
20:5 Timnodónico (EPA)	<i>Cis</i> -5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	<i>n</i> -3	-	5.44a	3.65d	4.70b	4.32c
22:5 Clupanodónico	<i>Cis</i> -7,10,13,16,19-docosapentenoico	<i>n</i> -3	-				
22:6 Cervónico (DHA)	<i>Cis</i> -4,7,10,13,16,19-docosahexanoico	<i>n</i> -3	-	3.08b	2.74c	3.46a	3.39a

N.D = No Determinado. T1: Queso de leche pasteurizada de animales alimentados en pastoreo suplementado, T2: Queso de leche cruda de animales alimentados en pastoreo suplementado, T3: Queso de leche pasteurizada de animales alimentados en estabulación, T4: Queso de leche cruda de animales alimentados en estabulación. a, b, c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05).

## II.7 Alimentos funcionales

Para los humanos, el alimento es más que la necesidad biológica de supervivencia, son requeridos para formar nexos entre la sociedad, por ejemplo unificar a la familia, dar pie a negocios, incluso al galanteo. El alimento desde el punto de vista fisiológico funge; como afrodisíaco, estimulante, anestésico y de consuelo, excepto durante una larga privación de este (Andlauer y Fürst, 2002). La dieta tiene una función adicional más allá de los efectos: nutricionales, fisiológicos y psicológicos, debe de ayudar a tener una secuela benéfica para alcanzar una buena salud, así como la reducción de diferentes enfermedades (Verhagen *et al.*, 2004; Roberfroid, 2000).

La creencia de que el alimento está ligado a una salud óptima tampoco es un concepto nuevo en Occidente. “*Que el alimento sea tu medicina y la medicina tu alimento*” es un pensamiento atribuido al médico Griego Hipócrates (Siglos V-IV a. C.). Casi 2500 años después de haber comenzado el Siglo XXI, este enunciado es de máxima importancia, ya que es la filosofía del “alimento como medicina” es el que soporta el paradigma de los alimentos funcionales. El término y concepto de alimentos funcionales data del año 1984, y tiene su origen en Japón. Este término lo utilizaron los empresarios para describir alimentos fortificados con ingredientes específicos que impartían cierto beneficio a la salud (FOSHU). El concepto fue adoptado por el Gobierno Japonés dada su preocupación por el envejecimiento de la población y del alto gasto generado, resultado del cuidado de la salud (Gibson *et al.*, 2000).

La Unión Europea y los Estados Unidos de América no solo tienen diferentes definiciones, si no también diferentes términos. En los Estados Unidos el término nutraceutico, se definió como aquellos compuestos bioactivos de origen natural, que promueven la salud y previenen enfermedades. Las presentaciones de estos, es clasificada en suplementos (píldoras, cápsulas, tabletas ó en forma líquida), así como en alimentos completos (yogurt, ajo y zanahoria) y por último los alimentos

convencionales adicionados con compuestos nutraceuticos. Por otra parte, expertos de la FUFOSSE (Functional Food Science in Europe) en la Unión Europea, definieron a los alimentos funcionales como aquellos productos convencionales consumidos como parte de la dieta normal, que contienen compuestos que están presentes de forma natural, más allá de su efecto nutritivo, promueve bienestar e incrementa la salud y/o reduce los riesgos de enfermedades. Los europeos han establecido que los alimentos funcionales deben de ser parte de la nutrición y no tienen nada que ver con la farmacología (Gibson *et al.*, 2000).

A lo largo de los planteamientos hechos, los alimentos de origen animal y vegetal con propiedades útiles para la salud y que tienen un efecto fisiológico positivo, contienen compuestos químicos llamados zooquímicos bioactivos y fitoquímicos (Muñoz-Rivera y Reyes, 2004). Es por eso que hoy en día, el énfasis por mantener o aumentar los niveles de productividad en las granjas, se trata de evitar o reducir al mínimo el uso de compuestos que dañen al animal, así como el de satisfacer la demanda de alimentos naturales libres de contaminantes o de residuos biológicos, lo anterior ha acrecentado el interés por los nutraceuticos y los alimentos funcionales (Andlauer y Fürst, 2002; Wildman, 2001).

La investigación sobre alimentos funcionales provee una oportunidad única de contribuir a la oferta de alimento para los consumidores que quieran tener un beneficio para su salud y bienestar. De esta manera los alimentos funcionales son el enlace entre los alimentos ordinarios y los agentes farmacológicos con un fin preventivo y/o curativo es por ello que los alimentos funcionales están en el punto intermedio entre los alimentos, los aditivos y los fármacos (Weststrate *et al.*, 2002; Roberfroid, 2000).

La innovación de un alimento funcional es saber las interacciones de los mecanismos entre el componente del alimento y la función en el cuerpo de hecho, los nutrimentos muestran similitudes en los términos de respuesta y con relación de la dosis, en realidad existe una comparación de la respuesta biológica a la

ingestión de diferentes dosis de nutrimentos convencionales y de los ingredientes funcionales (Gibson *et al.*, 2000; Kruger y Mann, 2003).

Esta nueva dimensión de alimentos recibe un amplio interés de las academias, institutos de investigación y autoridades gubernamentales, así como de la industria alimenticia. Solo un acercamiento científico riguroso dará la garantía de éxito de esta nueva disciplina de la nutrición. El mayor reto será brindar garantías al consumidor de que estos nuevos productos no solo son inocuos sino que además estos productos permitirán un mejor control de la salud (Kruger y Mann, 2003).

Algunos de los compuestos identificados en estos momentos como funcionales provienen de vegetales (fitoquímicos), una parte muy importante corresponden a los zooquímicos (Cuadro 15), aunque destacan los ácidos grasos *n*-3 y *n*-6, vitaminas como la A, E, flavonoides y ácidos hidroxicinámicos, de hecho los últimos no han sido descritos en su totalidad en derivados lácteos ya que manifiestan propiedades sumamente interesantes para mantener la buena salud, todos estos compuestos permiten un sinergismo que ayudan a dar características de actividad antioxidante, que categoriza al queso fresco de leche de cabra alimentadas bajo sistemas de pastoreo como alimento funcional (Cuchillo *et al.*, 2005a; 2006).

**Cuadro 15.** Alimentos funcionales, tipo de evidencia e ingesta recomendada  
(Hasler, 1998 y Cuchillo 2005b).

<b>Alimento</b>	<b>Componente bioactivo</b>	<b>Beneficio a la salud</b>	<b>Tipo de evidencia</b>	<b>Consumo recomendado</b>
Linaza	Fibra soluble			1 g/d
Soya	Proteína			25 g/d
Avena completa	Glucanos	Reduce colesterol total y LDL	Ensayos Clínicos	3 g/d
Ajo	Compuestos órganosulfurados			600-900 mg/d (1 diente fresco/d)
Jugo de arándano	Proantocianidinas	Reduce infecciones del tracto urinario		300 mL/d
Pescado	Ácidos grasos <i>n-3</i>	Reduce triglicéridos y enfermedades coronarias	Ensayos clínicos y epidemiológicos	Dos porciones a la semana 0.5-1.8 g EPA+DHA
Huevos enriquecidos con Ácidos <i>n-3</i>	Ácidos grasos <i>n-3</i>	Reduce colesterol total	Ensayos clínicos	-----
Alcachofa, cebolla, plátano maduro.	Prebióticos y Fructooligosacáridos	Control de la presión sanguínea; hipocoles-terolemia	Ensayos clínicos y en animales de laboratorio	3-10 g/d
Te verde	Catequinas	Reduce el riesgo de ciertos tipos de cáncer	Estudios epidemiológicos	-----

LDL= Lipoproteína de baja densidad, EPA= Ácido eicosapentaenoico, DHA= Ácido docosahexaenoico, CLA= Ácido Linoléico Conjugado. UFC = Unidades Formadoras de Colonias.

Continuación del **Cuadro 15**. Alimentos funcionales, tipo de evidencia e ingesta recomendada (Hasler, 1998 y Cuchillo 2005b).

<b>Alimento</b>	<b>Componente bioactivo</b>	<b>Beneficio a la salud</b>	<b>Tipo de evidencia</b>	<b>Consumo recomendado</b>
Te negro	Fenoles	Reduce el riesgo de enfermedades coronarias	Estudios epidemiológicos	4-6 tazas/d
Espinacas	Luteína / zeaxantina	Reduce el riesgo de degeneración macular asociada a la edad	Estudios epidemiológicos	6 mg/d de luteína
Tomates	Licopeno	Reduce el riesgo de cáncer de próstata	Estudios epidemiológicos	½ taza/d (30 mg o 10 piezas/semana)
Cordero, pavo, leche	CLA	Reduce cáncer de mama	Estudios en vivo e in vitro	desconocido
Jugo de uva / vino tinto	Resveratrol	Reducción en la agregación plaquetaria	Epidemiológico, in vivo e in vitro	8-16 onzas/d
Productos lácteos fermentados, queso de cabra	Probióticos Ácidos grasos <i>n</i> -3 y <i>n</i> -6 Terpenos, Antioxidantes Compuestos Fenólicos	Ayuda a la salud intestinal Reduce el Colesterol total Reduce el riesgo de cáncer Disminuye los radicales libres	<i>In vivo, in vitro</i> , y datos clínicos	1 a 2 billones de UFC/día

LDL= Lipoproteína de baja densidad, EPA= Ácido eicosapentaenoico, DHA= Ácido docosahexaenoico, CLA= Ácido Linoléico Conjugado. UFC = Unidades Formadoras de Colonias.

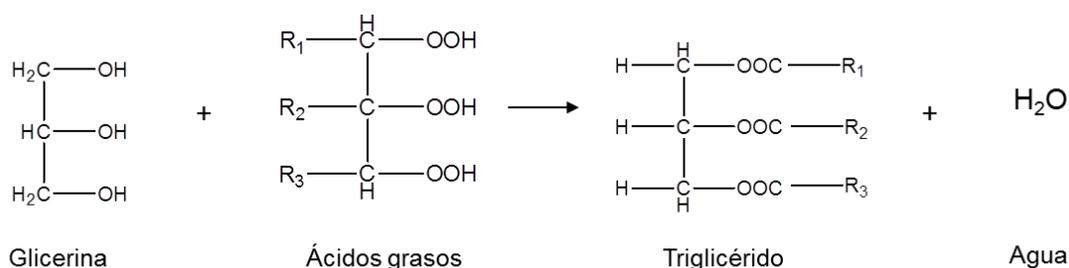
## II.8 Lípidos

La palabra lípidos proviene del griego *lipos* que significa grasa, son uno de los tres componentes básicos de la alimentación, aparte de ser la principal forma en que la energía es almacenada. Por definición son biomoléculas insolubles en solventes polares como el agua, pero que se disuelven en solventes orgánicos no polares como el cloroformo, el éter, el benceno y la acetona. Se encuentran diferentes familias de lípidos, pero las propiedades específicas de todos ellos derivan de la naturaleza hidrocarbonada de la porción principal de su estructura (Lehninger, 1995). De acuerdo a lo anterior, varían en dimensiones y polaridad; van desde triglicéridos (TG) hidrófobos y ésteres del esteroide hasta fosfolípidos más hidrosolubles y cardiolipina (Mataix, 2004).

En los alimentos, los lípidos 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).

Los aceites y grasas están formados por triglicéridos; compuestos que representan más del 95% de su peso. Un triglicérido está formado por la condensación de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos (Figura 2); en consecuencia las características físicas y químicas de las grasas y aceites dependen principalmente del tipo y cantidad de los ácidos grasos que la componen y su distribución en los triglicéridos (Voet *et al.*, 2005).

**Figura 2.** Estructura de un triglicérido (Lehninger, 1995).



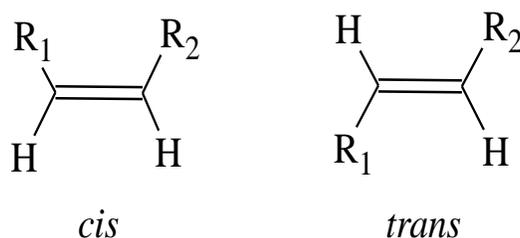
Los lípidos cumplen con funciones biológicas tales como: moléculas combustibles, almacenes de energía altamente concentrada, moléculas transportadoras y como componentes de las membranas (Mataix, 2004).

### II.8.1 Ácidos grasos (AG)

Los ácidos grasos (AG) son componentes fundamentales de los lípidos saponificables, en las células y en los tejidos, se puede definir como cadenas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo de un extremo y un grupo metilo del otro. Una de las clasificaciones es por la longitud de su cadena de carbonos. En este orden de ideas se puede citar en: cortos de 4 a 6 átomos, medianos de 8 a 12 átomos y largos de 14 o más átomos. También se clasifican por el grado de saturación agrupados: en ácidos grasos saturados, estos no cuentan con dobles ligaduras en la cadena de hidrocarburos, en el caso de monoinsaturados y poliinsaturados, los primeros presentan una doble ligadura y los segundos tienen dos o más dobles ligaduras en la cadena (Lobbe y Chow, 1999).

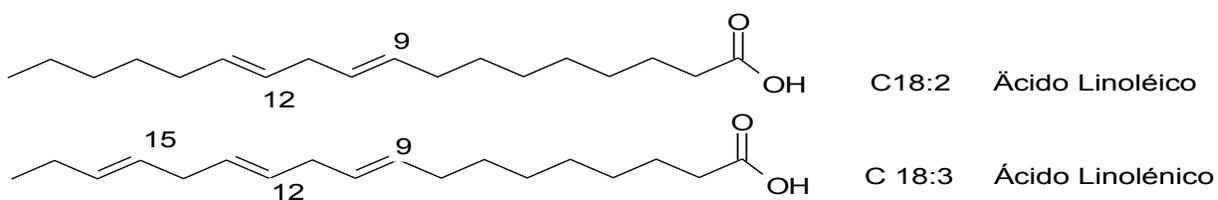
Los ácidos grasos presentan isomería geométrica dicho en otras palabras; si dos grupos iguales enlazados a los carbonos del doble enlace están al mismo lado del enlace, el AG es isómero *cis*, por otra parte si los grupos iguales están a los lados opuestos del enlace, el AG es *trans* (Mataix, 2004).

**Figura 3.** Estructuras *cis* y *trans* (Mataix, 2004).



Los ácidos grasos más frecuentes suelen tener un nombre común asimismo, un nombre sistemático; para expresarlos se emplean notaciones cortas, que indican el número de carbonos, el número de enlaces y la posición en que se encuentra la primera doble ligadura, por ejemplo el ácido graso saturado de 16 átomos de carbono, cuyo nombre sistemático es hexadecanoico, se suele conocer como ácido palmítico o en forma abreviada, 16:0; es decir 16 átomos de carbono y ningún doble enlace. También la letra griega omega ( $\omega$ ) o “*n*” es usada para indicar la localización de la primera doble ligadura a partir del carbón metílico ( $\text{CH}_3$ ) terminal de la molécula del ácido graso ver figura 3 (Chow, 2008; Mataix, 2004; Ronayne 2000).

**Figura 4.** Ácidos Grasos esenciales (Ronayne, 2000).



Las familias más importantes son los ácidos grasos *n*-3 y *n*-6, donde encontramos a los ácidos; alfa-linolénico 18:3 (ALA), eicosapentaenoico 20:5 (EPA), docosapentaenoico 22:5 (DPA) y el docosahexaenoico 22:6 (DHA) que son los más representativos para el primer grupo; dentro de los ácidos grasos *n*-6 destacan el ácido linoléico 18:2 (LA) y el ácido araquidónico 20:4 (AA) (Chow, 2008; Ronayne 2000).

Los ácidos grasos *n-3* y *n-6*, se le relaciona en procesos vinculados al desarrollo del sistema nervioso central (SNC); los lípidos se encuentran en mayores concentraciones en la corteza cerebral, en membranas sinápticas, mitocondriales, microsomales (donde los fosfolípidos corresponden al 22% del total de lípidos) y en el segmento externo de los fotorreceptores de la retina. Con respecto a lo anterior, destaca el alto contenido de ácido docosahexanoico (DHA) y ácido araquidónico (AA) que ocupan el 50% del total de los ácidos grasos (Mariane, 1998).

### **II.8.1.1 Síntesis de los ácidos grasos**

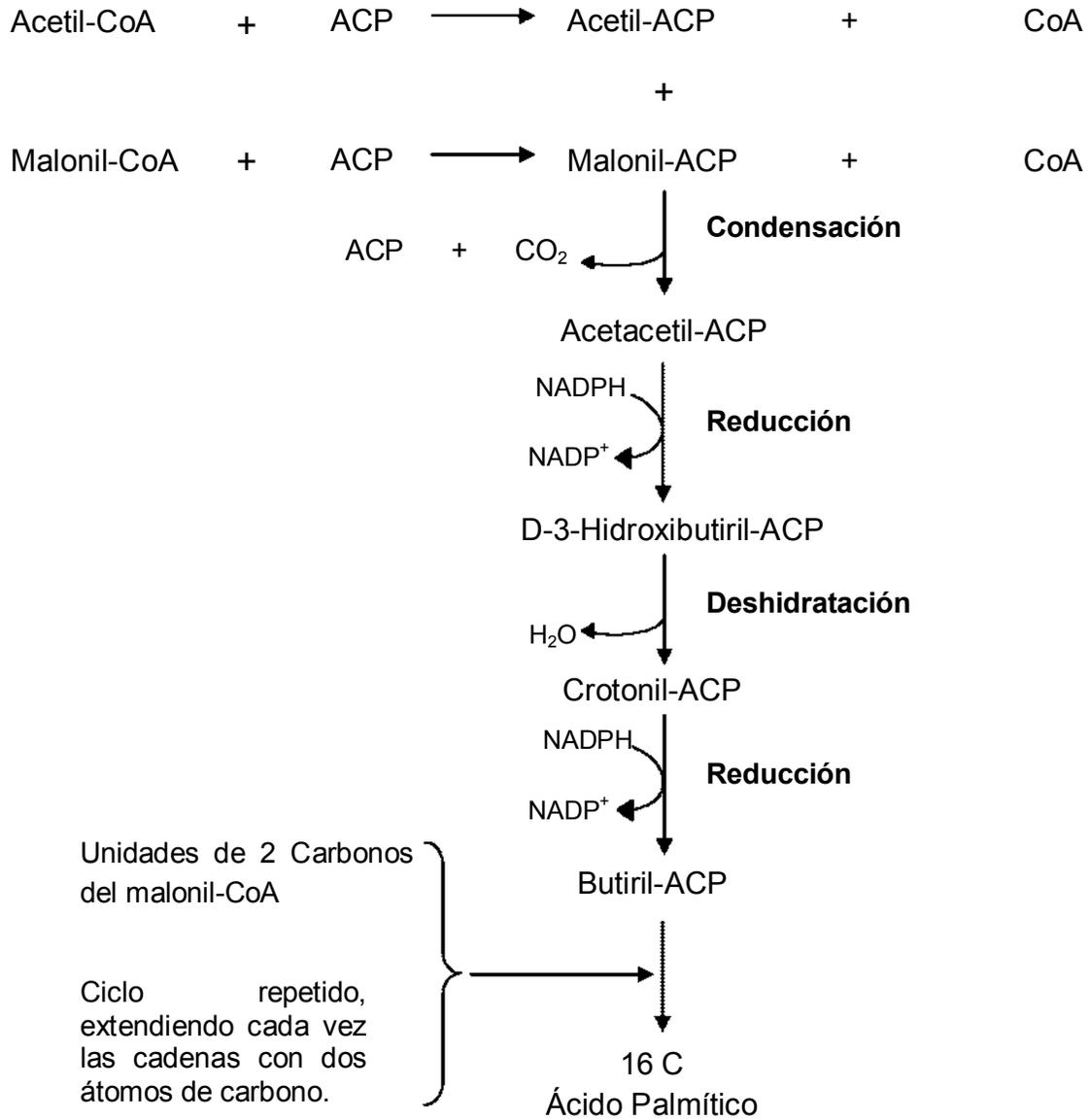
La síntesis de los ácidos grasos o lipogénesis consiste en una serie de reacciones cíclicas en las que se construye una molécula de ácido graso mediante la adición secuencial de dos unidades de carbono derivadas de acetil Coenzima A, a una cadena de ácido graso en crecimiento. Ésta síntesis se lleva a cabo en el citosol celular, hígado, tejido adiposo y en una pequeña parte en la glándula mamaria (Roach y Benyon, 2004; Lehninger, 1995).

La capacidad del organismo para sintetizar ácidos grasos de mayor tamaño o insaturados es reducida, sin embargo estas funciones son llevadas a cabo por otras enzimas que tienen la función de elongar y desaturar las cadenas (Roach y Benyon, 2004).

La elongación de los ácidos grasos puede llevarse a cabo en el retículo endoplásmico y/o en la mitocondria se añaden unidades de acetil Coenzima A en lugar de malonil Coenzima A, por consiguiente sólo se podrá fabricar ácido estérico por éstas rutas (Roach y Benyon, 2004; Lehninger, 1995).

En la Figura 4 se representa la biosíntesis de lípidos y se ejemplifica con una molécula de ácido palmítico (16 carbonos).

**Figura 5.** Síntesis de los ácidos grasos (Roach y Benyon, 2004).

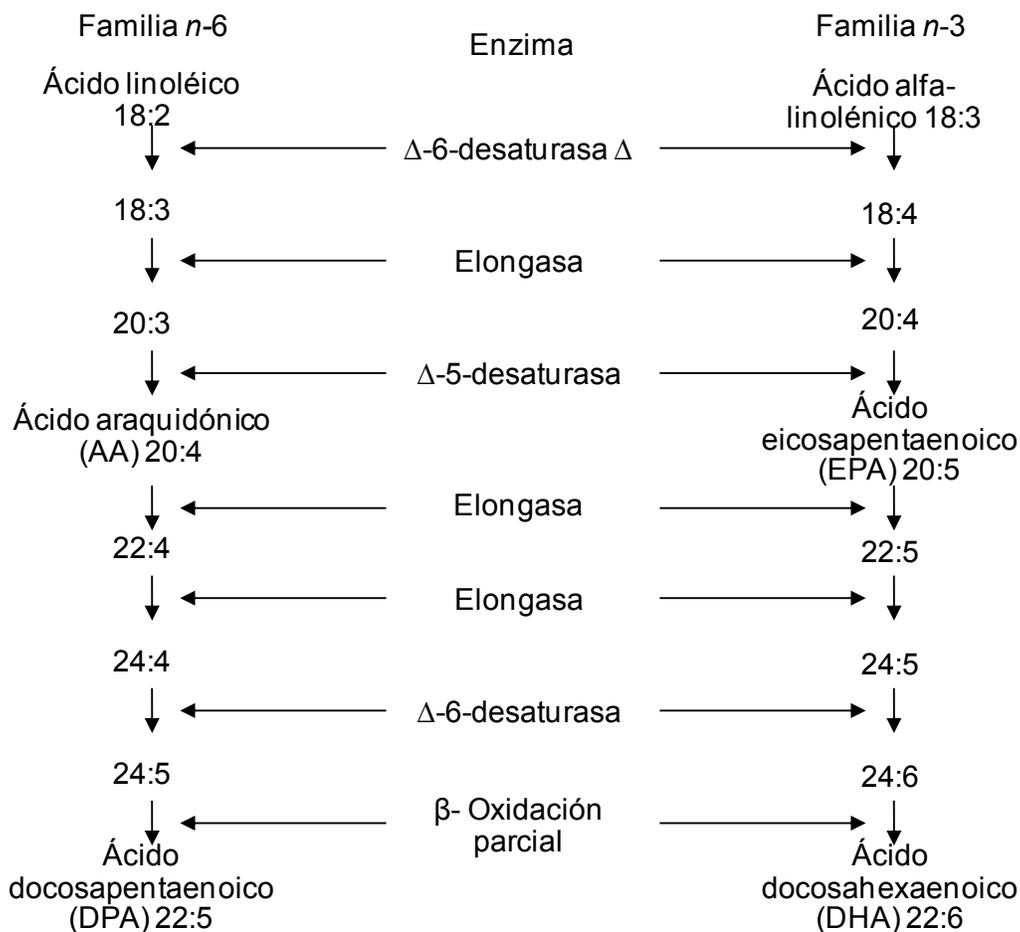


Proteína portadora de grupos acilo (ACP, “acyl carrier protein”)

El cuerpo humano puede sintetizar diversos ácidos grasos poliinsaturados mediante reacciones de alargamiento y desaturación. La desaturación de los ácidos grasos poliinsaturados se lleva a cabo en la membrana del retículo endoplásmico liso e hígado. Los sistemas de los mamíferos tienen cuatro enzimas desaturasas diferentes, capaces de producir dobles enlaces en los carbonos: 4, 5, 6 y 9, carecen de la posibilidad de crear dobles enlaces en otros carbonos. Algunos ácidos grasos poliinsaturados no pueden sintetizarse por vía endógena, por ende, son esenciales (Roach y Benyon, 2004; Lehninger, 1995).

Los ácidos grasos esenciales provenientes de la dieta son elongados y desaturados en el hígado, el LA es metabolizado hacia AA y DPA; por su parte, a partir de ALA se formará: EPA y DHA; aumenta el largo de la cadena y el grado de insaturación mediante agregación de dobles ligaduras al grupo carboxilo, como se observa en la Figura 5, como parte del metabolismo de los ácidos grasos esenciales se forman productos intermedios denominados eicosanoides: prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos. Existe una competencia entre LA y ALA en la formación de sus productos, por lo que se ha observado que la ingestión de ácidos grasos *n*-6: *n*-3 debe conservarse en una proporción de 1:1 (Castro, 2002).

**Figura 6.** Metabolismo de los ácidos grasos *n*-3 y *n*-6 (elongación y desaturación)  
(Ronayne, 2000).



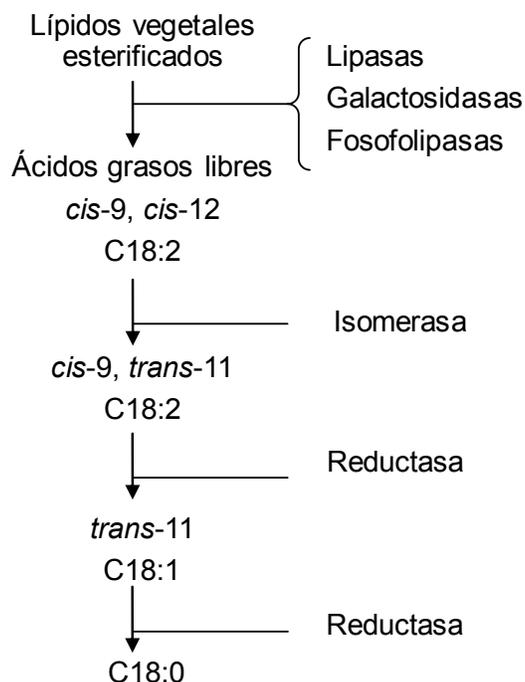
### II.8.2 Digestión y metabolismo ruminal de los lípidos

Existen dos fenómenos importantes en el rumiante con respecto a la grasa ingerida dentro de la ración: la lipólisis y la biohidrogenación. Depende del grado de saturación de los ácidos grasos consumidos, éstos seguirán rutas diferentes en la digestión, los saturados sufrirán el proceso de lipólisis y seguirán su destino metabólico hasta el abomaso e intestino, a diferencia de los poliinsaturados los cuales al inicio serán biohidrogenados por la microbiota ruminal con la consecuente reducción de dobles enlaces, para continuar con el mismo proceso que los ácidos grasos saturados (Jenkins, 1993; Chilliard, *et al.*, 2003).

Los microorganismos ruminales tienen la capacidad de realizar una síntesis *de novo* de ácidos grasos a partir de los hidratos de carbono, por lo que en el duodeno llegan ácidos grasos de origen dietario y microbiano, existen diversas formas para modificar el aporte de grasas en la leche y así mejorar la calidad del queso, por ejemplo en animales que pastorean durante el verano aumenta el consumo de AG poliinsaturados y monoinsaturados e incrementan la proporción de ácido oléico y de otros ácidos en configuración *trans* (productos del metabolismo ruminal) por lo que se observa una disminución en la concentración de AG saturados (Jenkins, 1993; Aro *et al.*, 1998).

Después de la ingesta, los lípidos que se encuentran esterificados son hidrolizados por lipasas microbianas dentro del rumen, en consecuencia causan la liberación de ácidos grasos libres y glicerol (Figura 6), estos productos son fermentados hasta ácido propiónico cuando la dieta es rica en cereales, a diferencia de las que tienen como principal componente al forraje, las cuales tendrán como producto final al ácido acético (Jenkins, 1993).

**Figura 7.** Lipólisis en rumiantes (Chilliard, 1993).



El proceso de biohidrogenación es el resultado de la adición de un hidrógeno a los AG monoinsaturados y poliinsaturados lo que constituye un mecanismo importante, a través del cual los microorganismos pueden disponer de hidrógeno. Si el proceso anterior se completa, todos los dobles enlaces se convierten en sencillos y los AG quedan saturados (Byers *et al.*, 1993).

Casi todos los AG vegetales insaturados presentan configuración *cis* entre los átomos de carbono insaturados, sin embargo la microbiota ruminal produce una variedad de isómeros por ejemplo: los *trans*, los que presentan alteraciones a lo largo de la cadena y cambios en la posición de los dobles enlaces, lo que produce AG de cadenas impares o ramificadas, todo ello hace que la grasa ingerida por un rumiante sea diferente de la depositada (Byers *et al.*, 1993).

Los ácidos grasos insaturados tienen una vida corta dentro del ambiente ruminal, debido a que son hidrogenados, hacia compuestos saturados o productos finales. La biohidrogenación de AG puede ser bloqueada por la presencia de grandes cantidades de ácido linoléico (18:2) y otros AG poliinsaturados, debido a que llegan a ser tóxicos para los microorganismos ruminales (Bauchart, 1993). En este proceso da origen a una serie de isómeros como productos intermedios se considera que solo entre el 10 y 30% de AG escapa al proceso de biohidrogenación; continuando su camino hacia el tracto gastrointestinal posterior, para ser metabolizados y absorbidos (Jenkins, 1993; Fedele *et al.*, 2002; Bauchart, 1993).

Los microorganismos ruminales tienen la capacidad de realizar la síntesis de ácidos grasos saturados, principalmente ácido esteárico (C18:0) y palmítico (C16:0); así como de monoinsaturados; donde, los más representativos son los ácidos: palmitoléico (16:7) y oléico (C18:1). La síntesis microbiana de ácidos grasos es conocido como síntesis *de novo* y es considerado como un aporte lipídico endógeno. Los ácidos grasos poliinsaturados no son sintetizados por los

microorganismos ruminales, éstos provienen de la dieta (Jenkins, 1993; Bauchart, 1993).

La digestión de los ácidos grasos en el duodeno, se inicia con su disociación de las partículas del alimento por medio de la acción detergente de las sales biliares, en un medio ácido. En ausencia de monoglicéridos, la lisolecitina y el ácido oléico funcionan como sustancias anfipáticas que causan la formación de micelas solubles. Por otra parte, se ha observado que la actividad lipolítica de la lipasa pancreática es suficiente, y no constituye un factor limitante en la digestión de triglicéridos que escapan del rumen (Guevara y Torres, 1993; Bauchart, 1993).

Conforme aumenta el pH en el trayecto intestinal proximal; la actividad de la lipasa y fosfolipasa pancreática aumenta; el contenido de ácido oléico y lisolecitina mejoran el proceso de micelización y absorción de los AG en el rumen. En lo que refiere al yeyuno se ha identificado a la región intermedia y distal como el principal sitio de absorción de lípidos (Guevara y Torres, 1993; Bauchart, 1993).

A nivel intestinal, una vez realizada la absorción de las micelas, los AG de más de 14 carbonos son re-esterificados, por la vía del glicerofosfato, la glucosa es precursor del glicerol para formar a los triglicéridos (TG), estos inician su transporte en pequeñas cantidades de mono y diglicéridos, además los fosfolípidos y el colesterol se unen a las apoproteínas, salen por la base y lados de la célula intestinal hacia la lámina propia, conductos linfáticos y por ultimo hacia los vasos sanguíneos portales. Por su parte los AG inferiores a esta longitud, entran directamente al torrente sanguíneo y son transportados en forma libre hacia el músculo, tejido adiposo y/o glándula mamaria (Guevara y Torres, 1993; Bauchart, 1993).

Al mismo tiempo los AG en el torrente sanguíneo son transportados en asociación con proteínas, debido a su baja solubilidad, formándose complejos denominados lipoproteínas; Las cuales de acuerdo a su densidad, se dividen en 5 clases:

quilomicrones, lipoproteínas: de muy baja, de intermedia, de baja y de alta densidad, también conocidas como VLDL, IDL, LDL y HDL por su siglas en inglés (Bauchart, 1993).

Los quilomicrones transportan AG libres; sintetizados en el intestino, estos aumentan su concentración cuando la dietas es rica en AG poliinsaturados y disminuyen con la presencia de grasas saturadas. Por su parte, las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) son las principales transportadoras de lípidos hacia hígado, tejido adiposo y glándula mamaria en los rumiantes a pesar de su baja concentración (Bauchart, 1993).

Por otra parte, las lipoproteínas conocidas como IDL, se generan a partir de la lipólisis de las VLDL, como producto intermedio en la formación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Estas últimas se involucran en la distribución del colesterol a los tejidos y a la glándula mamaria (Byer y Schelling, 1993). Por su parte, las lipoproteínas de alta densidad (HDL) se encuentran en mayor proporción que las anteriores y son sintetizadas, así como secretadas por el hígado e intestino se encargan de incorporar el exceso de colesterol circulante hacia el hígado, para su excreción biliar y subsecuente síntesis de VLDL (Bauchart, 1993).

#### **II.8.2.1 Síntesis láctea de lípidos**

Aunque existen informes contradictorios sobre la síntesis de grasa de la leche realizados en diferentes tipos de animales y con diferentes dietas, parece ser que los quilomicrones y las VLDL son los principales agentes transportadores de los AG; cerca de un 50% son sintetizados *de novo* en la glándula mamaria y de ellos la sexta parte es a partir de beta-hidroxibutirato, la mayor parte de estos compuestos es metabolizada por el acetato (Guevara y Torres, 1993).



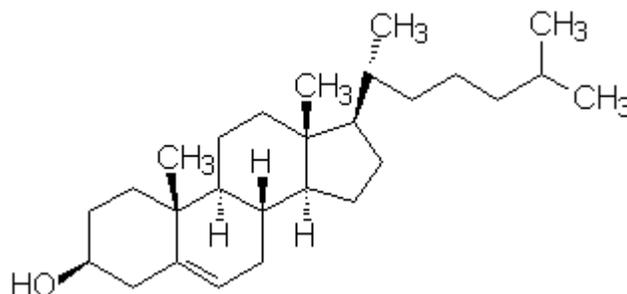
mamaria, en este caso suele aumentar la grasa total de la leche (Chilliard *et al.*, 2003; Palmquist *et al.*, 1993).

Se ha observado que los derivados lácteos, fabricados a partir de leche rica en ácidos grasos de cadena larga, en especial C18:2 (ácido linoléico), presentan oxidación más rápida y por lo tanto se observan cambios en las características físicas (Parodi, 1999).

### II.8.3 Colesterol

El colesterol es un lípido con una estructura esteroide formado por una molécula de 27 carbonos; es la unión de cuatro anillo hidrocarbonados dicho en otras palabras es núcleo derivado del ciclopentano perhidrofenantreno; en un extremo se le une una cola hidrocarbonada y, al otro, un grupo hidroxilo (Figura 8). Algunas de sus propiedades son insoluble en agua, pero se extrae fácilmente de los tejidos con solventes orgánicos como: el cloroformo, el éter y el benceno. El colesterol es el esteroide más abundante en los productos de origen animal (Lehninger, 1995).

**Figura 9.** Estructura del colesterol (Roach y Benyon, 2004).



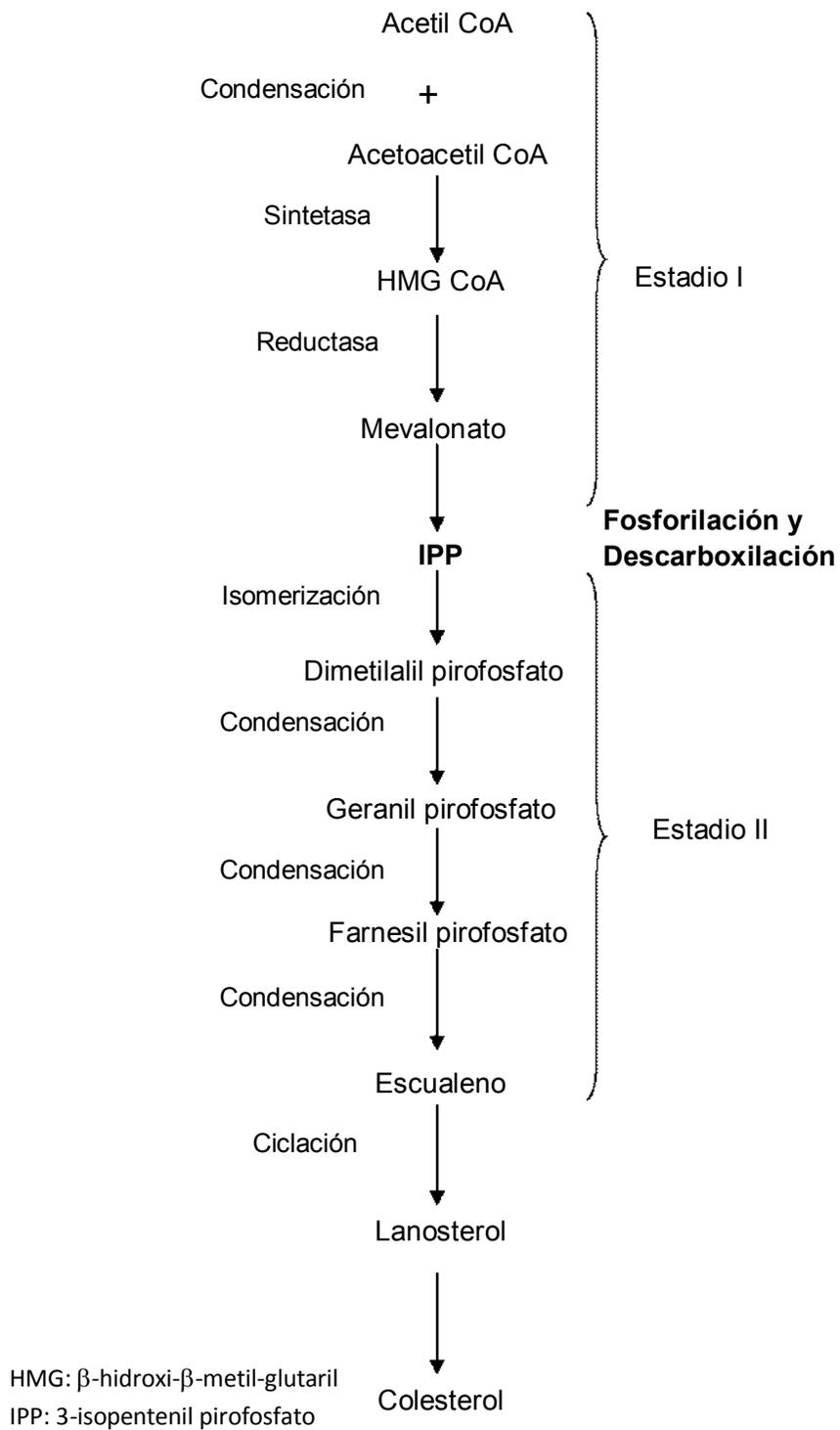
El colesterol es sintetizado por el mismo organismo en el hígado, aunque se sabe que otros tejidos como intestino, piel, corteza adrenal y pared arterial, también participan en éste proceso. Es un componente esencial de las membranas celulares, precursor de la vitamina D, de los ácidos biliares, de adrenocorticoides y de algunas hormonas como los andrógenos y estrógenos. El 75% es transportado en la sangre a través de lipoproteínas de las cuales las LDL son las que llevan a cabo en mayor proporción esta acción; las HDL eliminan el colesterol de las paredes arteriales, se reintegra al hígado y es degradado por los hepatocitos para ser utilizado en la síntesis de ácidos biliares, también puede ser transformado a ésteres de colesterol por medio de la LCAT (lecitina colesterol aciltransferasa) para sintetizar lipoproteínas (Roach y Beyon, 2004).

La dieta influirá en el contenido de colesterol en la leche debido al balance energético en el que se encuentren los animales. Es decir, si un rumiante se encuentra en balance energético negativo debido a un deficiente aporte nutrimental, iniciará la movilización de lípidos almacenados, causan su elevación en sangre y leche, tanto de AG como del colesterol (Roach y Beyon, 2004).

### **II.8.3.1 Síntesis de colesterol**

La síntesis de colesterol se realiza en el citosol celular, aunque algunas enzimas se encuentran en el retículo endoplásmico. La manera más sencilla de entender éste proceso es separarlo en dos estadios los cuales se esquematizan en la Figura 9.

**Figura 10.** Síntesis de colesterol (Roach y Benyon, 2004).



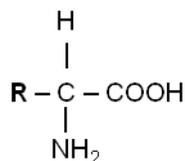
## II.9 Proteínas

Las proteínas son complejos orgánicos de alto peso molecular que contienen nitrógeno y azufre, a través de hidrólisis producen aminoácidos y se encuentran en la leche, huevo, sangre, así como en las semillas de diversos vegetales. Las proteínas de acuerdo a su composición se clasifican en: simples y conjugadas. Las proteínas simples tiene la característica de que al sufrir hidrólisis producen solamente aminoácidos. Las proteínas conjugadas son aquellas que por hidrólisis producen no solo aminoácidos, sino también otros compuestos orgánicos e inorgánicos; la porción no aminoácida se llama le grupo prostético. Las proteínas conjugadas se pueden clasificar debido a la naturaleza química del grupo prostético, algunas proteínas conjugadas son: lipoproteínas, glucoproteínas, fosfoproteína, hemoproteínas, flavoproteínas, metalproteínas y sistemas nucleoproteínas prostéticos (Voet *et al.*, 2005; Thomas y Earl, 1994).

### II.9.1 Aminoácidos (aa)

Los alfa-aminoácidos, hallados habitualmente en las proteínas son llamados también como aminoácidos corrientes. Excepto la prolina, todos ellos tienen como denominadores comunes un grupo carboxilo libre y un grupo amino libre unidos con un carbono alfa ( $\alpha$ ). Difieren entre sí en la estructura de sus cadenas laterales distintas llamadas grupos R. En la figura 10 se muestra la estructura simple de un aminoácido (Lenhninger, 1995).

**Figura 11.** Fórmula estructural de los aminoácidos en las proteínas (Lenhninger, 1995).

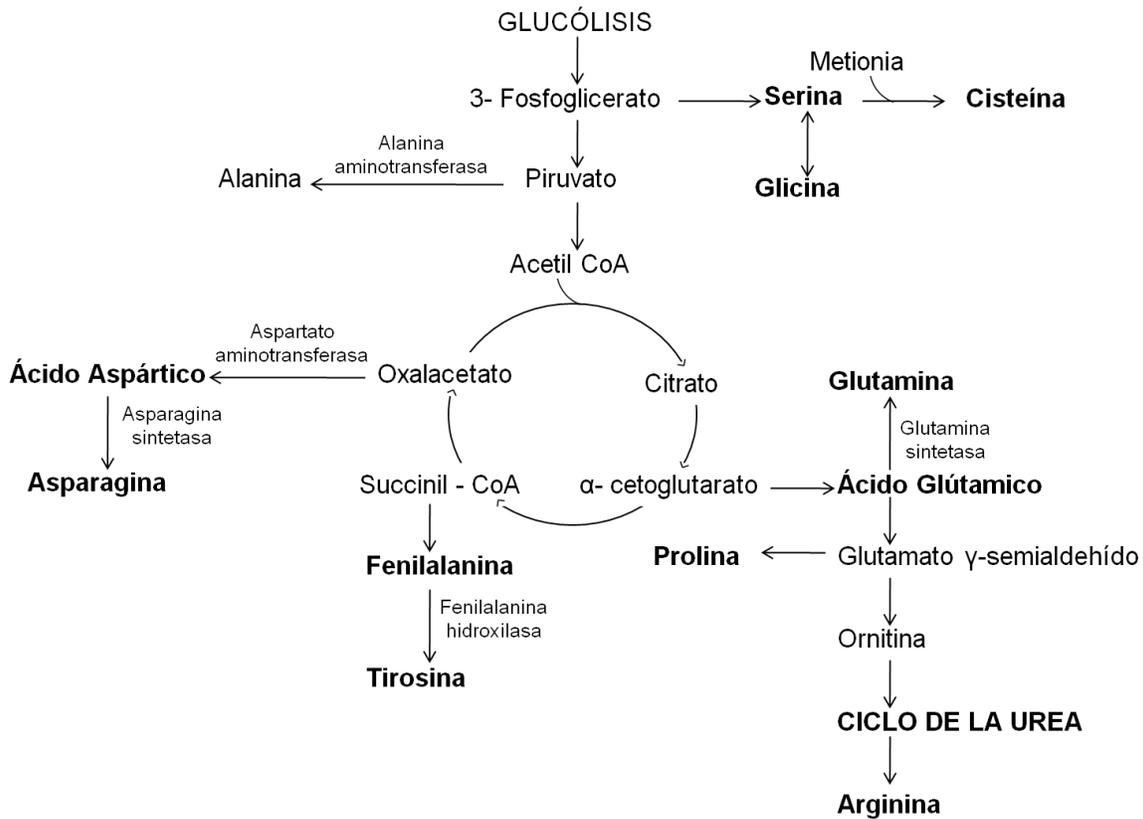


Los aminoácidos se pueden clasificar de acuerdo a la polaridad de los grupos R; no polares o hidrófobos, polares, sin carga, con carga positiva, con carga negativa. Cabe mencionar que en cada grupo existen considerables variaciones en el tamaño, la forma y en consecuencia sus propiedades cambian. Existe otra clasificación de acuerdo a la capacidad del organismo para sintetizarlos; en indispensables y dispensables. Los animales no son capaces de sintetizar el grupo amino por lo que requieren ingerirlo en la dieta mediante las proteínas, algunos aminoácidos pueden ser producidos en el organismo a través de transaminación, a ellos se les denomina dispensables entre los que se encuentran; la tirosina, glicina, alanina, cisteína, serina, ácido aspártico, asparagina, ácido glutámico, glutamina, arginina y prolina, asimismo los aminoácidos indispensables son aquellos que no pueden ser producidos a partir de otros aminoácidos, por ejemplo; la histidina, valina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, treonina, fenilalanina y triptófano (Roach y Benyon, 2004; Lehninger, 1995).

### **II.9.1.1 Síntesis de aminoácidos**

Las proteínas son sintetizadas a partir de aminoácidos, estas se encuentran como productos finales de la digestión o como parte del metabolismo ruminal. La síntesis de aminoácidos no tiene un precursor común, a diferencia de los ácidos grasos; se pueden realizar a través de reacciones de transaminación o a partir de otros aminoácidos que reaccionan con ceto-ácidos (piruvato, oxalacetato o  $\alpha$ -cetoglutarato), amoníaco o urea, incluso se pueden encontrar como productos del ciclo de éste compuesto como se esquematiza en la Figura 11 (Roach y Benyon, 2004; Lehninger, 1995; Mc Donald *et al.*, 1995).

**Figura 12.** Síntesis de aminoácidos (Roach y Beyon, 2004).



## II.9.2 Digestión y metabolismo ruminal de las proteínas

Las proteínas de los alimentos son hidrolizadas hacia aminoácidos por los microorganismos ruminales, a su vez éstos son degradados (desaminación) hasta ácidos orgánicos, amoníaco y dióxido de carbono. El amoníaco producido es absorbido en el rumen y transportado en la sangre hacia el hígado para ser convertido en urea. La pérdida de aminoácidos a causa del metabolismo de los microorganismos ruminales, es compensada por la síntesis que estos realizan; en consecuencia los rumiantes obtienen proteína tanto de la dieta como de los microorganismos. En el rumen, la flora es capaz de sintetizar aminoácidos indispensables, esto provoca un aporte constante para el rumiante de estos compuestos, lo convierten en un organismo casi autosuficiente al respecto (Cole y Van Lunen, 1994; Matthews, 2000).

Cole y Van Lunen (1994), señalaron que la metionina, lisina y treonina son los aminoácidos más limitantes en la alimentación de los rumiantes debido a que los requerimientos no son cubiertos por el metabolismo ruminal, por lo que es indispensable el aporte en la dieta. Además, destacaron la necesidad de administrar alimentos con proteína no degradable para evitar la acción microbiana y la modificación de los aminoácidos, con ello se asegura la entrada de los mismos al tracto gastrointestinal. Por su parte Matthews (2000), señaló que no se ha documentado de manera total la modificación de la proteína y los aminoácidos encontrados en la leche por efecto de la dieta, probablemente debido a la transformación que sufren en el rumen.

La absorción de aminoácidos se lleva a cabo en el yeyuno, de hecho, se ha observado la capacidad del intestino delgado para absorber aminoácidos indispensables, en mayor proporción que los dispensables (Matthews, 2000). La absorción se verá influenciada por la proteína de la dieta, por la degradación que sufra en el rumen y por la síntesis microbiana. Matthews (2000), señaló que la cantidad de proteína que pasa hacia el intestino en animales con dietas bajas en proteína, supera la ingesta debido a que se promueve la síntesis microbiana. Por otra parte comentó que las dietas con un alto contenido de granos y proteína tienden a disminuir la acción de los microorganismos ruminales; se refleja en una menor cantidad de aminoácidos en el contenido intestinal.

### **II.9.3 Síntesis láctea de las proteínas**

La caseína, beta-lactoglobulina y la alfa-lactoalbúmina conforman entre el 90 y 95% de la proteína total de la leche, estas proteínas son sintetizadas en la glándula mamaria, por su parte la seroalbúmina, las inmunoglobulinas y la caseína delta ( $\gamma$ ) no son sintetizadas en la mama; al parecer son, incorporadas a la leche desde la circulación sanguínea. Los tres precursores sanguíneos de las proteínas sintetizadas en la mama son: péptidos, proteínas del plasma y aminoácidos libres, los últimos son los que participan más. Las proteínas del plasma únicamente

aportan el 10% de los precursores para la formación de proteína láctea (Akers, 2002).

Los aminoácidos indispensables se absorben en cantidades suficientes para formar las moléculas de síntesis mamaria, sin embargo en ausencia de éstos la proteína de la leche se ve disminuida, en especial cuando se observan niveles bajos de lisina y metionina. Por su parte los aminoácidos dispensables proceden de la circulación sanguínea y de síntesis mamaria; el 70% de la glutamina, ácido glutámico y tirosina, y el 50% de la prolina y asparagina que se encuentran en la caseína, proceden de aminoácidos libres absorbidos del torrente sanguíneo; menos del 20% de glutamina, ácido glutámico, prolina y asparagina se sintetizan en la glándula mamaria; por su parte, la glicina, serina y alanina pueden ser sintetizados en su totalidad por éste órgano a partir del metabolismo de hidratos de carbono (glucosa) y ácidos grasos volátiles (ácido acético) (Akers, 2002).

### III. JUSTIFICACIÓN

La investigación nacional sobre los aspectos nutrimentales de los productos lácteos caprinos específicamente del queso de pasta blanda es mínima; de tal manera que cualquier esfuerzo realizado en este sentido, será muy importante para el fortalecimiento de los productores y del conocimiento científico.

Se ha evaluado el efecto de la alimentación sobre la composición de la leche de vaca y sus derivados; sin embargo se hace necesaria la investigación nacional en específico sobre productos caprinos ya que dichos estudios son muy escasos; si bien, existe una amplia investigación en el campo de la leche, poco se ha avanzado con respecto al queso, producto importante que da un valor agregado a la leche caprina.

Debido a lo anterior, es importante conocer el efecto del sistema de alimentación de las cabras y el tratamiento térmico de su leche sobre algunos componentes nutrimentales del queso para poder hacer recomendaciones a los productores en relación a las mejores opciones de alimentación, que contribuyan a mejorar la economía de las pequeñas empresas.

En México una buena parte del queso de leche de cabra es elaborado de forma artesanal y cuenta con un mercado en constante crecimiento; aun que la caracterización de este producto podrá a mediano plazo encaminar los esfuerzos para brindar un producto con identidad regional y de alta calidad nutrimental; esto contribuye en el desarrollo de la caprinocultura nacional, es imperativo reconocer los grandes esfuerzos de algunos grupos de industriales que ha impulsado este tipo de producto, no obstante se desconoce la calidad de estos en términos de sus constituyentes bioactivos y sus implicaciones sobre la salud del consumidor.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La calidad nutrimental del queso suave de leche de cabra, puede verse influenciada según el tipo de leche utilizada (cruda o pasteurizada); así como por sistema de alimentación (pastoreo y estabulado) en el cual fue conducido el ganado caprino.

## **V. OBJETIVOS**

### **V.1 Objetivo general**

Determinar el efecto del sistema de alimentación y tratamiento térmico sobre la cuantificación de algunos componentes nutrimentales del queso suave de leche de cabra.

### **V.2 Objetivo específico**

Determinar el contenido de humedad y la concentración de: proteína cruda, cenizas, energía bruta, lípidos totales, colesterol, el perfil de ácidos grasos y aminoácidos en el queso suave elaborado a partir de leche cruda o pasteurizada, la cual provenía de ganado caprino que fue alimentado en pastoreo o en estabulación.

## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

### VI.1 Ubicación del sitio de trabajo

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, así como en la granja “Puma” situada en Cerro Prieto, Querétaro, México a los 20° 39' 19" latitud Norte y 100° 17' 51" longitud Oeste, con una altura de 1950 msnm. El clima está clasificado como BS 1kw (w) (e) descrito como seco, estepario, semiárido con lluvias escasas, con una precipitación media anual en verano de 460 mm, así como un periodo de sequía de 6 a 8 meses (García, 1988).

### VI.2 Animales experimentales

Se formaron dos grupos (A y B) cada uno con 20 cabras en lactación de la raza Alpina francesa, con edades de entre 2 y 3 años, los mismos fueron alojados en corrales separados.

Los animales del grupo A, fue conducido en pastoreo libre sobre 7 hectáreas de un agostadero clasificado como bosque espinoso caducifolio durante 8 horas al día, la vegetación se caracteriza por la presencia de gramíneas: *Bouteloua curtipendula*, *Choris virgata*, *Bothriochloa saccharoides*, *Leptochloa dubia*, *Rhyncheltythurum roseum*, *Panicum obtusum*, *Bouteloua repens*, *Aristida adscensionis*, *Setaria parviflora*, *Urochloa fasciculata*, leguminosas arbóreas: *Prosopis leavigata*, *Acacia farnesiana*, *Acacia schaffneri*; arbustos: *Celtis pallida*, *Jatropha dioica*, *Zalazania augusta*, *Verbasina serrata*, *Mimosa biuncifera* y cactáceas: *Opuntia affasiacantha*, *O. amyctaea*, *O. cretochaeta*, *O. hytiacantha*, *O. robusta*, *O. Streptacanta* y *O. tomentosa* (Blanco *et al.*, 1978; Delgadillo, 1998).

Los del grupo B, fueron alimentados a través de una dieta convencional que contenía 40% de concentrado de cereales, esto representó un aporte del 16.2%

de proteína cruda y 2.6 Mcal/energía digestible/ kg de materia seca y el 60% de la alimentación fue heno de alfalfa; el ganado caprino de este grupo permaneció en estabulación durante todo el periodo experimental; el cual tuvo una duración de 15 días. Los primeros 10 días, fueron de adaptación al manejo y al sistema de alimentación; se cuantificó la producción de leche de cada animal a través del pesaje y se elaboró un registro. Los 5 días restantes fueron de muestreo, donde la ordeña de los animales fue manual una vez al día por la mañana (7:00 a.m.). La leche obtenida de cada grupo fue acumulada en recipientes previamente identificados y por separado se filtró con un paño para contener cualquier material extraño a la leche y posterior a cada uso fue desechado.

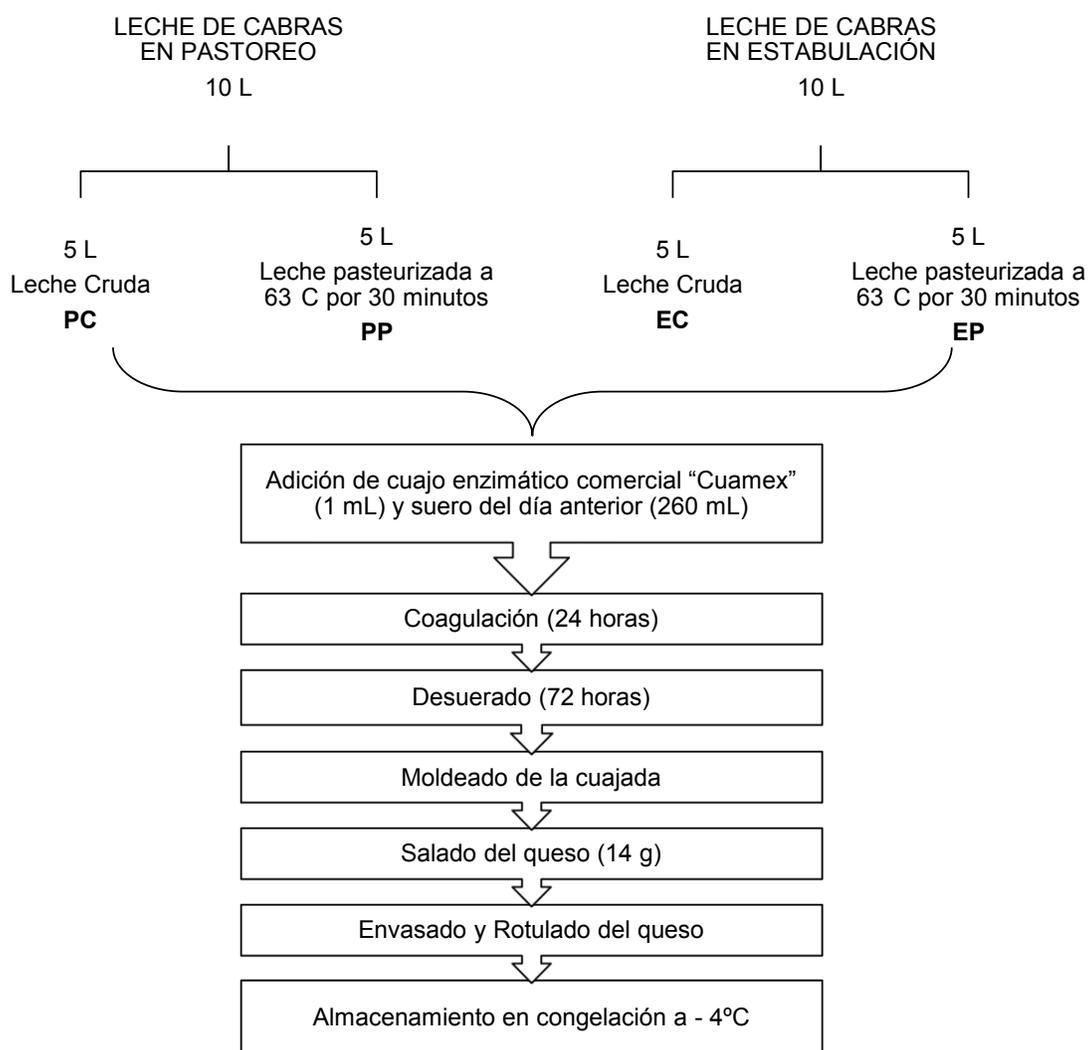
### **VI.3 Elaboración del queso experimental**

Dentro de la quesería, se pasteurizaron 10 litros de leche de cada uno de los grupos de los animales, a una temperatura de 63°C por 30 minutos y se dejó enfriar hasta 10°C y los otros 10 L restantes se procesaron en crudo, cada una fue colocada en recipientes por separado y se trataron de la misma forma para elaborar los quesos.

Para iniciar el proceso de coagulación de las leches, se añadieron 260 mL de cultivo iniciador (suero de leche del día anterior), el cual contenía *Lactobacillus brevis* y *Lactobacillus plantarum* (Puga *et al.*, 2005), además de 1 mL de cuajo enzimático (renina) comercial (CUAMEX). Cabe señalar que las cuatro muestras registraron una temperatura aproximada de 28°C antes de la inoculación. Después de 24 horas, la cuajada fue separada del suero, a través de un paño de tela se filtró lentamente y el contenido total se dejó reposar por 72 horas; por último, se pesaron porciones de 100 g de queso y se moldearon de forma manual para obtener una presentación circular. Este producto fue envasado, rotulado y conservado en congelación a -4°C, para su posterior análisis. Al final de este proceso se obtuvieron quesos de leche de cabra pasteurizada; de animales alimentados en pastoreo (PP) como en estabulación (EP), asimismo quesos de

leche de cabra cruda; de animales alimentados en pastoreo (PC) y en estabulación (EC), por lo tanto se obtuvieron cuatro tipos de quesos de 5 lotes diferentes que correspondieron a los días de ordeño.

**Figura 13.** Diagrama de elaboración de queso de leche de cabra.



#### VI.4 Composición química

Todos los análisis de laboratorio fueron trabajados por triplicado. La composición química del queso (humedad, proteína cruda y cenizas) se analizó según la metodología del AOAC (2003) y el valor energético de las muestras se determinó a través de calorimetría (S/A, 1990).

## VI.5 Determinación de lípidos

Esta metodología propuesta por Folch *et al.*, (1957), consistió en la extracción de lípidos de la muestra con solventes orgánicos (cloroformo-metanol); apoyado de una filtración y evaporación de dichos solventes.

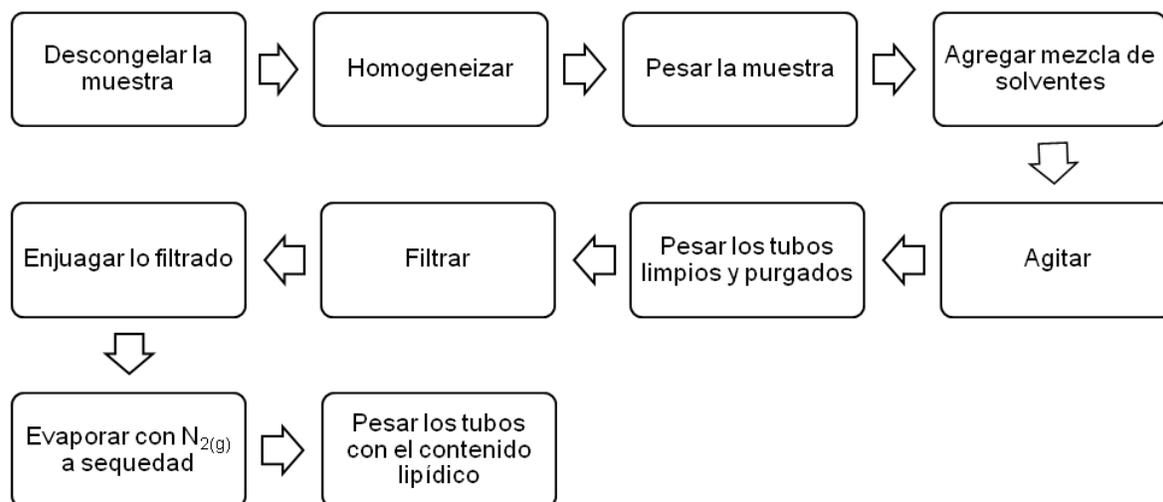
### Reactivos, soluciones y materiales:

- a) Cloroformo; marca J. T. Baker, grado reactivo, lote A09C52
- b) Alcohol etílico; marca J. T. Baker grado reactivo, lote X20C53
- c) Sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ); marca J. T. Baker, lote A04C01
- d) Cloroformo-etanol en una proporción 1:1
- e) Nitrógeno gaseoso
- f) Papel filtro del N° 42, marca Whatman
- g) Tubos para centrífuga con tapón de baquelita y septa de teflón
- h) Embudos de tallo largo
- i) Pipetas Pasteur
- j) Balanza analítica
- k) Centrífuga de 3600 rpm
- l) Vórtex
- m) Baño María
- n) Agitador mecánico

La muestra se descongeló en refrigeración a 4°C, a continuación se peso 1 g de muestra y se colocó en un tubo para centrífuga donde se le agregó 25 mL de solución cloroformo-etanol en una proporción 1:1; los tubos se colocaron en un agitador mecánico a 176 rpm, por un periodo de dos horas para favorecer la extracción del contenido lipídico. Al término de la agitación se filtró sobre embudos de tallo largo que contenían papel filtro del número 42 con sulfato de sodio anhidro, durante este proceso se enjuagó tres veces con 5 mL de la solución de cloroformo-etanol; una vez que culminó la filtración, la solución de solventes se

evaporó hasta sequedad con baño María a 60°C y nitrógeno gaseoso. Por último los tubos se atemperaron y se pesaron con el contenido lipídico para calcular gravimétricamente el total de lípidos de la muestra. En la figura 13 se ilustra este procedimiento.

**Figura 14.** Diagrama de la determinación de lípidos (Folch *et al.*, 1957).



## VI.6 Determinación de ácidos grasos

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó con una saponificación y metilación de la muestra donde se empleó trifluoruro de boro en metanol al 14%, a través de una extracción con solventes orgánicos (Folch *et al.*, 1957; AOAC, 2003).

### Reactivos, soluciones, materiales y equipos:

- Hidróxido de sodio (NaOH); marca J.T. Baker, grado reactivo, lote A19C79
- Metanol; marca J. T. Baker, grado reactivo, lote Y46C03
- Trifloruro de Boro al 14% en metanol; marca Sigma, lote 90K5301
- n-Heptano; marca J. T. Baker, grado analítico, lote T38262
- Cloruro de sodio; marca Sigma, lote 10H0869

- f) Sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ); marca J. T. Baker, lote A04C01
- g) Hexanos (95% n-Hexano); marca Baker Analyzed, grado analítico, lote Y49E09
- h) Ácido miristoléico; marca Sigma
- i) Nitrógeno gaseoso
- j) Solución de hidróxido de sodio en metanol al 2%
- k) Papel Filtro del N° 42; marca Whatman
- l) Solución saturada de cloruro de Sodio
- m) Tubos para centrífuga con tapón de baquelita y septa de teflón
- n) Embudos de tallo largo
- o) Pipetas Pasteur
- p) Centrífuga de 3600 rpm
- q) Vórtex
- r) Baño María

Características del equipo:

Aparato Cromatografo de gases:	Marca Varian CP- 3380
Detector:	Ionización de flama (FID)
Columna:	Capilar DB-23
Longitud:	3 m
Diámetro interno:	0.25 mm
Fase móvil:	Nitrógeno como gas acarreador
Temperatura de inyector:	250°C
Temperatura del detector:	300°C
Temperatura del Horno:	Temperatura inicial es de 120°C por un minuto aumenta 10°C por minuto hasta 230°C
Volumen de inyección:	1 µL
Flujo:	30 mL/ min

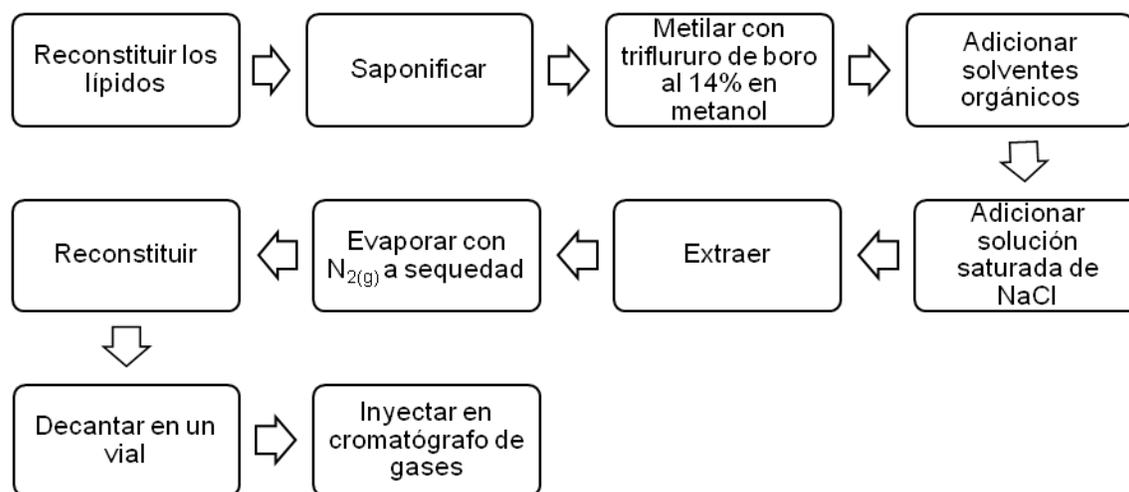
En esta técnica se utilizaron los lípidos obtenidos por la determinación de Folch (1957), mismos fueron reconstituidos con 1 mL de ácido miristoléico en una concentración de 2.0 mg/mL como estándar interno y con ello se dio inicio a la metodología oficial 969.33 del AOAC (2003).

En primer lugar, los lípidos se saponificaron, adicionando 2 mL de la solución de hidróxido de sodio con metanol al 2%, se colocaron en baño María a ebullición por un periodo de 10 minutos; las muestras se dejaron a temperar; en seguida, se realizó la metilación con 1 mL trifluoruro de boro en metanol al 14%, se introdujeron las muestras en baño María a ebullición por 2 minutos y se espero a que descendieran hasta temperatura ambiente.

Como una segunda etapa de la técnica, a cada tubo se le agregó 5 mL de heptano, se colocaron los tubos en baño María a ebullición durante 2 minutos, se dejaron enfriar para adicionarle 3 mL de solución saturada de cloruro de sodio y después centrifugar a 3600 rpm por 10 minutos; al culminar se filtró la fase orgánica sobre embudos de tallo largo que contenían el papel filtro con sulfato de sodio anhidro, en este paso, la sal se enjuagó tres veces con 5 mL de heptano una vez que se concluyó la filtración, se evaporó todo el solvente con baño María a 60°C y nitrógeno gaseoso para facilitar la volatilización del heptano.

La muestra fue reconstituida con 1 mL de hexano grado analítico, se homogeneizó y se transfirió a un vial de cristal identificado para su inyección al cromatógrafo de gases. Cabe mencionar que previo a las extracciones los tubos, embudos y viales fueron purgados con cloroformo. En la Figura 14 se ilustra este procedimiento.

**Figura 15.** Diagrama de la determinación de ácidos grasos  
(Folch *et al.*, 1957 y AOAC, 2003).



### VI.7 Determinación de colesterol

Para cuantificar la concentración del colesterol en los cuatro tipos de queso, se efectuó una saponificación directa del esteroles para lo cual se utilizó etanol, hidróxido de potasio y 5-alfa-colestano como estándar interno y se extrajo el compuesto con ayuda de solventes orgánicos (Fenton y Sim, 1991).

#### Reactivos, soluciones, materiales y equipos:

- a) Hidróxido de potasio; marca J. T. Baker, grado reactivo, lote Y31C51
- b) Alcohol etílico; marca J. T. Baker, grado reactivo, lote X20C53
- c) 5-alfa-colestano; marca Sigma con una pureza del 98.3%
- d) Sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ); marca J. T. Baker, lote A04C01
- e) Hexanos (95% n-Hexano); marca Baker Analyzed, grado analítico, lote Y49E09
- f) n-Heptano; marca J. T. Baker, grado analítico, lote T38262
- g) Hidróxido de potasio a una concentración de 40%
- h) Tubos para centrífuga con tapón de baquelita y septa de teflón

- i) Agua desionizada
- j) Nitrógeno gaseoso
- k) Papel filtro del N° 42; marca Whatman
- l) Embudos de tallo largo
- m) Pipetas automáticas de 1 mL y 5 mL
- n) Pipetas Pasteur
- o) Balanza analítica
- p) Vórtex
- q) Baño María
- r) Centrífuga de 3600 rpm

Características del equipo:

Cromatografía de gases	marca Varian 3,400 Cx
Estación de Trabajo:	Software Chromatography Workstation versión 4.51, 1989-1996 Varian Associates, Inc
Detector:	Ionización de flama (FID)
Columna:	Capilar DB-5
Longitud:	3 m
Diámetro interno:	0.25 mm
Fase estacionaria:	Película de 5% de fenil-metilpolisioxanos, con un grosor de 1 µm
Automuestreador:	8200CX
Fase móvil:	Nitrógeno como gas acarreador
Temperatura de inyector:	280° C
Temperatura del detector:	300°C
Temperatura de la Columna:	Inicio de 180°C, con un aumento de 40°C por minuto hasta alcanzar los 290°C mantenidos cada 1.25 minutos a esta temperatura teniendo un tiempo de retención total de 5 minutos
Volumen de inyección:	1 µL

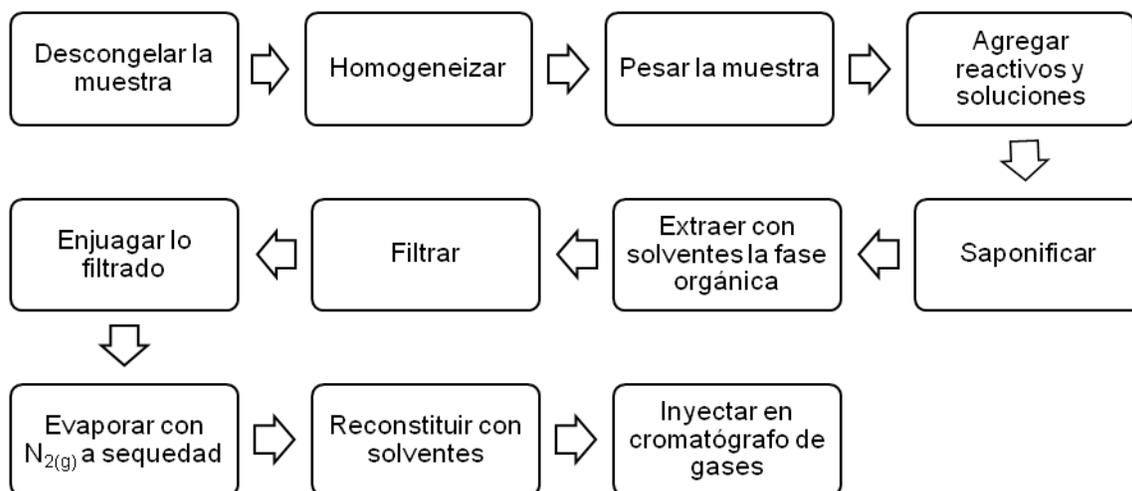
La determinación de colesterol, se llevó a cabo mediante la técnica propuesta por Fenton y Sim (1991) consistió; en colocar 1 g de muestra en tubos para centrifuga, se adicionó a cada tubo 1 mL de alcohol etílico, 2 mL de hidróxido de potasio al 40% y 500  $\mu$ L de 5-alfa-colestano a una concentración de 2.00 mg/mL, como estándar interno.

Los tubos se colocaron en baño María a 70°C por un periodo de 1 hora 15 minutos, con el objetivo de saponificar la muestra, se agitó a intervalos de 20 minutos; se agregaron 10 mL de agua desionizada y 5 mL de hexano, con ello se realizaron las extracciones del esterol, se centrifugó a 3,600 rpm por 5 minutos para lograr separar la fase orgánica de la acuosa.

A continuación, se separó el material insaponificable con ayuda de pipetas Pasteur y se filtró en papel Whatman N. 42 con sulfato de sodio anhidro, esta sal ayudó a retener el agua que pudiera tener el extracto, se realizaron dos extracciones más, se colectaron en tubos limpios; al final de las extracciones se enjuagó con 5 mL de hexano sobre el sulfato de sodio y el papel filtro, para evitar pérdidas de colesterol; por otra parte, se evaporó a sequedad con nitrógeno gaseoso en baño María a 60°C y finalmente la muestra fue reconstituida con 1 mL de heptano grado analítico, se homogeneizó y se transfirió a un vial de cristal identificado para su inyección en el cromatógrafo de gases.

Cabe mencionar que los tubos, embudos y viales fueron purgados con cloroformo. Durante el desarrollo de la metodología al momento de adicionar cada uno de los reactivos y soluciones se agitó en vortex por un periodo de 30 segundos. En la figura 15 se ilustra este procedimiento.

**Figura 16.** Diagrama de la determinación de colesterol (Fenton y Sim, 1991).



### **VI.8 Determinación de aminoácidos (aa)**

La concentración de aminoácidos fue cuantificada, a través del método Waters (1993), que consistió en la hidrólisis de la muestra, para después adicionarle AccQ-tag fluor que es un 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato o AQC; el cual fue el reactivo derivatizante, tuvo la función de convertir los aminoácidos primarios y secundarios en derivados estables de ureas que fluorescen a 395 nm.

#### **Reactivos, soluciones, materiales y equipos:**

- a) Fenol; marca J. T. Baker,
- b) Ácido clorhídrico (HCl); marca J. T. Baker, grado reactivo
- c) Buffer de fosfato
- d) Cloroformo; marca J. T. Baker, grado reactivo, lote A09C52
- e) Metanol; marca J. T. Baker, grado reactivo, lote Y46C03
- f) Solución de ácido clorhídrico 6N (HCl 6N)
- g) Solución de cloroformo-metanol proporción 1:1
- h) AccQ-fluor (reactivo derivatizante); marca Sigma

- i) Balanza Analítica
- j) Vortex
- k) Pipeta automática
- l) Acrodisco de 0.22  $\mu\text{m}$
- m) Viales
- n) Vial eppendorf

Características del equipo:

Cromatógrafo de Líquidos de Alta Resolución	marca Waters equipado con 2 bombas modelo 510 y automuestreador 717, un controlador de temperatura marca Millipore y horno para columna
Estación de Trabajo:	Millenium 2010
Columna:	AccQ-TAG de alta eficiencia NOVA-PAK C18 de 4 $\mu\text{m}$
Temperatura de la columna:	37°C
Fase Movil:	Eluyente A: buffer warters, AccQ-TAG Eluyente B: acetonitrilo Eluyente C: agua Milli-Q, grado HPLC, 18 megahom
Tiempo de Corrida:	60 min
Detector:	Fluorescencia waters 470
Longitud de emisión:	395 nm
Longitud de excitación:	250 nm
Ganancia:	100
Filtro:	0.5
Volumen de inyección:	5 $\mu\text{L}$

Esta técnica consiste en dos etapas, la primera se hidrolizó la muestra, la cual se llevó a cabo en un vial de reacción donde se colocó: la muestra pesada, fenol y 500  $\mu\text{L}$  de solución de ácido clorhídrico (HCl) 6N, se adicionó nitrógeno para sellar los viales; mismos fueron ubicados en un bloque de calentamiento durante 24

horas, a una temperatura de 115°C dentro de una campana de extracción; transcurrido el tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se destaparon y reconstituyeron las muestras con 5, 10 o 15 mL de una solución de HCl 20 mM (mini molar) en un matraz aforado, en seguida la muestra hidrolizada se filtró en un vial con acrodisco de 0.22 µm.

En la segunda etapa de la técnica se efectuó la reacción de derivatización. En un tubo de reacción se adicionaron 20 µL del extracto filtrado, 60 µL de buffer de fosfatos y 20 µL de reactivo derivatizante AccQ-fluor, posteriormente se agitaron con la ayuda del vortex 10 segundos, luego se dejaron reposar por 1 minuto, a continuación se calentaron a 55°C durante 10 minutos y por último se atemperaron. Los estándares se derivatizaron de igual forma que las muestras para que finalmente fueran inyectados en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución.

## **VI.9 Análisis estadísticos**

Los resultados obtenidos: proteína, ceniza, energía, colesterol, aminoácidos, lípidos totales y ácidos grasos, se analizaron a través de un análisis de varianza, en un arreglo factorial 2 x 2, en el cual el sistema de alimentación constituyó el efecto A (a<sub>1</sub>= pastoreo, a<sub>2</sub>= estabulación) y el tratamiento térmico formó el efecto B (b<sub>1</sub>= crudo, b<sub>2</sub>= pasteurizado), las diferencias entre medias fueron establecidas con una probabilidad de error menor al 0.05, mediante la prueba de Tukey. Los análisis estadísticos de las variables estudiadas fueron procesados con el paquete estadístico Statistical Analysis System (2004).

El modelo empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = variable respuesta (proteína, ceniza, energía, colesterol, aminoácidos, lípidos totales y ácidos grasos) en la repetición k (cinco), nivel j de B y nivel i de A

$\mu$  = media general

$A_i$  = efecto del factor A al nivel i (sistema de alimentación; pastoreo o estabulado)

$B_j$  = efecto del factor B al nivel j (pasteurizado o crudo)

$(AB)_{ij}$  = efecto de la interacción AB al nivel ij (interacción de los factores)

$E_{ijk}$  = error aleatorio

## VIII. RESULTADOS

### VIII.1 Composición química de 4 tipos de queso de leche de cabra

En el cuadro 16 se presentan los valores de proteína, energía, humedad y colesterol entre otros componentes de los quesos de leche de cabra cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación.

**Cuadro 16.** Composición química de 4 tipos de queso suave de leche de cabra (n=5).

Variables	Tipos de Quesos			
	PP	PC	EP	EC
Humedad (%)	50.6ab ±2.5	48.3b ±2.2	55.8a ±1.2	50.0b ±4.6
Proteína cruda (%) (N x 6.28)	14.0b ±0.6	15.7a ± 1.1	15.0ab ±0.6	16.0a ±1.1
Energía bruta (Mcal/kg)	2.6a ±0.21	2.7a ±0.11	2.2b ±0.3	2.20b ±0.22
Cenizas (%)	2.5a ±0.7	2.0a ±0.4	2.3a ±0.5	2.3a ±0.2
Colesterol (mg/100 g)	92.7a ±6.6	93.8a ±6.7	90.4a ±7.3	92.6a ±6.7
Lípidos (%)	24.3ab ±1.3	25.1a ±1.2	19.8c ±1.0	21.7bc ±2.2

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05). **PP**: Pastoreo-Pasteurizado; **PC**: Pastoreo-Crudo; **EP**: Estabulado-Pasteurizado; **EC**: Estabulado-Crudo.

En el análisis químico proximal, el contenido de humedad del queso EP obtuvo el valor máximo (55.8%) donde fue estadísticamente diferente a PC y EC (P<0.05), aunque semejante a PP (50.6%), lo anterior fue similar a EC y a PC, por lo tanto, PC (48.3%) registró el valor más bajo de los cuatro tipos de queso; sin embargo, el tipo de alimentación ejerció efecto (P<0.018) sobre esta variable, asimismo, el

tratamiento térmico de la leche ( $P < 0.007$ ), sin que resultara interacción entre los factores ( $P > 0.19$ ).

Los resultados obtenidos para el contenido de proteína estuvo en un rango de 14% a 16%, el primer dato correspondió al tratamiento PP y el segundo a EC, mismos registraron una diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ); no obstante, el tratamiento térmico de la leche influyó sobre el parámetro antes mencionado ( $P < 0.004$ ), pero se observó nula interacción entre los factores ( $P > 0.353$ ).

Los datos del contenido energético alcanzaron 2.6 y 2.7 Mcal/kg para los tratamientos PP y PC respectivamente, concentraciones que fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) a los valores del queso proveniente de ganado caprino alimentados en estabulación, los cuales reportaron una concentración energética de 2.20 Mcal/kg; por lo tanto, la alimentación de los animales intervino sobre el contenido energético ( $P < 0.0003$ ) de los quesos de leche de cabra, crudo y pasteurizado.

Por su parte, los valores promedio del contenido de ceniza fue de 2.3% y el colesterol aportó 92.4 (mg/100 g), ambas variables no registraron diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) entre los tipos de quesos.

Con respecto al contenido de lípidos, se observó que PC tuvo el valor más alto de las cuatro muestras (25.1%), se comportó a nivel estadístico parecido a PP (24.3%) y diferente ( $P < 0.05$ ) a EC (21.7%) y EP (19.8%); se puede mencionar que el factor que influyó fue el sistema de alimentación ( $P < 0.0001$ ) y no así el tratamiento térmico ( $P > 0.059$ ).

## VIII.2 Perfil de ácidos grasos de 4 tipos de queso de leche de cabra

En el cuadro 17 se resume la concentración total de ácidos grasos en 4 tipos de queso de leche de cabra cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación.

**Cuadro 17.** Concentración total de ácidos grasos (porcentaje) en los 4 tipos de quesos de leche de cabra (n=5).

Variables	Tipos de quesos			
	PP	PC	EP	EC
Volátiles	0.71ab ±0.29	1.12a ±0.35	0.33b ±0.15	0.46b ±0.14
Saturados	8.00ab ±0.82	8.40a ±1.13	6.12c ±0.58	6.65bc ±0.43
Monoinsaturados	4.10a ±0.51	3.90ab ±1.17	2.72b ±0.16	2.90b ±0.23
Poliinsaturados	0.64a ±0.06	0.64a ±0.15	0.54a ±0.04	0.55a ±0.04
Ácidos grasos <i>n</i> -3	0.18a ±0.02	0.19a ±0.03	0.13b ±0.01	0.13b ±0.01
Ácidos grasos <i>n</i> -6	0.41a ±0.05	0.41a ±0.13	0.34a ±0.03	0.35a ±0.03
Relación entre <i>n</i> -6: <i>n</i> -3	2.3a ±0.28	2.2a ±0.51	2.6a ±0.13	2.6a ±0.20
Ácidos grasos totales	12.70ab ±1.30	12.92a ±2.40	9.40c ±0.76	10.10bc ±0.68

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). **PP**: Pastoreo-Pasteurizado; **PC**: Pastoreo-Crudo; **EP**: Estabulado-Pasteurizado; **EC**: Estabulado-Crudo.

En el cuadro anterior se observa la cuantificación total de los ácidos grasos de forma específica los volátiles, revelaron la concentración más alta en el queso PC (1.12%), además de ser similar a PP (0.71%), pero con diferencia estadística

( $P < 0.05$ ) a los quesos EC (0.46%) y EP (0.33%), para el último tratamiento se obtuvo la concentración más baja. Se puede mencionar que el tipo de alimentación ( $P < 0.0003$ ) y el tratamiento térmico ( $P < 0.0259$ ) ejercieron efecto sobre los ácidos grasos volátiles en queso de leche de cabra, con referencia a lo anterior, no existe un efecto de interacción entre los factores de sistema de alimentación y el tratamiento térmico ( $P > 0.2281$ ).

En relación a los ácidos grasos saturados mostraron una marcada diferencia ( $P < 0.05$ ), debido a que los quesos de leche de animales alimentados en pastoreo (PP y PC) registraron las concentraciones más elevadas (8 y 8.4%), mientras que los productos que fueron alimentados en estabulación (EP y EC) manifestaron una menor cantidad de (6.12 y 6.65%); por lo tanto, el sistema de alimentación ejerció un efecto en esta variable ( $P < 0.0001$ ).

Los resultados de los ácidos grasos (AGs) monoinsaturados reportaron los valores más altos para PP (4.10%) y al mismo tiempo, fueron diferentes a nivel estadístico ( $P < 0.05$ ) a EP (2.72%) y EC (2.90%), aunque semejante a PC (3.90%); en consecuencia el tipo de alimentación afectó las concentraciones de los AGs monoinsaturados ( $P < 0.0009$ ), mas no fue así, el caso de la pasteurización ( $P > 0.9127$ ) ni tampoco presentaron interacciones los factores ( $P > 0.5362$ ).

Con respecto a la concentración total de AGs poliinsaturados no se observó diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, a más de que el sistema de alimentación no influyó ( $P > 0.035$ ). Por otro lado, los quesos PC y PP registraron las mayores concentraciones (0.64%).

Las concentraciones de los ácidos grasos *n*-3 presentaron diferencia estadística ( $P < 0.05$ ), al mismo tiempo, se obtuvieron valores superiores para los tratamientos PC (0.19%) y PP (0.18%) en comparación con los quesos EP y EC (0.13%); en tal sentido se manifestó que el tipo de alimentación ejerció efecto sobre este parámetro ( $P < 0.0001$ ), sin que el tratamiento térmico influenciará.

En lo que se refiera a los ácidos grasos *n*-6, los quesos de cabra alimentadas bajo pastoreo (PP y PC) fueron poco superiores numéricamente con un valor de 0.41%, sin registrar diferencia estadística con respecto a EP y EC (0.34 y 0.35%).

La relación de *n*-6:*n*-3 para los diferentes tratamientos no mostraron diferencia estadística ( $P > 0.05$ ); a nivel numérico los valores obtenidos para EP y EC (2.6%) fueron ligeramente superiores con lo que respecta a PP y PC (2.3 y 2.2%).

De acuerdo a la concentración total de ácidos grasos, se resume en lo siguiente: la cantidad más alta la manifestó el tratamiento PC, el cual fue estadísticamente semejante al queso PP (12.7%) y por otra parte, expuso diferencia ( $P < 0.05$ ) con EP (9.4%) y EC (10.1%); sin embargo, se observó un efecto significativo dado por el sistema de alimentación ( $P < 0.0002$ ), sin interacción de los factores ( $P > 0.7214$ ) ni efecto por la pasteurización ( $P > 0.4976$ ).

En el cuadro 18 se desglosa la concentración de 15 ácidos grasos saturados, los cuales presentaron una longitud de cadena que comprende entre 8 y de 10 a 20 átomos de carbono, analizados en los quesos de leche de cabra cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. Asimismo, los compuestos que exhibieron una mayor concentración en los cuatro tratamientos fueron: el ácido palmítico ( $C_{16}$ ) en primer lugar, seguido del mirístico ( $C_{14}$ ) y luego el esteárico ( $C_{18}$ ).

**Cuadro 18.** Concentración de ácidos grasos saturados (mg/100 g) en 4 tipos de queso fresco de leche de cabra (n=5).

Variables			Tipos de queso			
No. de carbonos y nombre común	Nombre sistemático	PP	PC	EP	EC	
8:0	Caprílico	Octanoico	87.8ab ±39.4	141.0a ± 107	4.5b ± 6.3	16.3b ±9.5
10:0	Cáprico	Decanoico	600.5ab ± 252	927.6a ± 217	290.6b ± 142	412.6b ±130
11:0	Undecílico	Undecanoico	7.3a ± 4.3	9.0a ± 1.7	5.6a ± 2.1	6.4a ± 0.9
12:0	Láurico	Dodecanoico	383.0a ± 62.8	429.8a ± 63.8	374.3a ±59.7	433.7a ± 27.5
13:0	Tridecílico	Tridecanoico	11.7a ± 2.0	11.0a ± 0.9	8.3b ± 1.5	8.5b ± 0.6
14:0	Mirístico	Tetradecanoico	1220.8a ± 127.5	1305.6a ± 195.2	1191.2a ± 115.3	1276.7a ± 65.4
15:0	Pentadecílico	Pentadecanoico	165.4a ± 19.0	154.2a ±11.6	111.0b ±13.8	116.4b ± 7.4
16:0	Palmítico	Hexadecanoico	4008.8a ± 399.8	3821.8a ± 383.6	3185.2b ± 292.3	3385.5ab ± 290.9
17:0	Margárico	Heptadecanoico	159.5a ± 18.8	162.8a ± 27.9	86.0b ±7.6	92.1b ± 8.0
18:0	Estearico	Octadecanoico	1230.2a ± 73.1	1296.5a ± 220.7	786.3b ± 60.1	820.5b ± 86.5

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05). **PP:** Pastoreo-Pasteurizado; **PC:** Pastoreo-Crudo; **EP:** Estabulado-Pasteurizado; **EC:** Estabulado-Crudo.

Continuación del **Cuadro 18**. Concentración de ácidos grasos saturados (mg/100 g) en 4 tipos de queso fresco de leche de cabra (n=5).

Variables			Tipos de queso			
No. de carbonos y nombre común	Nombre sistemático	PP	PC	EP	EC	
20:0	Araquídico	Eicosanoico	46.1a ±6.8	48.5a ±10.9	28.5b ±1.4	29.6b ±1.7
21:0	Heneicosanóico	Heneicosanoico	6.3a ±2.9	5.9a ±2.3	1.9b ±0.5	2.1b ±0.8
22:0	Behénico	Docosanoico	18.3a ±4.3	8.7a ±3.0	8.7b ±0.8	9.4b ±1.0
23:0	Tricosanóico	Tricosanoico	12.7a ±2.2	12.1a ±3.3	5.5b ±2.0	5.2b ±1.0
24:0	Lignocérico	Tetracosanoico	13.6a ±3.0	15.0a ±4.5	3.9b ±0.4	4.5b ±0.5

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa ( $P < 0.05$ ). **PP**: Pastoreo-Pasteurizado; **PC**: Pastoreo-Crudo; **EP**: Estabulado-Pasteurizado; **EC**: Estabulado-Crudo.

Como puede observarse, los ácidos caprílico ( $C_8$ ) y cáprico ( $C_{10}$ ) tuvieron una variación numérica en los resultados de los cuatro tipos de quesos; aunque, en el tratamiento PC presentaron mayores concentraciones y fueron semejantes a nivel estadístico ( $P > 0.05$ ) a PP y al mismo tiempo hubo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para los quesos EP y EC. Cabe destacar que en el caso del ácido caprílico el tipo de alimentación ejerció efecto ( $P < 0.0009$ ); por el contrario, en el ácido cáprico influyó tanto el sistema de alimentación ( $P < 0.0002$ ), así como el tratamiento térmico de la leche ( $P < 0.0188$ ), pero mostró nula interacción entre los factores ( $P > 0.2499$ ).

Por otra parte, los ácidos grasos: undecílico ( $C_{11}$ ), láurico ( $C_{12}$ ) y mirístico no manifestaron diferencia ( $P > 0.05$ ); por el contrario, a nivel numérico se exhibió que el sistema de alimentación en pastoreo contiene una mayor concentración de los

compuestos antes citados, excepto el ácido láurico, el cual reveló un valor elevado en el tipo de queso EC (433.7 mg /100 g).

En relación al contenido de ácido palmítico ( $C_{16}$ ), el queso PP ostentó el valor máximo (4.0%), luego le sigue PC (3.8%), ambos tratamientos no fueron entre sí diferentes ( $P>0.05$ ), por el contrario EP (3.2%) logró el valor más bajo de los cuatro tipos de quesos y a su vez a nivel estadístico fue semejante a EC (3.4%); en consecuencia, los quesos que provenían de los animales alimentados en pastoreo en comparación con los estabulados fueron estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ). Se comprobó que la cantidad de ácido palmítico en los quesos, tubo efecto ( $P<0.0009$ ) el sistema de alimentación del ganado caprino y no así el tratamiento térmico de la leche ( $P>0.9662$ ); por consiguiente, no hubo interacción entre los factores ( $P>0.2279$ ).

En lo que se refiere al ácido esteárico se puede mencionar que hay una diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en los tratamientos de los quesos de cabras alimentadas en pastoreo: PP y PC, se observa cantidades elevadas (1.2 y 1.3%), en consecuencia los quesos que provenían de animales que fueron alimentados en estabulación EP y EC revelaron una menor cantidad (0.7 y 0.8%); de acuerdo con lo anterior, el sistema de alimentación ejerció un efecto ( $P<0.0001$ ) en la variable nombrada.

Con respecto a cada una de las concentraciones de los siguientes ácidos: tridecílico ( $C_{13}$ ), pentadecílico ( $C_{15}$ ), margárico ( $C_{17}$ ), araquídico ( $C_{20}$ ), heneicosanóico ( $C_{21}$ ), behénico ( $C_{22}$ ), tricosanóico ( $C_{23}$ ) y lignocérico ( $C_{24}$ ), registraron valores más altos en los tratamientos que derivan de animales que eran alimentados en pastoreo y también muestran una clara diferencia estadística ( $P<0.05$ ) con los productos obtenidos de cabras en estabulación; es decir, el sistema de alimentación influyó en las variables oscilando entre  $P<0.0001$  y  $P<0.0002$ .

En el siguiente cuadro se presentan las concentraciones de los ácidos grasos monoinsaturados donde destacan la presencia del ácido oléico y palmitoléico, en los cuatro tipos de quesos de estudio (Cuadro 19).

**Cuadro 19.** Concentración de ácidos grasos monoinsaturados (mg/100 g) en 4 tipos de queso fresco de leche de cabra (n=5)

Variables		Tipos de queso			
No. de carbonos y nombre común	Nombre Sistemático	PP	PC	EP	EC
15:1 -----	<i>Cis</i> -10-pentadecenoico	42.3a ±2.1	43.6a ±3.8	36.9b ±2.6	39.4ab ±2.2
16:1 Palmitoléico	<i>Cis</i> -9-hexadecenoico	113.6a ±10.4	110.2ab ±15.0	95.8b ±2.5	97.1ab ±5.3
17:1 -----	<i>Cis</i> -10-heptadecenoico	70.0a ±10.6	72.9a ±14.05	41.3b ±2.8	43.6b ±5.3
18:1 Oléico	<i>Cis</i> -9-octadecenoico	3846.7a ±486.6	3629.4ab ±115.1	2533.1b ±152.2	2679.0b ±220.2
20:1 Eicosanoico	<i>Cis</i> -11-eicosanoico	15.4a ±3.6	13.8ab ±3.8	9.3b ±0.85	9.5b ±1.2
22:1 Erúcico	<i>Cis</i> -13-docosenoico	2.6a ±0.55	2.7a ±0.7	1.7b ±0.07	1.9ab ±0.19
24:1 Nervónico	<i>Cis</i> -tetracosenoico	1.4a ±0.65	1.6a ±0.6	0.5b ±0.04	0.49b ±0.1

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05). **PP**; Pastoreo: Pasteurizado. **PC**; Pastoreo: Crudo. **EP**; Estabulado: Pasteurizado. **EC**; Estabulado: Crudo.

Los resultados obtenidos para los ácidos grasos: *cis*-10-pentadecenoico, *cis*-10-heptadecenoico, *cis*-tetracosenoico (nervónico), manifestaron la misma tendencia, dado que los tratamientos con sistema de alimentación en pastoreo (PP y PC) mostraron valores más altos y a su vez fueron diferentes estadísticamente (P<0.05) a los tratamientos de estabulación (EP y EC). Mientras que los ácidos *cis*-9-hexadecenoico y *cis*-11-eicosanoico, ambos se comportaron de una forma

similar, debido a que el tipo de queso PC fue estadísticamente semejante ( $P>0.05$ ) a los tratamientos PP, EC y EP, aun que se logró mayores concentraciones en los tipos de quesos PP. Por otra parte, las cantidades de ácido *cis*-13-docosenoico (erúxico) revelaron que el tipo de queso EC fue parecido estadísticamente a EP, PP, PC.

No obstante, el ácido oléico mostró los siguientes valores: 3.8% (PP) y 3.6% (PC), ambos tratamientos semejantes estadísticamente ( $P>0.05$ ); aunque, PP fue superior y presentó diferencia estadística ( $P<0.05$ ) en EC y EP (2.6 y 2.5%), se destaca que los quesos PP y PC son los quesos con mayor concentración de ácido *cis*-9-octadecenoico. Con referencia a lo anterior se pudo demostrar, que el tipo de alimentación ejerció efecto sobre éste parámetro ( $P<0.0011$ ), sin que existiera interacción de los factores ( $P>0.5341$ ) ni efecto del tratamiento térmico ( $P>0.09021$ ).

En el cuadro 20 se presentan las diferentes concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados de los cuatro tipos de quesos de estudio.

**Cuadro 20.** Concentración de ácidos grasos poliinsaturados (mg/100 g) en 4 tipos de queso fresco de leche de cabra (n=5).

Variables		Tipos de queso				
No. de carbonos y nombre común	Nombre Sistemático	PP	PC	EP	EC	
18:2	Linoléico (LA)	<i>Cis</i> -9, 12-octadecadienoico	359.1a ±44.2	362.1a ±121.5	305.8a ±26.7	317.6a ±31.3
18:2	Linolelaídico	<i>Trans</i> -9, 12-octadecadienoico	39.1b ±5.0	45.6b ±6.9	63.0a ±8.6	62.2a ±4.2
18:3	Alfa-linolénico (ALA)	<i>Cis</i> -9, 12, 15-octadecatrienoico	141.9a ±10.9	148.9a ±25.9	110.9b ±13.0	110.4b ±5.2
18:3	Gama-linolénico	<i>Cis</i> -6, 9, 12-octadecatrienoico	6.9a ±1.7	4.8b ±0.35	4.2b ±0.77	4.6b ±0.23
20:2	-----	<i>Cis</i> -11, 14-eicosadienoico	7.8a ±2.3	7.7a ±2.0	5.1a ±0.24	5.7a ±0.78
20:3	homo- $\gamma$ -linoléico	<i>Cis</i> -8, 11, 14-eicosatrienoico	4.9a ±2.2	3.9a ±1.7	3.2a ±0.17	3.0a ±0.6
20:3	-----	<i>Cis</i> -11, 14, 17-eicosatrienoico	17.7 a ±4.5	17.4 a ±4.7	9.0 b ±0.8	9.5 b ±1.6
20:4	Araquidónico (AA)	<i>Cis</i> -5, 8, 11, 14-eicosatetraenoico	34.7a ±4.8	30.9ab ±4.6	27.0b ±2.4	25.9b ±2.5
20:5	Timnodónico (EPA)	<i>Cis</i> -5, 8, 11, 14, 17-eicosapentaenoico	14.7a ±3.3	14.6a ±1.7	9.3b ±1.03	9.8b ±1.05
22:2	-----	<i>Cis</i> -13, 16-docosadienoico	1.8a ±0.5	2.3a ±1.5	2.8a ±1.6	2.4a ±1.0
22:6	Cervónico (DHA)	<i>Cis</i> -4, 7, 10, 13, 16, 19-docosahexaenoico	7.6a ±1.5	4.8b ±1.4	4.3b ±0.2	4.4b ±0.48

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05). **PP**: Pastoreo-Pasteurizado; **PC**: Pastoreo-Crudo; **EP**: Estabulado-Pasteurizado; **EC**: Estabulado-Crudo.

De acuerdo con la lista de ácidos grasos poliinsaturados expuestos en el cuadro 20, se puede observar que el ácido Linoléico (LA) consiguió la mayor

concentración y de forma particular en el tipo de queso PC (362.1 mg/100 g), otra característica peculiar que tuvo junto con los ácidos: *cis*-11, 14-eicosadienoico, *cis*-8, 11, 14-eicosatrienoico y *cis*-13,16-docosadienoico fue que no revelaron diferencia estadística ( $P>0.05$ ) en ningún tratamiento.

En el caso del contenido de ácido linolelaídico, se vio influenciado por el sistema de alimentación ( $P<0.0001$ ), debido a que los quesos EP y EC fueron estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ) a los tratamientos PP y PC, también su máxima concentración se encontró en los quesos provenientes de ganado caprino que fueron estabulados.

Con respecto a los ácidos: alfa-linolénico (ALA), *cis*-11, 14, 17-eicosatrienoico y Timnodónico (EPA), los tratamientos EP y EC fueron distintos a nivel estadístico ( $P<0.05$ ) de PP y PC; por consiguiente, el sistema de alimentación para los ácidos grasos antes mencionados tienen un resultado significativo ( $P<0.0001$ ), sin efecto de la pasteurización ni interacción de los factores principales.

En cuanto al ácido araquidónico (AA) mostró su valor más elevado en el queso PP (34.7 mg/100 g), dicho tratamiento tuvo diferencia estadística con respecto a EP y EC ( $P<0.05$ ); en consecuencia, la alimentación ejerció efecto significativo ( $P<0.0001$ ) sobre la concentración del compuesto.

En lo que se refiere a los ácidos: gama-linolénico (6.9 mg/100 g) y cervónico (DHA) (7.6 mg/100 g), exhibieron las concentraciones máximas en PP, además de que a nivel estadístico fueron diferentes, los quesos PC, EP y EC ( $P<0.05$ ). Por otra parte, el ácido gama-linolénico le afectó el sistema de alimentación ( $P<0.0029$ ). En cambio el ácido cervónico demostró que es afectado por el sistema de alimentación ( $P<0.0013$ ) y tratamiento térmico de la leche ( $P<0.0100$ ) con una interacción de los factores ( $P<0.0085$ ).

### VIII.3 Perfil de aminoácidos de 4 tipos de queso de leche de cabra

En el cuadro 21 se observa la concentración total de aminoácidos (aa) con un valor promedio de 12.53%; donde los tratamientos PP y EP registraron las concentraciones más elevadas, por otra parte ningún tratamiento mostró diferencia estadística.

**Cuadro 21.** Concentración de aminoácidos (porcentaje) de 4 tipos de queso de leche de cabra (n=5).

Aminoácidos	Tipos de quesos			
	PP	PC	EP	EC
Indispensables	6.06 a	5.17a	5.59a	5.16a
Dispensables	7.74a	6.52a	7.23a	6.64a
Totales	13.79a	11.70a	12.83a	11.80a

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa ( $P < 0.05$ ). **PP**: Pastoreo-Pasteurizado; **PC**: Pastoreo-Crudo; **EP**: Estabulado-Pasteurizado; **EC**: Estabulado-Crudo.

En este mismo sentido, el cuadro 22 muestra el perfil de aminoácidos de los quesos, distribuidos en aminoácidos indispensables y dispensables para cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 22.** Perfil de aminoácidos (porcentaje) de 4 tipos de queso de leche de cabra (n=5).

Variables	Tipos de quesos			
	PP	PC	EP	EC
<b>Indispensables</b>				
Isoleucina	0.66a ±0.03	0.58a ±0.06	0.64a ±0.10	0.60a ±0.05
Leucina	1.23a ±0.04	1.07a ±0.14	1.17a ±0.13	1.05a ±0.09
Lisina	1.27a ±0.05	1.06ab ±0.16	1.18ab ±0.15	1.04b ±0.08
Metionina	0.34a ±0.02	0.29a ±0.04	0.32a ±0.04	0.29a ±0.03
Fenilalanina	0.70a ±0.02	0.63a ±0.06	0.65a ±0.07	0.62a ±0.05
Valina	0.86a ±0.02	0.78a ±0.08	0.82a ±0.08	0.78a ±0.06
Treonina	0.51a ±0.03	0.43a ±0.03	0.44a ±0.08	0.44a ±0.04
Histidina	0.44a ±0.02	0.34b ±0.05	0.37ab ±0.05	0.33b ±0.03

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05). **PP**: Pastoreo-Pasteurizado; **PC**: Pastoreo-Crudo; **EP**: Estabulado-Pasteurizado; **EC**: Estabulado-Crudo.

Continuación del **Cuadro 22**. Perfil de aminoácidos (porcentaje) de 4 tipos de queso de leche de cabra (n=5)

Variables	Tipos de quesos			
	PP	PC	EP	EC
<b>Dispensables</b>				
Cisteína	0.07a ±0.01	0.05b ±0.01	0.06b ±0.01	0.05b ±0.01
Tirosina	0.73a ±0.03	0.62b ±0.06	0.67ab ±0.07	0.64ab ±0.06
Arginina	0.55a ±0.02	0.47b ±0.06	0.51ab ±0.04	0.47b ±0.04
Alanina	0.41a ±0.01	0.34b ±0.06	0.36ab ±0.04	0.33b ±0.03
Asparagina o ácido aspártico	1.04a ±0.03	0.85b ±0.05	0.98a ±0.07	0.88b ±0.06
Glutamina	2.55a ±0.07	2.31ab ±0.15	2.44ab ±0.19	2.21b ±0.17
Glicina	0.26a ±0.01	0.19b ±0.03	0.24a ±0.02	0.17b ±0.02
Prolina	1.59a ±0.07	1.12c ±0.12	1.36b ±0.08	1.30bc ±0.14
Serina	0.70a ±0.02	0.58b ±0.06	0.63ab ±0.05	0.59b ±0.05

a,b,c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa ( $P < 0.05$ ). **PP**: Pastoreo-Pasteurizado; **PC**: Pastoreo-Crudo; **EP**: Estabulado-Pasteurizado; **EC**: Estabulado-Crudo.

En relación a la concentración de los aminoácidos indispensables: isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, valina y treonina, no revelaron diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) para ningún tratamiento. No obstante, lisina (1.27%) e histidina (0.44%) alcanzaron las concentraciones más altas en el tratamiento PP, ambos aminoácidos fueron estadísticamente semejante a PC y EP ( $P > 0.05$ ), por el contrario, en EC hubo diferencia estadística y a su vez obtuvieron las

concentraciones más bajas. En consecuencia para lisina únicamente ejerció efecto ( $P < 0.0062$ ) el tratamiento térmico de la leche; en el caso de la histidina tuvo efecto tanto en el sistema de alimentación ( $P < 0.0414$ ) como en el tratamiento térmico ( $P < 0.0016$ ) de la leche, sin interacción de los factores ( $P > 0.1572$ ).

Con referencia a la concentración de los aminoácidos dispensables, registraron marcadas variaciones, una de ellas fue percibir mayor cantidad de los compuestos antes citados en el queso PP. Por otro lado, la concentración tirosina (0.73%), arginina (0.55%), alanina (0.41%), asparagina (1.04%), glutamina (2.55%), glicina (0.26%) y serina (0.70%), presentaron un comportamiento donde los valores son semejantes estadísticamente ( $P > 0.05$ ) al tratamiento de los animales alimentados en estabulación con tratamiento térmico (EP), pero distinto a PC. De forma particular la cisteína (0.07%), mostró efecto significativo en el tipo de alimentación ( $P < 0.0002$ ), así como en la pasteurización ( $P < 0.0001$ ), con interacción de los factores principales ( $P < 0.0001$ ). Por otra parte, el tratamiento térmico de la leche ( $P < 0.0001$ ) ejerció un efecto significativo sobre la concentración de prolina, con una interacción de los factores principales ( $P < 0.0004$ ).

## VIII. DISCUSIÓN

El contenido de humedad de los quesos estudiados, presentaron una concentración promedio de 51%, lo que permitió identificar a los productos como quesos frescos; de acuerdo a la clasificación de Kosikowski y Mistry (1997). Se mostró que los quesos hechos a base de leche cruda PC (48.3%) y EC (50.0%) registraron un menor contenido de humedad, a pesar de que son estadísticamente iguales a PP (50.6%), y fueron superados por EP (55.8%); los datos de los tratamientos anteriores estuvieron por debajo del promedio (58%) reportado por Bonilla (2005), quien estudio el efecto de una dieta de estabulación en comparación a una dieta de pastoreo con suplementación en la época de invierno en el semiárido mexicano. Es probable que la diferencia y las constantes en el proceso de elaboración del queso, así como las distintas fases del pico de lactación pudieran ser la causa de estas alteraciones en la humedad del queso.

Por su parte, Buffa *et al.*, (2001), no encontraron efecto sobre la humedad del queso al ser elaborados con leche cruda y pasteurizada (53.0%) a pesar de ser productos madurados por 60 días. No obstante, sus hallazgos fueron muy similares a los del presente ensayo; en cualquiera de los casos, el rango permite clasificar a los quesos como frescos, ya que cuenta con alrededor del 50% de humedad; lo que da una cremosidad a la pasta. Por otro lado, Kosikowski y Mistry (1997), Park (2000), Soryal *et al.*, (2004), lograron un porcentaje de humedad promedio de 61.4% para el queso de cabra clasificado como fresco; resultado superior pero cercano a los encontrados en este estudio.

Con respecto al nivel de proteína Park (2000), alcanzó una concentración de 19%, dato superior al encontrado en la presente investigación (15%). Sin embargo, las concentraciones más altas fueron para los quesos PC y EC; el promedio de los valores de los tratamientos de leche cruda fue similar al dato (15.5%) obtenido por Bonilla (2005), al analizar muestras de queso en época de sequía en el altiplano mexicano. Por ende, los quesos producidos con leche pasteurizada obtuvieron el

promedio más bajo; lo descrito antes pudiera ser por la desnaturalización de las proteínas, debido al tratamiento térmico que se le dio a la leche en el proceso de pasteurización; también, se debe de considerar que el valor de proteína cruda es solo un reflejo del contenido de Nitrógeno, por lo que sufre una variación de 2 a 3% en los quesos de pasta blanda. Mientras que Soryal *et al.*, (2004), compararon los niveles de nitrógeno a través de dos tipos de quesos frescos, elaborados con leche pasteurizada bajo dos sistemas de alimentación: estabulación (heno alfalfa y concentrado de cereales) y pastoreo (sobre 8 variedades de forrajes) con suplementación de cereales, donde obtuvieron 15.0 y 14.5%, sin registrarse efecto significativo por la dieta ( $P < 0.05$ ), datos semejantes a los encontrados en este ensayo.

En lo que se refiere a la concentración de grasa en los productos lácteos, Andrikopoulus *et al.*, (2003) señalaron, que los quesos grasos, son aquellos que tienen una relación grasa-proteína mayor a 1.5; se denotó que los quesos de origen griego en general se clasifican con el parámetros antes citado, en específico el queso Manouril se le adiciona crema y registra una relación 6.8, en contraste con los quesos Feta y Teleme, los cuales conservan una relación de 1.3 a 1.7. Mientras que a los quesos aquí estudiados, se encontró una relación de entre 1.3 y 1.7, donde PP exhibe la mayor relación en comparación con los otros tratamientos, incluso Bonilla (2005), alcanzó una relación entre 0.82 y 0.92; muy por debajo a lo analizado en la reciente investigación, tal vez la diferencia en la época del año en el cual se llevó a cabo el muestreo pudiera explicar la variación, ya que existe una proporción inversa en la cantidad de leche producida y la cantidad de sólidos totales.

En el caso del contenido energético se ha demostrado con anterioridad, que varía de acuerdo al sistema de alimentación del rumiante, así como del proceso de elaboración de los quesos (Rubino, 2002). En cuanto a los quesos estudiados, la concentración más elevada de energía bruta lo obtuvieron los tratamientos provenientes del sistema de alimentación en pastoreo con leche cruda y

pasteurizada (PC y PP) con 2.7 y 2.6 Mcal/kg respectivamente, cantidades que fueron semejantes al queso tipo Teleme estudiado por Andrikopoulos *et al.*, (2003) pero inferior al queso tipo Feta que registró un promedio de 3.5 Mcal/kg; las diferencias durante el proceso de elaboración pueden explicar las variaciones.

Del mismo modo, diversos investigadores han analizado la composición de lípidos de los quesos, Elliott *et al.*, (1989); Kim Ha y Lindsay, (1990) ellos mencionaron, que las concentraciones de ácidos grasos de cadena corta (C:4 a C:11) se ven afectadas por ciertos factores como la pureza de reactivos y del agua en la preparación de la muestra, al mismo tiempo que son muy volátiles y por lo tanto no se observan tasas consistentes en los resultados. En tal sentido las concentraciones conseguidas por Kim Ha y Lindsay, (1990), fueron de 0.98%, semejantes a los resultados de esta investigación que van desde de 0.33 a 1.10%, y superiores a los encontrados por Bonilla en el 2005 con promedios de 0.18 hasta 0.28% para quesos de manufactura similar. La volatilidad de los ácidos y el manejo de las muestras podrán explicar las diferencias en los resultados reportados. Otros estudios de Martín-Hernández y Juárez (1992), lograron concentraciones de 0.12% de queso de cabra; una de las posibles causas de las variaciones fue la técnica utilizada para la extracción de estos compuestos.

Estudios de Park (1999); Bauchart (1993); Banskalieva *et al.*, (2000), señalaron que el consumo de ácidos grasos saturados, en especial láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) se encuentran relacionados con un incremento en los niveles de colesterol en sangre, debido a que ha sido demostrado que son productos hipercolesterolémicos; en consecuencia pueden incrementar las concentraciones de lipoproteína de baja densidad LDL (low lipoprotein por sus siglas en inglés) en plasma por lo que pueden desencadenar diversos padecimientos de importancia cardiovascular en el consumidor.

Por su parte, Franco *et al.*, (2003) y Mallatou *et al.*, (2003), evaluaron el perfil de ácidos grasos (AG's) en el queso Babia-Laciana y Teleme, ambos elaborados con

leche pasteurizada de cabra, con la adición de cultivos iniciadores, cuajo sintético además de la inmersión del queso en una solución cloruro de sodio por más de 16 horas; se obtuvo una concentración de 4.9:4.6, 2.3:5.4 y 7.3:8.9 mg/100 g para el ácido láurico (C:12), mirístico (C:14) y palmítico (C:16) respectivamente. Pavia *et al.*, (2000), reportaron que la sal reduce e incluso llega a inhibir la actividad de la lipoproteína lipasa y en consecuencia afecta el proceso de lipólisis en el producto, lo que se ve reflejado en una baja concentración de ácidos grasos libres. En contraste Martín-Hernández y Juárez (1992), evaluaron los mismos compuestos, en queso fresco elaborado con leche de cabra pasteurizada, con la adición de cuajo natural; se encontró una concentración de 37.5, 50.7 y 135.4 mg/100 g para láurico, mirístico y palmítico, cifras muy superiores a las anteriores. Es importante mencionar que el cuajo natural, contiene una gran cantidad de esterasas, lo que pudo incrementar la concentración de ácidos grasos, debido a la intensa actividad lipolítica (Bonilla, 2005).

En ese mismo sentido, al enfatizar en los resultados de los ácidos grasos: láurico, mirístico y palmítico de los 4 tipos de quesos de la presente investigación, las concentraciones fueron superiores a las reportadas por Franco *et al.*, (2003) y Mallatou *et al.*, (2003). También resaltó el contenido del ácido láurico en los quesos PC y EC, donde se obtuvo 430 y 434 mg/100 g, datos superiores al encontrado por Bonilla (2005), con un valor máximo de 261 mg/100 g.

Por su parte Carpino *et al.*, (2004), sostienen que las concentraciones de ácidos grasos en queso de vacas alimentadas bajo pastoreo se vieron influenciadas de manera significativa por el sistema de alimentación, característica similar al actual estudio; donde se observa que los quesos PC y PP tuvieron una mayor concentración de referidos ácidos grasos; lo anterior es posible por la presencia de esterasas, lo que pudo incrementar la concentración de ácidos grasos, debido a la intensa actividad lipolítica presente en los quesos (Bonilla, 2005).

Por su parte Urbach (1990), señaló que la lipólisis en los quesos puede disminuir mediante la pasteurización, a parte del proceso de salado, siempre y cuando sea realizado a una temperatura menor o igual a 78°C, lo que provocó la disminución de ácidos grasos libres; aunque, el efecto antes mencionado no se exhibió en los quesos del presente estudio, ya que no existió evidencia estadística por efecto de la pasteurización en los valores de AG's.

En lo que se refiere a la presencia del ácido esteárico, la media obtenida para los quesos PP y PC fue de 1,230 y 1,296 mg/100 g respectivamente; los cuales fueron superiores a los mencionados por Carpino *et al.*, (2004), quienes reportaron 870 y 652 mg/100 g al comparar quesos de leche de vacas alimentadas en pastoreo y en estabulación, se observó que el sistema de manejo influyó sobre los niveles del compuesto.

Con referencia a los ácidos grasos monoinsaturados, en particular el ácido palmítico (16:1) alcanzó un valor máximo en PP de 113.6 mg/100 g y el mínimo fue para el queso EP con 95.8 mg/100 g, el último dato mostró semejanza a nivel estadístico con PC y EC ( $P < 0.05$ ), concentraciones superiores a las encontradas por Bonilla (2005), 35.7 mg/100 g y Kosikowski y Mistry (1997), 0.5 mg/100 g.

Para el caso del ácido oléico el queso PP, registró la mayor concentración (3,847 mg/100 g), siendo tres veces mayor al reportado por Bonilla (2005), con un valor máximo de 1,134 mg/100 g, la diferencia en la época de muestreo podrían explicar dicho fenómeno, debido a que existe una relación inversamente proporcional en la cantidad de leche producida y el contenido de sólidos totales. Park, (1999) y Banskalieva *et al.*, (2000), señalaron que el consumo de ácido esteárico (C18:0) disminuyen los niveles de colesterol en la sangre.

En el caso de los ácidos: eicosanoico y erúico, mostraron un valor máximo en los tratamientos de pastoreo: pasteurizado y crudo (15.4, 13.8 y 2.6, 2.7), mismos resultados fueron superiores a los promedios obtenidos por Bonilla (2005) bajo un

sistema de pastoreo y un sistema mixto (pastoreo-estabulado); la época de estiaje aunado al tipo de alimentación suplementada, pudieron ser las responsables de las variaciones.

En relación a los precursores de las familias *n*-6 y *n*-3; los ácidos poliinsaturados, en particular se observó que los niveles del ácido linoléico (LA) no le afectó el sistema de alimentación, contrario a lo que señalaron Zlatanov *et al.*, (2002) y Bonilla (2005). Por otra parte el ácido alfa-linolénico (ALA) presentó una concentración de 142 y 149 mg/100 g para los quesos PP y PC, superiores a EP y EC (111 y 110 mg/100 g), en consecuencia el sistema de alimentación tuvo un efecto significativo para ALA. Con respecto al ácido araquidónico (AA) producto final de la elongación del ácido linoléico se encontró que PP (34.7 mg/100 g) obtuvo la mayor concentración de los 4 tipos de quesos, misma cifra es superior al promedio obtenido por Bonilla (2005).

En cuanto a la máxima cantidad del ácido eicosapentaenoico (EPA) lo consiguió el tratamiento PP con 14.7 mg/100 g e influyó el sistema de alimentación. No obstante, el ácido cervónico (DHA) ostentó similitud a nivel estadístico en los quesos PC, EP y EC, a su vez fueron diferentes a PP; por lo tanto, se vio influenciado el DHA por el sistema de alimentación y la pasteurización de la leche. El EPA y DHA presentan funciones muy variadas, así como diversos efectos positivos sobre la salud del consumidor, disminuye la agregación plaquetaria, aumenta la permeabilidad y contractibilidad de los vasos sanguíneos, aparte de atenuar los procesos inflamatorios e incrementa la respuesta del sistema inmunológico (Castro, 2002).

Cuando una dieta contiene altos niveles de LA, bajos niveles de ALA y muy bajos de EPA y DHA, la conversión de LA a AA dentro del cuerpo compite con la conversión de ALA a EPA y a DHA, en consecuencia se genera un exceso relativo del AA y se produce mayor cantidad de prostaglandina 12 y 1 tromboxano A<sub>2</sub>, los cuales están relacionados con algunos desórdenes cardiovasculares y

condiciones inflamatorias. Debido a la competencia que existe para la síntesis de AA, EPA y DHA (Ronayne, 2000).

En este sentido Castro (2002) considera que la proporción óptima de ácidos grasos  $n-6:n-3$ , debe ser en torno a 5:1. Al comparar dicha sugerencia con los valores de los quesos estudiados se observa que tuvieron una relación promedio de 2.4, inferior (3.2:1) a lo propuesto por Bonilla (2005); en consecuencia fueron productos ricos en  $n-6$ , dentro de los márgenes sugeridos para la salud del consumidor Castro (2002).

A nivel mundial el consumo de grasa y colesterol se ha incrementado, en los últimos años por lo que se convirtió en un riesgo para la salud; debido a que aumenta el riesgo en enfermedades coronarias; es por eso que la Organización Mundial de la Salud, recomienda un consumo de 300 mg de colesterol al día, ingesta que no incrementa los niveles de colesterol en sangre, de hecho el consumo de quesos frescos no representa un riesgo en el incremento de los padecimientos antes referidos; los cuales están vinculados con otros trastornos como el tabaquismo, hipertensión, sedentarismo y obesidad entre otras (Bauchart, 1993).

En lo referente al colesterol Park (1999), analizó 15 variedades de quesos de cabra y encontró concentraciones de colesterol tan variadas desde 81, 125 hasta 146 mg/100 g para quesos: frescos, semiduros y duros; se observó que la mayor concentración de colesterol, lo presentaron las pastas más duras dicho en otras palabras, con menor cantidad de humedad. Un año más tarde el mismo autor, señaló que el queso natural posee 121 mg/100 g (Park, 2000); en el presente ensayo se obtuvieron concentraciones entre 90 y 94 mg/100 g de queso fresco; la cantidad de colesterol en el experimento fue baja cercana a los valores mínimos observados para el tipo de queso, datos semejantes a los obtenidos por Ulberth y Reich (1992), en queso emmental (89 mg/100 g). Aunque, las técnicas de valoración por colorimetría son menos precisas por lo que la comparación puede

ser diferente entre los quesos del presente ensayo y los reportados en otros trabajos (Park, 1999).

Por su parte Andrikopoulus *et al.*, (2003), hallaron un contenido de 68 mg/100 g de colesterol en los quesos frescos tipo Feta y Teleme, no obstante, el método y procesamiento del queso feta retiene menos materia seca por lo que tendría menos colesterol; asimismo, los niveles de colesterol del presente trabajo son valores bajos comparados con reportados por Bonilla (2005), quien obtuvo un promedio de 86 mg/100 g. Los mismos autores, señalaron que no existe una relación directamente proporcional entre el contenido de grasa y la cantidad de colesterol, se reportó que los quesos frescos Feta y Teleme exhiben una relación colesterol: grasa de 2.9 y 2.5. Al comparar los resultados antes mencionados con los obtenidos en el presente estudio, se observa una relación entre 3.7 y 4.6; es importante mencionar que el queso PC manifestó la menor relación. Por otra parte, los resultados de la actual investigación fueron menores a los publicados por Bonilla (2005), que encontró una relación de 6.0 a 6.6. Asimismo Andrikopoulus *et al.*, (2003), mencionaron que el contenido de grasa y colesterol pueden variar debido a diversos factores fisiológicos, que alteran la composición de la leche.

Con respecto a la concentración promedio total de aminoácidos fue de 12.5%, resultando semejante al conseguido por Bonilla (2005) que fue de 12.8%; pero inferior al ser comparado con Kosikowski y Mistry (1997), donde la concentración total fue de 16.7%. Sin embargo, al contrastar los valores de la presente investigación con lo obtenido por Franco *et al.*, (2003) quienes reportaron una media de 9.0%, se encontró que los datos del vigente estudio fueron superiores. Es posible que las variaciones que presentan los diversos autores deriven de productos que registraron un nivel reducido de proteína cruda; así como el tipo de sistema de producción del queso, aunado con las diferentes técnicas de determinación empleadas.

Kosikowski y Mistry (1997), reportaron una concentración promedio de 7.6% de aminoácidos indispensables, resultado similar a lo encontrado en el queso PP; a su vez el promedio general (6.9%) de aminoácidos indispensables fue superior de acuerdo a lo logrado por Gambelli *et al.*, (1999), que obtuvo 3.4% de referidos compuestos. En la presente investigación la leucina, lisina, valina y fenilalanina, alcanzaron concentraciones más altas en el perfil de aminoácidos indispensables.

En contraste la presencia de aminoácidos dispensables en los quesos estudiados proliferaron: en primer lugar la glutamina, seguido del ácido aspártico y prolina; mientras que Kosikowski y Mistry (1997), registró 9.2% de aminoácidos dispensables, dato que lo ubica por encima de los resultados aquí analizados. Cabe la posibilidad de que la diferencia se debió al nivel promedio de proteína, para los productos de la investigación fue de 15.2% valor bajo frente a lo registrado (18.5%) por los autores antes citados.

Por otro lado Franco *et al.*, (2003), reveló concentraciones de aminoácidos indispensables y dispensables de 3.4 y 5.6% respectivamente; valores inferiores a los encontrados en el presente estudio. Lo anterior demuestra un comportamiento variable en la calidad de los quesos frescos de leche de cabra con su perfil metabólico de aminoácidos, producto multifactorial en los que intervienen microorganismos que metabolizan nitrógeno, proteínas que son desnaturalizadas por efectos físicos como el calor, métodos de análisis y el mismo error humano al procesar las muestras.

De acuerdo con Franco *et al.*, (2003), la degradación de proteína en aminoácidos, se lleva a cabo por acción enzimática de las bacterias presentes en el queso (proteólisis). Donde, la leucina, valina, prolina y el ácido glutámico son los aminoácidos más abundantes, cuando lactobacilos y lactococos inducen la cuajada. Fenómeno que se presenta en la investigación, de acuerdo con el reporte del cuadro 22.

## IX. CONCLUSIÓN

En relación a los resultados obtenidos en este ensayo, se demuestra que la calidad de los quesos puede ser modificada por el sistema de alimentación, de manera particular se enfatiza en los alimentados por pastoreo que obtuvieron las mayores concentraciones en: lípidos y en el perfil de ácidos grasos.

Se puede decir que dentro de los análisis los quesos pastoreo-pasteurizado y estabulado-pasteurizado ofrecen beneficios ya que contienen la mayor concentración de aminoácidos indispensables y dispensables.

El colesterol no registró diferencia estadística en los quesos: pastoreo-pasteurizado, pastoreo- crudo, estabulado-pasteurizado y estabulado-crudo; por lo tanto, la alimentación de los animales no influyó en esta variable.

Los tratamientos pastoreo-pasteurizado y pastoreo-crudo mostraron mejores perfiles de ácidos grasos y revelaron la presencia de ácidos grasos *n*-3 y *n*-6 donde destacan los valores del ácido alfa-linolénico y araquidónico compuestos que reducen las enfermedades coronarias; mismos tratamientos de quesos manifestaron las mejores concentraciones de esteárico y oléico ambos hipocolesterolemicos; lo anterior le proporcionan características especiales al queso de leche de cabra, por lo que le confieren la categoría de alimento funcional.

Por otro parte, el tratamiento térmico no afectó el perfil nutrimental de los quesos estudiados.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnihotri, M. K. y Prasad, V. S. S. 1993, "Biochemistry and processing of goat milk and milk products", *Small Ruminant Research*, vol. 12, no. 2, pp. 151-170.
2. Akers, M. R. 2002, *Lactation and mammary gland*. Iowa (USA): Iowa State Press, pp. 54–56.
3. Andlauer, W. y Fürst, P. 2002, "Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook", *Food Research International*, vol. 35, no. 2, pp. 171-176.
4. Andrikopoulos, N. K., Kalogeropoulos, N., Zerva, U., Zerva, A., Hassapidou, M. y Kapoulas, V. M. 2003, "Evaluation of cholesterol and other nutrient parameters of Greek cheese varieties", *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 16, no. 2, pp. 155-167.
5. Anjaneyulu, A. S. R., Lakshmanan, V. y Kesava, R. V. 1985, "Status of meat and milk production from Indian goats", *Journal of Food Science and Technology*, vol. 22, no 2, pp. 151-160.
6. AOAC. 2003, Official Methods of Analysis, 23<sup>rd</sup> Edition. *Association of Official Analytical Chemists*. Washington, D. C.: USA.
7. Arbiza, S. I. y De Lucas, J. 2001, *La leche caprina y su producción*. México, Editores Mexicanos Unidos, S.A. México, vol 211, pp. 570-573.
8. Aro, A., Antoine, J. M., Pizzoferrato, L., Reykdal, O. y Van Poppel, G. 1998, "Transfatty acids in dairy and meat products from 14 European countries: the TRANSFAIR study", *Journal of food composition and Analysis*, vol. 11, no. 2, pp. 150-160.
9. Banskalieva, V., Sahlú, T. y Goetsch, A. L. 2000, "Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: A review", *Small Ruminant Research*, vol. 37, no.3, pp. 255-268.
10. Bauchart, D. 1993, "Lipid absorption and transport in ruminants", *Journal of Dairy Science*, vol. 76, no. 12, pp. 3864-3881.
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. México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 98 pp.

12. Boyazoglu, J. 2001, "Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review", *Small Ruminant Research*, vol. 40, no. 1, pp. 1-11.
13. Bruhn, C. J. y Davis U. C. 2004, "Airy goat milk composition", *Dairy goat composition source*. [En Línea] disponible en:  
<http://www.goatworld.com/articles/goatmilk/goatmilkcomposition.shtml>  
[Accesado 19 de enero de 2015]
14. Buffa, M. N. Trujillo, A. J., Pavia, M. y Guamis, B. 2001, "Changes in textural, microstructural, and color characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goat's milk", *International Dairy Journal*, vol. 11, no 11, pp. 927-934.
15. Byers, F. M., Schelling, G. T., y CHURCH, D. 1993, Los lípidos en la nutrición de los rumiantes. *El ruminante fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Acribia, pp. 339-356.
16. S/A, Calorimetría. 1990, *Manual de operación de la bomba de combustión con oxígeno Parr*, modelo 1108, 30 pp.
17. 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 of Dairy Science*, vol. 87, no. 4, pp. 816-830.
18. Castro, G. M. 2002, "Ácidos grasos  $\omega$ 3: beneficios y fuentes", *Interciencia* vol. 27, pp. 128-136.
19. Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J. y Lamberet, G. 2003, "A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis", *Journal of Dairy Science*, vol. 86, no. 5, pp. 1751.
20. Chin, B. K., Washington, C y Park, W. Y. 1991, "Cholesterol concentrations in commercial goats milk cheeses of domestic and foreign imported origins", 86<sup>th</sup> Annual Meeting of American Dairy Science Association, 12-15 August 1995, Logan, Utha USA. *Journal Dairy Science*, vol. 74, no. 1, pp. 89.
21. Chow, C. 2008, *Fatty acids in foods and their health implications*, 3d ed, Ringgold Inc, Portland, 1045 pp.

22. Cole, D. J. A y Van Lunen, T. A. 1994, Ideal Amino Acid Patterns. En: D'Mello editor. *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. 2ª. ed. United Kingdom: CAB International. Reino Unido, 418 pp.
23. Blanco, E. S., Treviño, J. S., Gómez, M., Ochoa, J. A., Martínez, J. L., y Enríquez, I. D. 1978, Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. *Chihuahua, México*.
24. Cuchillo, H. M, Puga. D. C., Galina, M. A., Pérez-Gil, F., Montaña, B. S. y Navarro-Ocaña, A. 2005a, "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 y IV congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito*. Tampico, Tamaulipas, México, 26 al 28 de Octubre 2005, pp. 586-587.
25. Cuchillo, H. M., Puga. D. C., Galina, M. A., Pérez-Gil, F., Montaña-Benavides, S., y Castillo-Domínguez, R. 2005b, "El queso fresco de leche de cabra como alimento funcional", *V Congreso del Noroeste y I Congreso Nacional en Ciencias Alimentarias y Biotecnología*, Hermosillo, Sonora. México 7–12 de Noviembre 2005, pp.1620-1632.
26. Cuchillo, M., Puga, C., Galina, M. A., Pérez-Gil, F., Montaña, S. y Navarro, A. 2006, "Effect of grazing on development goat's soft cheese, as functional Food", *13<sup>TH</sup> World congress of Food Science and Technology*. Food is live. Nantes, Francia, 17-21 de Septiembre del 2006.
27. Delgadillo, P. C. 1998, *Mejoramiento de un sistema de alimentación parcialmente biosostenible en cabras bajo pastoreo racional tecnificado móvil*. Tesis de maestría. Colima (México), Universidad de Colima, 174 pp.
28. Dubeuf, J. P., Morand-Fehr, P. y Rubino, R. 2004, "Situation, changes and future of goat industry around the world", *Small Ruminant Research*, vol. 51, no. 2, pp. 165-173.
29. Elliott, J. M., de Haan, B. y Parkin, K. L. 1989, "An Improved Liquid Chromatographic Method for the Quantitative Determination of Free Fatty Acids in Milk Products", *Journal of dairy science*, vol. 72, no. 10, pp. 2478-2482.

30. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). 2014, *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database* (FAOSTAT). [En Línea]. disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QP/S> [Accesado el 11 de junio de 2014]
31. Fedele, V., Claps, S., Rubino, R., Calandrelli, M. y Pilla, A. M. 2002, "Effect of free-choice and traditional feeding systems on goat feeding behaviour and intake", *Livestock Production Science*, vol. 74, no. 1, pp. 19-31.
32. Fenton, M. y Sim, J. S. 1991, "Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography", *Journal of Chromatography A*, vol. 540, pp. 323-329.
33. Flath, R. A., Mon, T. R., Lorenz, G., Whitten, C. J. y Mackley, J. W. 1983, "Volatile components of *Acacia sp. Blossoms*", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 31, no. 6, pp. 1167-1170.
34. Folch, J., Lees, M. y Sloane Stanley, G. H. 1957, "A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues", *The Journal of biological chemistry*, vol. 226, no. 1, pp. 497.
35. Franco, I., Prieto, B., Bernardo, A., González Prieto, J. y Carballo, J. 2003, "Biochemical changes throughout the ripening of a traditional Spanish goat cheese variety (Babia-Laciana)", *International Dairy Journal*, vol. 13, no. 2, pp. 221-230.
36. Galina, M. A., Puga, D. C., Hernández, A. y Haenlein, G. F. W. 1998, "Biodiverse and biosustainable production system with goats in Mexico: importance of a forage bank", *Small Ruminant Research*, vol. 27, no. 1, pp. 19-23.
37. Galina, M. A., Guerrero, M., Serrano, G., Morales, R. y Haenlein, G. F. W. 2000, "Effect of complex catalytic supplementation with non-protein nitrogen on the ruminal ecosystem of growing goats pasturing on shrub land in Mexico", *Small Ruminant Research*, vol. 36, no. 1, pp. 33-42.
38. Galina, M. A. 2002a, Los productores de queso de cabra en México. Fortalezas y Debilidades. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. 2002 Septiembre 30 al 2 de Octubre; Querétaro (Qro) México. México (Qro): International Goat Association y Unión Regional Ganadera.

39. Galina, M. A. 2002b, Problemas claves para el desarrollo de la caprinocultura en México. Propuestas Tecnológicas de Mejoramiento a los sistemas de producción. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. 2002 Septiembre 30 al 2 de Octubre; Querétaro (Qro) México. México (Qro): International Goat Association y Unión Regional Ganadera.
40. Gambelli, L., Manzi, P., Panfili, G., Vivanti, V. y Pizzoferrato, L. 1999, "Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialised in Italy", *Food Chemistry*, vol. 66, no. 3, pp. 353-358.
41. García, E. 1988, "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen". México, Universidad Nacional Autónoma de México, 221 pp.
42. Gervilla, R. 2001, *Estudio de los tratamientos por alta presión hidrostática en la leche de oveja*. Tesis de doctorado, España, Departamento de Ciencia Animal de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona, 55 pp.
43. Gibson, G., Heber, D., Meydani, S., Postaire, E. y Sanders, M. E. 2000, Functional dairy products. *Nutrition and Health Collection*. Montrouge: John Libbey Eurotext, 44 pp.
44. González, M. 2002, "Tecnología para la elaboración de queso blanco, amarillo y yogurt", *Trabajo de investigación*, [En Línea]. República de Panamá, disponible en:  
[http://www.argenbio.org/doc/tecnologia para la elaboracion de queso.pdf](http://www.argenbio.org/doc/tecnologia_para_la_elaboracion_de_queso.pdf) [Accesado 25 de enero de 2015]
45. Guevara, A. E. y Torres G. A. 1993, *Utilización de ácidos grasos saponificados en la alimentación de borregas en el último tercio de la gestación*. Tesis de maestría. México, Universidad Nacional Autónoma de México.
46. Haenlein, G. F. W. 1992, "Chevres for gourmet", *Goat handbook*. [En Línea]. USA, disponible en:  
[http://outlands.tripod.com/farm/national\\_goat\\_handbook.pdf](http://outlands.tripod.com/farm/national_goat_handbook.pdf) [Accesado 25 de enero de 2015]
47. Haenlein, G. F. W. 1996a, "Nutritional value of dairy products of ewe and goats milk". En proceeding of the IDF/CIRVAL seminar production

- and utilization of ewe and goat milk. Vol. 9603, Grecia Ed. *International Dairy Federation special issue*, no 3, pp. 159-178.
48. Haenlein, G. F. 1996, "Status and prospects of the dairy goat industry in the United States", *Journal of animal science*, vol. 74, no. 5, pp. 1173-1181.
  49. Haenlein, G. F. W. 2001, "Past, Present, and Future Perspectives of Small Ruminant Dairy Research", *Journal of dairy science*, vol. 84, no. 9, pp. 2097-2115.
  50. Haenlein, G. F. W. 2004, "Goat milk in human nutrition". *Small Ruminant Research*, vol. 51, no. 2, pp. 155-163.
  51. Hasler, C. M. 1998, "Functional foods: their role in disease prevention and health promotion". *Food technology-champaign then Chicago*, vol. 52, pp. 63-147.
  52. Hatziminaoglou, Y. y Boyazoglu, J. 2004, "The goat in ancient civilisations: from the Fertile Crescent to the Aegean Sea", *Small Ruminant Research*, vol. 51, no. 2, pp. 123-129.
  53. Jandal, J. M. 1996, "Comparative aspects of goat and sheep milk", *Small Ruminant Research*, vol. 22, no. 2, pp. 177-185.
  54. Jenkins, T. C. 1993, "Lipid Metabolism in the Rumen", *Journal of dairy science*, vol. 76, no. 12, pp. 3851-3863.
  55. Juárez, L. A. 1973, La ganadería caprina como factor de desarrollo en las zonas áridas. El desarrollo de las zonas áridas. Reunión Continental sobre la ciencia y el hombre, Simposio especializado Número 24. México, D.F.
  56. Juárez, L. A. y Peraza, C. 1981, Systèmes d'alimentation en élevages caprin semintensif, intensif et extensive au Mexique. Nutrition et systèmes d'alimentation de la chèvre. Symposium International; Tours Francia. Francia (Tours): *Institut National de la Recherche Agronomique (ITOVIC-INRA)*, pp. 467-477.
  57. Kim Ha, J. y Lindsay, R. C. 1990, "Method for the Quantitative Analysis of Volatile Free and Total Branched-Chain Fatty Acids in Cheese and Milk Fat", *Journal of dairy science*, vol. 73, no. 8, pp. 1988-1999.

58. Kosikowski, F. V. y Mistry, V. V. 1997, Cheese and fermented milk foods. Volumen I: Origins and principles. Edi. Edwards Brothers, INC, USA, 728 pp.
59. Kruger, C. L. y Mann, S. W. 2003, "Safety evaluation of functional ingredients", *Food and Chemical Toxicology*, vol. 41, no. 6, pp. 793-805.
60. Lebbie, S. H. B. 2004, "Goats under household conditions", *Small Ruminant Research*, vol. 51, no. 2, pp. 131-136.
61. Lehninger, A. L. 1995, Bioquímica. 2ª ed. España, Edi. Omega, 1117 pp.
62. Lobb, K., y Chow, C. K. 1999, Fatty acid classification and nomenclature. *Fatty acids in foods and their health implications*, vol. 3, pp. 3-5.
63. Madrid, V. A. 1996. Curso industrias lácteas. Ed. AMV. Madrid, 604 pp.
64. Mallatou, H., Pappa, E., y Massouras, T., 2003, "Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewe's, goat's, cow's or a mixture of ewe's and goat's milk", *International Dairy Journal*, vol. 13, no. 2, 211-219.
65. Maree, H. P. 1978, "Goat milk production and it use as a Hypo-allergenic infant food". *Dairy Goat Journal*. [En Línea]: Feb, 2003 disponible en:  
[http://goatconnection.com/articles/publish/article\\_152.shtml](http://goatconnection.com/articles/publish/article_152.shtml) [Accesado el 11 de junio de 2014]
66. Marrilley, L. y Casey, M. G. 2004, "Flavour of cheese products: Metabolic pathway, and analytical tools and identification of producing strains", *International Journal of Food Microbiology*, vol. 90, no. 2, 139-159.
67. Martín-Hernández, M. C., Juárez, M. y Ramos, M. 1992, "Biochemical Characteristics of Three Types of Goat Cheese", *Journal of dairy science*, vol. 75, no. 7, pp. 1747-1752.
68. Mariane, L. 1998, La dieta como determinante del desarrollo del sistema nervioso central: Rol de los ácidos grasos esenciales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, vol. 48, pp. 29-33.
69. Mataix, J., Gil A. 2004, Libro blanco de los omega-3. Editorial médica panamericana, España, vol. 10, pp. 15-18.

70. Matthews, J. C. 2000, "Amino acid and peptide transport systems". En: D'Mello editor. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*, pp.3-23.
71. Mc Donald, P., Edwards R. A. y Greenhalgh, J. F. D. 1995, *Animal Nutrition*. 5ª. Ed. Londres. Oliver and Boyd Edinburgh, (Harlow, Longman Scientific and Technical), 533 pp.
72. Medina, M. y Núñez, M. 2004, "Cheeses made from Ewes' and goats' milk". En: Fox F P, McSweeney L H P, Coga M T and Guinee P T editors. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Major Cheeses Groups*, London, *Elsevier Academic Press*, vol. 2, pp 279-299.
73. Mir, Z., Goonewardene, L. A., Okine, E., Jaegar, S. y Scheer, H. D. 1999, "Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk", *Small Ruminant Research*, vol. 33, no. 2, pp. 137-143.
74. Morales, A. R., Galina, M. A., Jimenez, S. y Haenlein, G. F. W. 2000, "Improvement of biosustainability of a goat feeding system with key supplementation", *Small Ruminant Research*, vol. 35, no. 2, pp. 97-105.
75. Morales, L. J., Babinsky, V., Bourges, R. H. y Camacho, P. M. 2000, *Tablas de composición de alimentos mexicanos*. México, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", 237 pp.
76. Morand-Fehr, P. y Sauvant, D. 1990, Alimentación en los caprinos: En Jarrige R editor. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, pp. 253-273.
77. Morand-Fehr, P., Boutonnet, J. P., Devendra, C., Dubeuf, J. P., Haenlein, G. F. W., Holst, P., Mowlem, L. y Capote, J. 2004, "Strategy for goat farming in the 21st century", *Small Ruminant Research*, vol. 51, no. 2, pp. 175-183.
78. Muñoz, C. M., Ledesma, S. J. A., Chávez, V. A., Pérez-Gil, R. F., Mendoza, M. E., Castañeda, L. J., Calvo, C. C., Castro, G. I., Sánchez, C. C., Ávila, C. A. 2002. *Los alimentos y sus nutrientes. Tablas de valor nutritivo de alimentos*. México, edición Internacional, ed. Mc Graw Hill, 203 pp.
79. Muñoz-Rivera, M. y Reyes, B. A. 2004, Los alimentos funcionales: Importancia para la industria y el consumidor. *Industria Alimentaria*, vol. 23, no. 3: Mayo-Junio.

80. "Norma oficial mexicana, leche-denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, NOM-155-SCFI-2012", *Diario Oficial de la Federación* [En Línea] México. Secretaría Comercio y fomento Industrial disponible en:  
<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>  
[Accesado el 28 de agosto de 2015]
81. "Norma oficial mexicana, productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba, NOM-243-SSA1-2010". *Diario Oficial de la Federación* [En Línea] México. Secretaría de Salud:, disponible en:  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5160755&fecha=27/09/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5160755&fecha=27/09/2010)  
[Accesado el 28 de agosto de 2015]
82. O'Connor, D. L. 1994, "Folate in goat milk products with reference to other vitamins and minerals: A review", *Small Ruminant Research*, vol. 14, no. 2, pp. 143-149.
83. Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D. y Barbano, D. M. 1993, "Milk fat synthesis and modification", *Journal Dairy Science*, vol. 76, pp.1753-1771.
84. Park, Y. W., Mahoney, A. W. y Hendricks, D. G. 1986, "Bioavailability of Iron in Goat Milk Compared with Cow Milk Fed to Anemic Rats", *Journal of dairy science*, vol. 69, no. 10, pp. 2608-2615.
85. Park, W. Y. 1990, "Nutrient profiles of commercial goat milk cheeses manufactured in the Unites States", *Journal. Dairy Science* vol. 73, no 11, pp. 3059-3067.
86. Park, Y. W. 1992, "Comparison of buffering components in goat and cow milk", *Small Ruminant Research*, vol. 8, no. 1, pp. 75-81.
87. Park, Y. W. 1994, "Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk", *Small Ruminant Research*, vol. 14, no. 2, pp. 151-159.
88. Park, W. Y. 1999, "Cholesterol contents of U. S. and imported goat milk cheeses as quantified by different colorimetric methods", *Small Ruminant Research*, vol. 32, no 1, pp. 77-82.

89. Park, Y. W. 2000, "Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA", *Small Ruminant Research*, vol. 37, no. 1, pp. 115-124.
90. Parodi, P. W. 1999, "Conjugated Linoleic Acid and Other Anticarcinogenic Agents of Bovine Milk Fat", *Journal of dairy science*, vol. 82, no. 6, pp. 1339-1349.
91. Pavia, M., Trujillo, A. J., Sendra, E., Guamis, B. y Ferragut, V. 2000, "Free fatty acid content of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation", *International Dairy Journal*, vol. 10, no. 8, pp. 563-568.
92. Posati, O. L. y Orr, L. M. 1976, Composition of foods: dairy and egg products, Raw-Processed-Prepared. United States Department of Agriculture-Agriculture Research Service, Consumer and Economics Institute Agriculture Handbook, No. 8-1, Washington, pp. 106-107.
93. Puga, D. C. y Galina, M. A. 2003, Relación entre la calidad del queso de cabra y el sistema de alimentación. XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición. Noviembre 9 al 13; Acapulco (Gro) México. México (Gro): Sociedad Latinoamericana de Nutrición, 207.
94. Puga, D. C. y Galina, M. A. 2003. Relación entre la calidad del queso de cabra y el sistema de alimentación. XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición. Noviembre 9 al 13 de 2003; Acapulco (Gro) México, Sociedad Latinoamericana de Nutrición.
95. Puga, C., Tuz-Dzib, F., Martín del Campo, L. Y., Galina, M. A., Pérez-Gil, F., Ruiz-Palacios, G. M. y Reyes, G. L. A. 2005, Efecto de la refrigeración y el tiempo de almacenaje sobre la microflora natural y patógena del queso suave de leche de cabra. Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria. Monterrey, N. L. México. 12 al 14 de Octubre de 2005.
96. Ramirez, R. G. 1999, "Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions", *Small Ruminant Research*, vol. 34, no. 3, pp. 215-230.
97. Ramirez, R. G., Haenlein, G. F. W. y Núñez-González, M. A. 2001, "Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern Mexico", *Small Ruminant Research*, vol. 39, no. 2, pp. 153-159.

98. Ramirez, R. G., Haenlein, G. F. W., Garcia-Castillo, C. G. y Núñez-González, M. A. 2004, "Protein, lignin and mineral contents and in situ dry matter digestibility of native Mexican grasses consumed by range goats", *Small Ruminant Research*, vol. 52, no. 3, pp. 261-269.
99. Roach, J. O. y Benyon, S. 2004. *Lo esencial en metabolismo y nutrición*. USA: ELSEVIER, 263 pp.
100. Roberfroid, M. B. 2000, "Concepts and strategy of functional food science: the European perspective", *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 71, no. 6 Suppl, pp. 1660S.-1664S.
101. Ronayne, F. P. 2000, *Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante*. Arch. Argentina. Pediátrico, vol. 98, no. 4, pp. 231-238.
102. 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*, vol. 34, no. 3, pp. 289-302.
103. Rubino, R. 2002. Producción de quesos artesanales en relación a la calidad de la leche. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. 2002 Septiembre 30 al 2 de Octubre; Querétaro (Qro) México. México (Qro): International Goat Association y Unión Regional Ganadera.
104. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2014. *Servicio de información Agroalimentaria y Pesca (SIAP)*. Dirección de integración de información estadística [En Línea]. México, disponible en: [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/caprino.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/caprino.pdf) [Accesado el 16 de junio de 2014]
105. Saini, A. L. y Gill, R. S. 1991, "Goat milk: An attractive alternate", *Indian Dairyman*, vol. 42, pp. 562-564.
106. SAS. Institute Inc. Statistical Analysis System. 2004. User's Guide: Statistics. Version 9.0. Edition. Cary, North Carolina, USA.
107. 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*, vol. 4, no. 1, pp. 47-60.

108. Soryal, K. A., Zeng, S. S., Min, B. R. y Hart, S. P. 2004, "Effect of feeding treatments and lactation stages on composition and organoleptic quality of goat milk Domiati cheese", *Small Ruminant Research*, vol. 52, no. 1, pp. 109-116.
109. Thomas, P. R. y Earl, R. (Eds.). 1994. Committee on opportunities in the nutrition and food sciences. Enhancing the food supply. Opportunities in the Nutrition and Food Sciences. Research Challenges and the Next Generation of Investigators. Washington, DC: National Academy Press. pp. 98–142.
110. USDA, 2014. "Department of Agriculture, Agricultural Research Service". USDA *Nutrient Database for Standard Reference*. Release 13. [En Línea]. USA, disponible en: [http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/12354500/Data/SR26/sr26\\_doc.pdf](http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/12354500/Data/SR26/sr26_doc.pdf) [Accesado el 16 de junio de 2014]
111. Ulberth, F. y Reich, H. 1992, "Gas chromatographic determination of cholesterol in processed foods", *Food Chemistry*, vol. 43, no 5, pp. 387-391.
112. Urbach, G. 1990. "Effect of feed on flavor in dairy foods", *Journal. Dairy Science*, vol. 73, no. 12 pp.3639-3650.
113. Verhagen, H., Coolen, S., Duchateau, G., Hamer, M., Kyle, J., y Rechner, A. 2004. Assessment of the efficacy of functional food ingredients-introducing the concept "kinetics of biomarkers", *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, vol. 551, no 1, pp. 65-78.
114. Voet, D., Voet, J. G y Geis, I. 2005. Bioquímica. Ediciones Omega. España, 1731 pp.
115. Waters. 1993. Manual de Waters Acc-QTAG, No. WATO52874, USA.
116. Weststrate, J. A., van Poppel, G. y Verschuren, P. M. 2002, "Functional foods, trends and future", *British Journal of Nutrition*, vol. 88, no. S2, pp. S233-S235.
117. Wildman R. E. C. 2001. Handbook of nutraceuticals and functional foods. CRC Series in Modern Nutrition. CRC Press, USA. 542 pp.

118. Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C. y Sagredos, A. 2002, "CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses", *Food Chemistry*, vol. 78, no. 4, pp. 471-477.

## XI. ANEXOS

### ANEXO 1. Aspectos comerciales de los quesos de leche de cabra manufacturados en México.

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
A su gusto	Leche pasteurizada de cabra, fermentos lácticos, sal yodada y sabores naturales.	Juventino Rosas, Guanajuato	Los chiveros	Sainte-Maure	200	SD
Beee Original	Leche pasteurizada de cabra, cuajo, sal y cloruro de calcio.	Monterrey, Nuevo Leon	SD	Sainte-Maure	150	334
Bon Rennés	Producto elaborado a partir de leche entera pasteurizada, cuajo animal, cultivo láctico y sal.	Atotonilco, Jalisco	Rancho el Chapingo	Sainte-Maure	250	263
				Feta (forma discoidal)	250	305.5
Cabrero	Elaborado con leche pasteurizada de cabra, cloruro de calcio, sal y cuajo. Presentación cuadrada, envase thermoformado al vacio.	Linares, Nuevo León	Caprico	Panela	400	175.5
Carol	Elaborado de leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio y cuajo. Producto untable, madurado artesanalmente.	El Marques, Querétaro	Carol	Sainte-Maure	250, 280	300
				Manchego	250 madurado	SD
				Sainte-Maure	260 madurado	SD
				Camembert	260	SD
				Brie	260	265

<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Lugar de origen</b>	<b>Distribuidor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Presentación (g)</b>	<b>\$/kg (MXN)</b>
Castellvell	Producto elaborado a partir de leche entera pasteurizada de cabra, cultivos lácteos y sal. Empacado al alto vacío.	Guanajuato	Simantov Maissy	Sainte-Maure	400	228.5
				Feta (forma de tabique)	400	SD
Castizo	Elaborado de leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio y cuajo.	Carretera México-Querétaro	Carol	Curado	500	SD
Chateau Blanc	Elaborado de leche entera de cabra pasteurizada, emplea fermentos lácticos, cloruro de calcio y cuajo. Producto con forma de rollo alargado.	México	SD	Sainte-Maure	200	238
Chilchota	Leche pasteurizada de cabra, cultivos lácteos, cloruro de calcio y sal. Empacada al alto vacío.	Gómez Palacio, Durango	La texana	Manchego	400	118
				Port salut	650	208.5
Queso Caprina	Producto en rollo, elaborado a partir de leche de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, cuajo y sal.	Atotonilco, Jalisco	Caprina	Sainte-Maure	250	245.5
Diane	Elaborado de leche de cabra parcialmente descremada y pasteurizada, cuajo y sal.	Jorge Miranda H.	SD	Sainte-Maure	135	250.5

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
Didian	Producto elaborado con leche entera pasteurizada de cabra, cuajo, sal y condimentos naturales.	Pénjamo, Guanajuato	SD	Feta	200	300
El Queso de Cabra	Producto elaborado a partir de leche de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, cuajo y sal.	León, Guanajuato	Eurolac	Sainte-Maure	230	283.5
Flaveur	Producto untable, elaborado con leche entera pasteurizada de cabra, sal yodada, sorbato de potasio y propionato de sodio (para mantener su frescura), cloruro de clacio, cultivos lácticos, <i>Lactobacillus casei</i> y cuajo.	El Marques, Querétaro	InterDeli	Feta	140	217
	Producto elaborado con leche reducida en grasa pasteurizada de cabra, sal yodada, cloruro de calcio y cuajo. Empaquetado al alto vacío.			Panela	150	232.5
	Elaborado con leche de cabra y vaca, suave, semiduro. Empacado al alto vacío.			Semiduro	100	325

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
Gaisber: elaborado con leche entera de cabra, cuajo, cloruro de calcio, cultivos lácteos, sal	Queso suave de corteza que se forma a partir del desarrollo de un hongo blanco. Envuelto en papel especial para la proliferación del hongo.	San Martin Texmelucan, Puebla	Gaisber	Brie	125,150,165 y 100	333
	Queso de pasta blanda, homogénea, corteza de un hongo blanco, sabor fuerte, alcanza su maduración plena a 60 días. Empacado en papel especial para la proliferación del hongo y caja madera bambú.			Camembert	125, 160 y 250	470
	Leche de vaca, oveja y cabra queso fresco untable en los sabores: natural y con hierbas. Envasado en vacío y forma rollos.			Bousin	300 y 400	267
	Queso suave de origen alemán, madurado con una bacteria roja. Sabor fuerte.			Romaduí	100	710

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
Gaisber:	Queso prensado madurado de consistencia semidura, de origen suizo. Queso ideal para botana y raclette.	San Martin Texmelucan, Puebla	Gaisber	Mutschli	250	SD
	Queso fresco de leche de cabra, semi-prensado tipo panela.			Málaga	250	SD
	Queso macizo conservado en salmuera a partir de su elaboración. Empacado al vacío.			Feta	200 y 400	SD
Gourmand Artesanal	Elaborado de leche de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, cloruro de calcio, cuajo y sal.	Guadalajara, Jalisco	Marcial. P.	Sainte-Maure	260	SD
Joya de Lobos	Producto elaborado con leche entera pasteurizada de cabra, cuajo y sal.	Joya de Lobos, Guanajuato	SD	Feta	200	SD
L'affinage	Elaborado de leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio y cuajo.	Carretera México-Querétaro	Carol	Feta	200	SD
				Sainte-Maure	200	SD

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
La biquette	Leche de cabra, fermentos lácticos, cuajo, sal y sabores naturales. Forma cilíndrica.	Tequisquiapan, Querétaro	Isabel Estévez Denaives	Sainte-Maure	100, 150	670
La Cabrita	Elaborado con leche orgánica pasteurizada de cabra, sal, enzimas y cultivos.	Chignahuapan, Puebla	SD	Sainte-Maure	150	SD
La grande Chèvre	Elaborado con leche entera pasteurizada de cabra, cuajo, fermentos lácteos, sal y condimentos naturales.	El Marques, Querétaro	SD	Feta	200	290
La Manchuela	Leche de cabra, cuajo y sal.	Carretera Federal Puebla-Teziutlán	La Manchuela	Feta	200	SD
La Parroquia de Xico	Producto en rollo, elaborado con leche entera de cabra pasteurizada, cultivo lácteo, cuajo y sal común.	Xico, Veracruz	Xico	Sainte-Maure	180	209

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
La serpiente	Leche entera pasteurizada de cabra, fermentos lácteos, cuajo, sal y diversos ingredientes.	El Marqués, Querataro	Carlos Peraza	Feta y Saint Maure	SD	SD
La Texana	Alimento elaborado a partir de leche de cabra, fermentos lácteos, cuajo y sal. Forma de rollo empacado al vacío.	México, D.F.	La texana	Sainte-Maure	260	132
Laclette	Elaborado de leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio y cuajo. Queso en forma de rollo, empacado al vacío. Empaque de caja de cartón.			Sainte-Maure	150 y 200	270
	Queso en forma de disco. Empaque al alto vacío y estuche de cartón.	Carretera México-Querétaro	Carol	Brie Feta Gourmet	160, 240 200	294
Le fromage	Elaborado con leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio, cuajo y condimentos.			Brie	260 y 500	SD
				Sainte-Maure	260 y 500	SD
Le savoir	Elaborado con leche de cabra, fermentos lácteos, sal, cloruro de calcio y cuajo.			Feta	300, 500, 1000	SD

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
Lanzarote	Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, sal y cuajo. Queso en forma de disco.	Malinalco, Estado de México	Algil/Esmeralda	Feta	200	250
	Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, cultivos lácticos, sal y cuajo, con forma de rollo, hay de varios sabores.			Sainte-Maure	200	250
LeBlanc	Elaborado a partir de leche entera pasteurizada de cabra, sal, cultivos lácticos, cloruro de calcio, cuajo y natamicina como conservador.	Xalapa, Veracruz	Yesenia Prieto Carnero	Sainte-Maure	200	264
Lugarma	Producto elaborado con leche entera pasteurizada de cabra, cuajo y sal.	Lagunillas, Guanajuato	SD	Feta	200	SD
Mikonos light	Producto untable alimento elaborado a partir de leche entera pasteurizada de cabra, cuajo, cultivos lácticos y sal. Empacado al alto vacío.	Guanajuato	Pic-Nic Delicatessen	Sainte-Maure	150	225.5

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
Montchevere	Producto fino elaborado a partir de leche pasteurizada de cabra, emplea cultivos lácticos, cloruro de calcio, cuajo y sal. Queso en forma de rollo, empacado al vacío.	Linares, Nuevo León	Caprico	Sainte-Maure	250 y 400	200.5
Notre Dame	Elaborado con leche pasteurizada 100% de cabra, fermentos lácteos y sal yodatada. Queso en forma de rollo.	México, D.F.	Delipasta	Sainte-Maure	200	169
Oly	Leche pasteurizada de cabra, cuajo, sal y cloruro de calcio.	Apaseo el Grande, Guanajuato	Productos alimenticios Oly	Sainte-Maure	200, 250 y 400	SD
Productos Caprinos y Ovinos Ricardi	Leche de cabra, cuajo, sal. Forma cilíndrica.	San Juan Chilateca, Oaxaca	Lourdes Carmina Ricardi de la Cruz	Sainte-Maure	200	SD
Qapra	Leche pasteurizada de cabra, cultivos lácticos, sal y condimentos. Queso al vino tinto.	Querétaro	Productos UAQ	SD	1000	550

Marca	Descripción	Lugar de origen	Distribuidor	Tipo	Presentación (g)	\$/kg (MXN)
QuesArt	Elaborado con leche entera pasteurizada de cabra, cultivos lácticos, cuajo, sal yodada y cloruro de calcio.	Atotonilco el Alto Jalisco	Salvador González	Feta	200 y 250	280
				Feta en aceite	150	SD
				Formagini	100	SD
				Manchego	250, 500, 4500	SD
				Camembert	100, 250	240
				Pavé	100, 250	SD
				Rollo	250	224
				Saint Maure	100, 500	SD
				Tomme	250, 500, 4000	SD
Brie	250	240				
Queso Sierra	Leche pasteurizada de cabra, cultivos lácteos, cloruro de calcio, sal y con jalapeño. Empacado al alto vacío.	Gómez Palacio, Durango	Chilchota	Sainte-Maure	1000	105
Quesos Chaurand	Leche fresca de cabra, cuajo animal y sal. Forma de pirámide.	Celaya, Guanajuato	Javier Chaurand	Sainte-Maure	200	SD

<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Lugar de origen</b>	<b>Distribuidor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Presentación (g)</b>	<b>\$/kg (MXN)</b>
Rancho Vistalegre	Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, emplea fermentos lácticos, cloruro de calcio y cuajo; forma de disco y empacado al alta vacío.	Malinalco.	Algil/Esmeralda	Feta	220	236
		Estado de México		Sainte-Maure	200	250
Remo	Elaborados con leche pura pasteurizada de cabra, adicionada con cultivos lácticos.	San Miguel de Allende, Guanajuato	Remo's	Feta	200	140
Romandie	Leche entera pasteurizada de cabra, cultivos lácticos, cuajo y sal. Producto untable, empacado al alto vacío.	León, Guanajuato	Eurolac	Sainte-Maure	200 y 250	264
Santo Madero	Leche pasteurizada de cabra, cultivos lácteos, cloruro de calcio y sal. Empacado al alto vacío.	Parras, Coahuila	Santo Madero	Feta	160	SD
				Manchego	300	SD
Sello de Oro	Leche pasteurizada de cabra, cultivos lácteos, cloruro de calcio y sal. Empacado al alto vacío.	Gómez Palacio, Durango	Chilchota	Panela	1000	94

<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Lugar de origen</b>	<b>Distribuidor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Presentación (g)</b>	<b>\$/kg (MXN)</b>
Serré	Leche pasteurizada de cabra, cultivos lácticos, cloruro de calcio, cuajo y sal; untable; forma cilíndrica y empacado al alto vacío.	Linares, Nuevo León	Caprico	Sainte-Maure	1110	SD
Sierra encantada	Leche pasteurizada de cabra, cultivos lácticos, sal y condimentos.	Huitzilac, Morelos	Javier Gutierrez Molotla	SD	200 y 250	350

**ANEXO 2.** Marcas de quesos de leche de cabra manufacturados en México.

<b>Marca</b>	<b>Lugar de origen</b>
Petra	Tenancingo Estado de México
Las lajas	Veracruz
Los chiveros	Juventino Rosas, Guanajuato
LIA	Juventino Rosas, Guanajuato
Crotte	Apaseo el Grande, Guanajuato
El peñón	Apaseo el Grande, Guanajuato
Chevre D'or	Celaya, Guanajuato
El huarachito	Salamanca, Guanajuato
Quesos Yebra	Salamanca, Guanajuato
Amaltea	Irapuato, Guanajuato
Noria de Camarena	Irapuato, Guanajuato
Capricultores del Moral	Guanajuato
Sanly	Penjamo, Guanajuato
Oblea	Penjamo, Guanajuato
Casieri Lattie	Penjamo, Guanajuato
Flores de tacuba	Penjamo, Guanajuato
D'Cabra	San F. del Rincon, Guanajuato
Villalpando	Comonfort, Guanajuato

**ANEXO 3.** Aspectos nutricionales de los quesos de leche de cabra manufacturados en México (por cada 100 g).

Marca	Tipo	Humedad (%)	Proteína (%)	Hidratos de Carbono (%)	Grasa (%)	Contenido energético (kcal)	Calcio (g)	Sodio (mg)
Montchevere	Sainte-Maure	-	16.67	13.33	23.33	330.0	-	333.3
Notre Dame		-	18.0	5.5	22.0	292.0	0.35	-
Rancho Vistalegre		64.0	13.0	-	19.0	-	-	-
La Parroquia de Xico		53.0	17.2	2.9	19.3	235.0	0.32	460.06
Lanzarote		-	32.0	1.0	30.0	245.0	0.17	465.0
Laclette		60.0	13.0	5.0	18.0	234.0	0.10	500.0
Queso Caprina		55.0	22.0	-	18.0	-	-	-
El Queso de Cabra		-	23.0	1.2	26.0	325.9	1.1	800.0
Bon Rennes		52.6	14.43	9.68	20.76	-	-	209.0
Castellvell		53.27	15.1	-	23.50	-	-	-
Mikonos light		54.0	15.0	-	16.0	-	-	-
LeBlanc		59.0	15.0	5.0	20.0	255	-	330.0

<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Hidratos de Carbono (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Contenido energético (kcal)</b>	<b>Calcio (g)</b>	<b>Sodio (mg)</b>
Laclette	Sainte-Maure	62.0	13.0	5.0	18.0	234.0	0.10	500.0
Beee Original		-	17.0	-	31.0	-	-	666.6
A su gusto		-	33.0	1.0	29.0	248.0	-	477.09
Bon Rennés	Feta	41.0	18.0	14.0	23.0	-	-	-
Laclette Gourmet		-	17.0	5.5	19.0	279.0	0.35	900.0
Rancho Vistalegre		51.25	18.19	-	26.66	-	-	-
Lanzarote		51.25	18.19	-	26.66	-	-	-
Castelvell		53.27	15.10	-	23.5	-	-	-
Santo Madero		-	13.0	14.0	13.0	225.0	-	500.0
Flaveur		60	10.0	-	15.0	257.0	-	300.0
Quesart		56.37	14.83	7.42	19.66	-	-	-

<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Hidratos de Carbono (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Contenido energético (kcal)</b>	<b>Calcio (g)</b>	<b>Sodio (mg)</b>
Gaisberg	Brie	-	24.6	-	45.0	514.6	-	-
Cabrero	Panela	60.0	20.0	-	6.0	-	-	-
Sierra encantada	-	51.0	26.0	-	20.0	-	-	-