



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

EFFECTO DEL PASTOREO CON ADICIÓN DE UN SUPLEMENTO  
LÁCTICO, SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS,  
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES Y CARACTERÍSTICAS  
SENSORIALES DEL QUESO DE LECHE DE CABRA

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:  
**JORGE TREJO SILVA**

TUTOR : DR. MIGUEL ÁNGEL GALINA HIDALGO  
COMITÉ TUTORAL: DR. FERNANDO PÉREZ-GIL ROMO  
DRA. CLAUDIA DELGADILLO PUGA

CUAUTILÁN IZCALLI

2011



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.

## **DEDICATORIA**

### A mi familia

El conocimiento cuando no tiene como soporte el amor, carece no solo de sentido trascendente, sino también de las emociones y el gozo de alcanzar nuestras metas, por eso agradezco el cariño, la comprensión y el apoyo que me brindaron cada uno de ustedes, gracias por hacer de nuestra familia y nuestro hogar, un espacio propicio para alimentar mis esperanzas y esfuerzos para ver concluidos mis estudios profesionales.

En particular mi profundo agradecimiento y reconocimiento a ti madre que además de darme la vida, me das tu apoyo y el ejemplo más grande de superación.

A mi padre que mientras estuvo a mi lado siempre me dio un buen ejemplo. Gracias por haberme infundido la ética y el rigor que guían mi transitar por la vida.

Finalmente a todas y cada una de las personas que me han enseñado algo en la vida y muy especialmente a aquellas que me brindaron su apoyo en los momentos difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Miguel Ángel Galina Hidalgo, por la confianza brindada durante la realización de esta tesis.

A los miembros de comité tutorial Dr. Fernando Pérez-Gil Romo y Dra. Claudia Delgadillo Puga, por la asesoría brindada en el desarrollo de este trabajo.

A la Dra. María de los Ángeles Ortiz Rubio por su apoyo durante la realización de la tesis.

A la MVZ. Marisol del Real Vázquez por sus acertados consejos y sugerencias.

A los miembros del jurado Dr. Gerardo Mariscal Landín, Dra. Ofelia Mora Izaguirre, Dr. Luis Corona Gochi, Dra. María de los Ángeles Ortiz Rubio y al Dr. Miguel Ángel Galina Hidalgo, por las observaciones que enriquecieron este trabajo.

## RESUMEN

El presente trabajo es un estudio enfocado a determinar la influencia de un suplemento láctico en la concentración de ácidos grasos, compuestos orgánicos volátiles y características sensoriales de los quesos elaborados con leche de cabra con el fin de mejorar su valor nutritivo. La experimentación se realizó en el verano de 2009 en Querétaro, México. Se utilizaron 20 vientres caprinos raza Alpino Francés. En la primera fase fueron alimentados en pastoreo (P), en la segunda fase además del pastoreo se les adiciono un suplemento láctico (PSL). El análisis de muestras se efectuó en el Instituto Experimental para la Zootecnia en Bella, Italia. Los resultados fueron sometidos a la prueba “t” Student para dos muestras suponiendo varianzas iguales ( $P < 0.05$ ). Los ácidos grasos saturados (6.04 g/100g), monoinsaturados (4.77g/100g) y trans (0,401 g/100 g) presentaron una mayor concentración en los quesos de P. Los ácidos grasos insaturados (5.57 g/100g) y poliinsaturados (1.08 g/100g) registraron un valor máximo en los quesos de PSL, del mismo modo el ácido linoléico, ácido  $\alpha$ -linolénico, ácido linoléico conjugado (ALC) y el ácido docosahexaenóico (DHA), mostraron altos contenidos en los quesos de PSL (0.161, 0.051, 0.165 y 0.066 g/100g) respectivamente. Los compuestos orgánicos volátiles más abundantes de los quesos de P fueron: ácidos (148.4 mg/100g), ésteres (41.94 mg/100g) y cetonas (39.60 mg/100g), en cuanto a los quesos de PSL los alcoholes (87.39 mg/100g), ácidos (77.30 mg/100g) y cetonas (39.52 mg/100g) son los más importantes. Los quesos de PSL mostraron mayor intensidad de sabor a leche, dulce y hierba, olor a hierba, fruta y fermento, con mayor dureza, granulosis y menor friabilidad. Los resultados mostraron que la adición de un suplemento láctico aumenta principalmente la concentración de los ácidos grasos que son benéficos para la salud humana y modifica la composición de los compuestos orgánicos volátiles, que proporcionan un olor y sabor más atractivo, características sensoriales del queso elaborado con leche de cabra.

**Palabras Claves:** pastoreo, cabra, suplemento leche y queso.

## ABSTRACT

The present work is an study focused to determine the influence of a dietary-lactic supplement on the concentration of fatty acids, volatile organic compounds and sensory characteristics of cheese made of goat's milk in order to improve its nutritional value. The study was carried out in Querétaro, México in the summer of 2009. 20 French Alpine breed goats were used. In the first stage the goats were fed on grazing (G), for the second one, in the grazing was added a lactic supplement (LSG). The experimental samples were analyzed by the "Experimental Institute for Animal Science" in Bella, Italy. The results were subjected to "t" student test for two average, assuming equal variances ( $P < 0.05$ ). The saturated (6.04 g/100g), monounsaturated (4.77g/100g) and trans (0.401 g/100g) fatty acids, showed a higher concentration in G cheese. Whereas unsaturated (5.57 g/100g) and polyunsaturated (1.08 g/100g) fatty acids showed a maximum concentration in the LSG cheses, such as linoleic acid (LA),  $\alpha$ -linolenic acid (ALA), conjugated linoleic acid (CLA) and docosahexaenoic acid (DHA), showed high contents of cheeses SLG (0.161, 0.051, 0.165 and 0.066 g/100g), respectively. The more abundant volatile organic compounds in G cheese were acids (148.4 mg/100g), esters (41.94 mg/100g) and ketones (39.60 mg/100g), for LSG cheese the alcohols acids (77.30 mg/100g), and ketones (39.52 mg/100g) were the most important. The LSG cheese had the greater milk-sweet-herb flavor intensity, smell of grass, fruit and ferment, higher hardness, grainy appearance and lower friability. The results showed that dietary-lactic supplement increases mainly the concentration of those fatty acids which are beneficial for human health, as well modifies the composition of volatile organic compounds which provided a more attractive smell, flavor and sensory characteristics of cheese made of goat's milk.

**Key words:** grazing, goat, supplement, milk and cheese.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	ii
<b>RESUMEN</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	iv
Índice de cuadros	v
Índice de figuras	vi
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II HIPÓTESIS</b>	3
<b>III OBJETIVOS</b>	4
III.1 Objetivo General	4
III.2 Objetivos Específicos	4
<b>IV ANTECEDENTES</b>	5
IV.1 Situación mundial de la cría de cabras	5
IV.1.2 Inventario mundial de ganado caprino	5
IV.1.3 Producción mundial de leche de cabra	6
IV.1.4 Situación mundial de los productos de leche de cabra	8
IV.2 Situación nacional de la cría de cabras	9
IV.2.1 Inventario nacional de ganado caprino	9
IV.2.2 Producción nacional de leche de cabra	10
IV.3 Sistemas de producción caprina en México	11
IV.3.1 Sistema intensivo	12
IV.3.2 Sistema semiintensivo	12
IV.3.3 Sistema extensivo	13
IV.3.4 Alimentación en caprinos	13
IV.3.5 Pastoreo	15
IV.3.5.1 Consumo de rumiantes en pastoreo	15
IV.3.5.2 Factores que afectan el consumo de rumiantes en pastoreo	16
IV.3.5.3 Hábitos de pastoreo	17

IV.3.5.4	Sistemas de pastoreo	17
IV.3.5.5	Pastoreo intensivo móvil	18
IV.3.5.6	Agostaderos del semiárido mexicano como recursos forrajeros	19
IV.4	Leche	20
IV.4.1	Leche de cabra	21
IV.4.2	Composición de la leche de cabra	21
IV.4.3	Factores que afectan la composición de la leche de cabra	22
IV.4.4	Propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra	22
IV.5	Queso	26
IV.5.1	Clasificación de los quesos	26
IV.5.2	Importancia de la elaboración de queso	27
IV.5.3	Proceso de elaboración de queso	28
IV.5.4	Composición de los quesos	30
IV.6	Calidad de los quesos	31
IV.6.1	Factores que afectan la calidad de los quesos	31
IV.7	El queso de leche de cabra	33
IV.7.1	Composición proximal del queso de leche de cabra	34
IV.7.2	El queso de leche de cabra en México	35
IV.8	Disponibilidad de alimento para consumo humano	35
IV.9	Alimentos funcionales	36
IV.10	Patrón epidemiológico mexicano	37
IV.11	Lípidos	39
IV.11.1	Ácidos grasos	40
IV.11.2	Estructura de los ácidos grasos	41
IV.11.3	Ácidos grasos Omega-6 y Omega-3	43
IV.11.4	Síntesis de ácidos grasos	44
IV.11.5	Metabolismo ruminal de lípidos	45
IV.11.6	Metabolismo extraruminal de lípidos	46
IV.12	Ácidos grasos presentes en el queso de leche de cabra	47
IV.13	Compuestos orgánicos volátiles	49
IV.14	Alimentación en rumiantes	50
IV.14.1	Digestión de alimentos fibrosos	50



IV.14.2	Digestión microbiana de polisacáridos	51
IV.14.3	Actividad enzimática de polisacáridos estructurales	52
IV.14.4	Microbiota ruminal	52
IV.15	Marcadores (Tracers)	55
IV.16	Nuevas estrategias de alimentación para ganado	57
IV.16.1	Utilización de probióticos	59
<b>V</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>65</b>
V.1	Ubicación geográfica	65
V.2	Animales experimentales	65
V.3	Periodo de experimentación	65
V.4	Área de pastoreo	65
V.5	Suplemento láctico	66
V.6	Elaboración de muestras	66
V.7	Análisis de muestras	67
V.7.1	Análisis metil ésteres de ácidos grasos (MEAG)	69
V.7.2	Análisis de compuestos orgánicos volátiles (COV)	71
V.7.3	Análisis sensorial descriptivo	72
<b>VI</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>73</b>
<b>VII</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>75</b>
VII.1	Contenido de ácidos grasos	75
VII.2	Compuestos orgánicos volátiles	77
VII.3	Análisis sensorial descriptivo	79
<b>VIII</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>80</b>
VIII.1	Contenido de ácidos grasos	80
VIII.2	Compuestos orgánicos volátiles	83
VIII.3	Análisis sensorial descriptivo	87
<b>IX</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>88</b>
<b>X</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Distribución de la población mundial de cabras en los últimos años	6
<b>Cuadro 2.</b> Producción mundial de leche entera de cabra	7
<b>Cuadro 3.</b> Principales países productores de leche entera de cabra en América	8
<b>Cuadro 4.</b> Distribución de la población nacional de cabras	10
<b>Cuadro 5.</b> Distribución y producción nacional de leche de cabra	11
<b>Cuadro 6.</b> Composición de leche de diferentes especies	20
<b>Cuadro 7.</b> Algunas propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra y vaca	22
<b>Cuadro 8.</b> Compuestos nitrogenados en leche de cabra y vaca	23
<b>Cuadro 9.</b> Promedio del contenido mineral en leches de cabra, vaca y humana	25
<b>Cuadro 10.</b> Composición química de algunas variedades de queso	30
<b>Cuadro 11.</b> Composición promedio de la leche cruda de algunas razas vacunas	31
<b>Cuadro 12.</b> Componentes afectados por el periodo de lactancia	32
<b>Cuadro 13.</b> Composición proximal del queso de leche de cabra del tipo Sainte-Mauré	34
<b>Cuadro 14.</b> Nomenclatura de los ácidos grasos más frecuentes en los alimentos	42
<b>Cuadro 15.</b> Ácidos grasos en queso suave de leche de cabra pasteurizada	48
<b>Cuadro 16.</b> Grupos de géneros bacterianos presentes en el rumen	54
<b>Cuadro 17.</b> Investigaciones recientes de microorganismos utilizados como probiótico	62
<b>Cuadro 18.</b> Vocabulario descriptivo de los atributos utilizados en el análisis sensorial de los quesos experimentales	72
<b>Cuadro 19.</b> Concentración de ácidos grasos presentes en queso de animales alimentados en Pastoreo y Pastoreo más Suplemento Láctico	76
<b>Cuadro 20.</b> Perfil de compuestos orgánicos volátiles presentes en el queso de animales en Pastoreo y Pastoreo con Suplemento Láctico	77
<b>Cuadro 21.</b> Familias de compuestos orgánicos volátiles presentes en los quesos experimentales	78
<b>Cuadro 22.</b> Resultados del análisis sensorial descriptivo de los quesos experimentales	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Composición proximal de leche de cabra, vaca y mujer (100g)	21
<b>Figura 2.</b> Diagrama general de elaboración de queso	29
<b>Figura 3.</b> Estructura de un triacilglicerol	40
<b>Figura 4.</b> Estructura <i>cis</i> y <i>trans</i> de los ácidos grasos	41
<b>Figura 5.</b> Familias más importantes de ácidos grasos indispensables	43
<b>Figura 6.</b> Proceso de elaboración del queso experimental	68

## I. INTRODUCCIÓN

La leche de pequeños rumiantes es de particular interés económico en diversas regiones del mundo (Morand-fehr *et al.*, 2004). En los países en desarrollo, la producción de este alimento ha llegado a ser una estrategia útil para abastecer de alimento a los sectores más desprotegidos (Haenlein, 2004).

La leche procedente de los rebaños caprinos es destinada casi en su totalidad a la fabricación de diversos productos lácteos, principalmente quesos (Dubeuf *et al.*, 2004). De tal forma que es una prioridad para algunos productores de leche de cabra obtener a través de la alimentación del ganado, altos niveles de producción acompañados de un contenido elevado de proteína y grasa, elementos indispensables que determinan la calidad del producto final (Morand-Fehr y Lebbie 2004; Boyazoglu *et al.*, 2005).

Cuando los animales son alimentados en pastoreo el sabor característico del queso de leche de cabra se ve especialmente influenciado por el tipo de especies forrajeras consumidas, evidenciado que los forrajes generan variaciones en la composición de la leche y a su vez de los quesos, haciéndolos tan dinámicos como la composición botánica se los permita (Fedele *et al.*, 2005; Morand-fehr *et al.*, 2007).

En la actualidad existe una mayor demanda por parte de los consumidores por productos nutritivos, que no pierdan sus propiedades organolépticas (Rubino, 2002; Prache *et al.*, 2005). Los productos provenientes de rumiantes en pastoreo están siendo considerados alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutraceuticos, por haber demostrado la presencia de elementos nutritivos capaces de ejercer efectos positivos sobre la salud y la calidad de vida de quienes los consumen (Hasler, 1998; FAO, 2005).

Los ácidos grasos, son los componentes de la leche más influenciados por la alimentación de los animales, lográndose modificaciones al cambiar los ingredientes de la ración que se ofrece. La leche o la carne de animales en pastoreo tienen un contenido de ácidos grasos no saturados mayor que el de animales en estabulación. Los ácidos grasos saturados son los implicados en la mayoría de las enfermedades cardiovasculares relacionadas con la obesidad (Burdank, 2001; Boorton y Foster, 2002).

El aroma de los quesos se relaciona fuertemente con los compuestos orgánicos volátiles presentes en los forrajes consumidos por el ganado (Rubino, 2002). Los compuestos volátiles son productos secundarios de reacciones catalíticas, algunos ejemplos

de estos compuestos son los aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres y terpenos, entre otros (Marilley y Casey, 2004). Los quesos, además de ser nutritivos, han de resultar apetecibles desde el punto de vista sensorial. Para conseguirlo, han de tener una textura concreta, un olor característico, un sabor agradable y un aroma que invite a consumirlos (Seigler, 2003).

Paralelamente la implementación de nuevas estrategias de alimentación para rumiantes se basa en el entendimiento de la simbiosis que existe entre el animal y los microorganismos presentes en el rumen (Hungate, 1966; Collado *et al.*, 2007), derivando en investigaciones que discuten la posibilidad de incrementar el aprovechamiento de los forrajes a partir de la adición de bacterias ofertadas directa o indirectamente en la dieta de los animales (Weinberg *et al.*, 2003; Sucu y Fulya, 2006), con la finalidad de incrementar la concentración microbiana dentro del rumen, capaz de liberar la energía contenida en las paredes celulares de los forrajes así como de incrementar el flujo de nutrientes a través del rumen por un mayor volumen de materia seca ingerida por el animal registrando un consumo voluntario aparente superior (Ortiz *et al.*, 2001; Ortiz *et al.*, 2002; Galina *et al.*, 2009; Franco *et al.*, 2009), que modifique las concentraciones de ácidos grasos, compuestos orgánicos volátiles y características sensoriales del queso de leche de cabra (Galina *et al.*, 2009).

## **II. HIPÓTESIS**

La adición de un suplemento láctico incrementa el contenido de ácidos grasos, compuestos orgánicos volátiles y mejora las características sensoriales que posee el queso de cabra elaborado con leche de animales alimentados en pastoreo.

## **III. OBJETIVOS**

### **III.1. Objetivo General**

Determinar el efecto de una dieta de pastoreo con adición de un suplemento láctico, a partir de la identificación y cuantificación del perfil de ácidos grasos, compuestos orgánicos volátiles y características sensoriales presentes en el queso de leche de cabra.

### **III.2. Objetivos Específicos**

**III.2.1.** Determinar el perfil de ácidos grasos, presentes en queso de cabra elaborado con leche de animales en pastoreo con y sin adición de un suplemento láctico.

**III.2.2.** Determinar la presencia de compuestos orgánicos volátiles en el queso de cabra elaborado con leche de animales en pastoreo con y sin adición de suplemento láctico.

**III.2.3.** Determinar las características sensoriales del queso de cabra elaborado con leche de animales en pastoreo con y sin adición de suplemento láctico.

## **IV. ANTECEDENTES**

### **IV.1 Situación actual de la cría de cabras**

La cabra fue domesticada por el hombre desde hace aproximadamente 10,000 años (Mayén, 1989), desde ese entonces y hasta nuestros días, se ha considerado una de las especies domésticas más importante para el hombre como fuente de alimento; carne y leche, para su vestir; pelo y pieles, así como para el control de la hierbas no deseadas y como productor de abono orgánico de alta calidad y aun como animal de ornato (Morand-Fehr, 1996).

Tras un periodo de esplendor en la antigüedad, seguido por otro muy largo de decadencia, la cría de la cabra resurge con gran fuerza en el mundo moderno, siendo numerosos los países e instituciones que encauzan sus esfuerzos y recursos humanos para su estudio y difusión (Arbiza, 1986). La especie caprina se ha extendido por todo el mundo (Cuadro 1), gracias a su capacidad de adaptación a diferentes climas, condiciones geológicas y de manejo, colocándose como 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, vinculándose principalmente a la mujer y los hijos, quienes proporcionan la mano de obra o fuerza de trabajo, abarcando limitadas extensiones de terreno y generalmente en combinación con la agricultura, jugando un papel importante en la producción de alimentos (Arbiza, 1998; Dubeuf *et al*, 2004).

### **IV.1.2 Inventario mundial de ganado caprino**

De acuerdo con la FAO, el inventario mundial de ganado caprino ha mostrado un crecimiento sostenido a través de los últimas tres décadas. La población estimada en 2007 para los cinco continentes fue de 850.2 millones de cabezas (cuadro 1). El 92.9 % de este inventario se encuentra en Asia y África, el 4.8 % en América y casi el 2.1% en Europa.



**Cuadro 1.** Distribución de la población mundial de cabras en los últimos años (*FAOSTAT, 2008*)  
(Cabezas)

Continente	2005	2006	2007
Asia	533, 866,474	546,664,919	544,953,883
África	237,234,393	234,411,505	245,063,910
América	37,786,099	40,986,681	41,106,340
Europa	18,392,284	17,985,964	18,147,782
Oceanía	917,271	930,780	943,210
<b>Total Mundial</b>	<b>838,196,521</b>	<b>849,979,842</b>	<b>850,215,125</b>

#### IV.1.3 Producción mundial de leche de cabra

Dubeuf y colaboradores estudiaron y discutieron en el 2004, que la industria lechera caprina está sometida a la competencia con la leche y productos de otras especies (bovino, ovino y búfalo); además de que los productos de esta especie se encuentran dirigidos a mercados globales (dulces, quesos y yogures entre otros) ó, específicos (leche dietética, fresca, condensada y en polvo).

La producción mundial de leche de cabra en 2007 alcanzó los 14.5 millones de toneladas. Alrededor del 56.7 % se produjo en Asia, 20.9 % en África, 17.7 % en Europa, y el 4.5 % restante en América. Dentro de la producción mundial de leche, la cabra aporta el 2.5 % del total; incrementándose durante los últimos 20 años en un 70 %, siendo más significativa la participación de países con bajos ingresos (Boyazoglu y Morand Ferh, 2001). El mediterráneo se ubica como una de las regiones más productivas de leche de cabra con 2,077 miles de toneladas lo que representa más de 17 % de la producción global con únicamente el 1.3 % del total de las cabras a nivel mundial como se muestra en el Cuadro 2 (FAO, 2008).

La producción de leche de cabra en los países desarrollados está vinculada al incremento de la tecnología, investigación, organización, calidad y más recientemente a los conceptos de seguridad social y equilibrio medio ambiental, en el sentido de la producción orgánica; además de la innovación de productos y formas de consumo de queso, principal producto de la transformación de la leche (Morand-Ferh *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 es muy reducida; sin embargo, la posesión de estos animales representa seguridad alimenticia, ahorro e inversión (Morand-Ferh *et al.*, 2004).

En este sentido Dubeuf y colaboradores (2004), señalaron que bajo cualquier esquema en el que se maneje esta industria, los principales factores que regirán su competitividad y utilidad económica serán el precio del producto, la idiosincrasia y las características del sistema de producción (tamaño del rebaño, producción estacional, productividad de la cabra lechera, características y calidad del producto). La mayor parte de la producción de leche de cabra en el mundo se consume en las mismas granjas productoras; una proporción menor se comercializa fresca a nivel local y hay una minoría de países, entre ellos los europeos, que cuentan con una tradición e infraestructura para elaborar queso con el 100% de leche de cabra (Dubeuf *et al.*, 2004).

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

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

(FAOSTAT, 2008)

Entre las razones que explican el bajo volumen de producción de leche de cabra a nivel mundial, destacan que en la mayor parte de los países los sistemas de producción se orientan principalmente a la obtención de carne y a la deficiente alimentación, consecuencia de las condiciones desfavorables en que se desarrolla el ganado. México y Brasil son los países más importantes de América en la cría y producción de cabras. Brasil cuenta con 10 millones y medio de cabras y México con casi 9 millones. La producción de leche en estos países en 2007 fue de 165 y 137 millones de toneladas, respectivamente (FAO, 2008).

**Cuadro 3.** Principales países productores de leche entera de cabra en América.

País	Toneladas
México	165,000
Brasil	137,000
Perú	21,000
Chile	10,000
Ecuador	6,400

*FAOSTAT, 2008*

La cabra se encuentra ampliamente distribuida en el mundo principalmente en los países tropicales entre los que se encuentra México. La expansión de la especie ha sido amplia en las en las últimas dos décadas, Superior a 11% anual. Los más de 850 millones de cabras que hay en el mundo, producen aproximadamente 14 millones de litros de leche. La contribución de la leche de cabra como porcentaje del total producido, es de alrededor de 1.5 al 2 % (FAOSTAT, 2008).

#### **IV.1.4 Situación mundial de los productos de leche de cabra**

A nivel mundial el consumo de productos de origen caprino se pueden diferencia en cuatro rubros: El primero ocurre en países donde la leche de cabra se consume en forma líquida bajo sistemas de autoconsumo familiar. Siendo ejemplo la mayor parte de los países de Asia y de África, donde el queso no forma parte de los hábitos alimenticios de la población. Este sistema tiene la mayor importancia en esos dos continentes, en los cuales se encuentra más del 90 % del rebaño mundial y alrededor del 76 % de la producción lechera en el mundo (Lebbie, 2004).

El segundo rubro aparece en países importantes en la producción mundial de leche que además son grandes consumidores e incluso exportadores de queso de cabra. Tal es el caso de países del Mediterráneo que con sólo el 3% del rebaño, producen y procesan más del 20 % de la producción lechera mundial. Francia, Grecia, España e Italia, concentran la más abundante producción de esos quesos (Boyazoglu y Morand-Fehr, 2001).

El tercer rubro lo integran países de influencia Anglo-Sajona, donde la leche de cabra la pasteurizan para tomarla fluida. Canadá, Estados Unidos, Inglaterra y Australia se encuentran dentro de este rubro (Hatziminaoglou y Boyazoglu, 2004).

Por último países donde la situación es mixta que se encuentra en vías de cambio. En México y Brasil, la leche se consume tanto en su forma líquida como transformada en queso. En México también se utiliza como materia prima de diferentes dulces. La leche de cabra para la fabricación industrial de quesos en estos dos países reside, en la mayoría de los casos, en que se mezcla con leche de vaca, existiendo poca producción industrial de quesos de leche pura de cabra (Peraza, 1987).

## **IV.2 Situación nacional de la cría de cabras**

En México el ganado caprino fue introducido por los españoles después de la conquista, (Mayén, 1989), a partir de entonces ha desempeñado un papel importante en la producción de alimentos para la humanidad, particularmente en aquellas zonas del país donde el clima es cálido y seco (Galina, 2002).

La Caprinocultura en nuestro país se realiza principalmente como una actividad familiar complementaria a otras actividades agropecuarias y de otro tipo, representando solo una parte del sustento familiar. En México, la demanda de derivados de leche de cabra se ha incrementado paulatinamente a través del consumo de algunas variedades de quesos y dulces. En los 30 años de la producción total anual estimada, el 70 % de la leche se consume cruda o se utiliza para hacer quesos o dulces artesanales con una comercialización local. El 30 % restante se usa en la industria; de este porcentaje, alrededor del 20 % se transforma en queso y el 10 % restante en cajeta (Trujillo y Almudena, 2004).

### **IV.2.1 Inventario nacional de ganado caprino**

De acuerdo a los últimos datos reportados por la SAGARPA en 2008 los principales hatos caprinos se encuentran en: Puebla, Oaxaca, Guerrero, Coahuila, San Luis Potosí, Zacatecas y Guanajuato participando estos siete estados con el 63.5 % de un total de 8,952,144 cabezas (SIAP, 2008). En los últimos años, la población caprina en México se ha mantenido estable en números absolutos, con una ligera tendencia a aumentar, sin embargo desempeña una función socioeconómica importante, ya que conforma la base económica directa o indirecta de aproximadamente un millón de personas, cabe destacar que la utilización de esta especie se encuentra al alcance de la población rural y campesina por el reducido costo de inversión en animales,

construcciones y mantenimiento, así mismo esta actividad emplea a más de 100,000 personas que viven de la fabricación de los productos necesarios para la cría, transformación y comercialización de productos (Mayén, 1989).

**Cuadro 4.** Distribución de la población nacional de cabras  
(Principales estados productores)

<b>Estados</b>	<b>Cabezas</b>
<b>Puebla</b>	<b>1,438,577</b>
<b>Oaxaca</b>	<b>1,186,789</b>
<b>Guerrero</b>	<b>676,613</b>
<b>Coahuila</b>	<b>656,555</b>
<b>San Luis Potosí</b>	<b>610,334</b>
<b>Zacatecas</b>	<b>562,744</b>
<b>Guanajuato</b>	<b>559,239</b>
Michoacán	482,717
Nuevo León	344,962
Durango	333,614
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>8,952,144</b>

*SIAP, 2008*

#### **IV.2.2 Producción nacional de leche de cabra**

En el cuadro 5 se presenta la distribución nacional de la producción de leche caprina, siendo Coahuila, Durango, Guanajuato, Chihuahua, Jalisco, Zacatecas y Nuevo León los principales estados productores por tener una participación de más del 90 % de la producción Nacional (SIAP, 2008).

**Cuadro 5.** Distribución y producción nacional de leche de cabra (miles de litros)

Estado	2005	2006	2007	2008
<b>Coahuila</b>	<b>53,110</b>	<b>54,908</b>	<b>57,370</b>	<b>58,638</b>
<b>Durango</b>	<b>40,414</b>	<b>39,952</b>	<b>40,385</b>	<b>38,125</b>
<b>Guanajuato</b>	<b>24,031</b>	<b>24,090</b>	<b>24,097</b>	<b>24,015</b>
<b>Chihuahua</b>	<b>11,548</b>	<b>10,286</b>	<b>10,434</b>	<b>9,501</b>
<b>Jalisco</b>	<b>5,980</b>	<b>6,156</b>	<b>6,360</b>	<b>6,303</b>
<b>Zacatecas</b>	<b>4,980</b>	<b>5,339</b>	<b>4,986</b>	<b>5,070</b>
<b>Nuevo León</b>	<b>4,608</b>	<b>4,831</b>	<b>5,139</b>	<b>4,932</b>
Tlaxcala	4,281	3,146	3,405	3,443
Michoacán	3,713	3,735	3,753	3,776
San Luis Potosí	3,186	3,337	3,786	3,537
Veracruz	2,051	2,025	2,005	2,222
Baja California Sur	2,217	1,689	2,350	2,868
Puebla	1,471	1,413	1,409	1,786
Sonora	1,342	1,874	1,433	1,233
Querétaro	569	522	505	511
<b>Total Nacional</b>	<b>164,248</b>	<b>163,958</b>	<b>167,944</b>	<b>166,585</b>

*SIAP, 2008*

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

### **IV.3 Sistemas de producción caprina en México**

En México la mayoría de las granjas son de tipo extensivo orientadas a la producción de carne. Le sigue en menor proporción los sistemas semiintensivos y por último las unidades de producción que utilizan sistemas intensivos para producir leche principalmente, cabe señalar que la elección de cualquiera de estos sistemas depende de las condiciones ecológicas, la disponibilidad de alimento, mano de obra y el rendimiento deseado (Mayén, 1989).

### **IV.3.1 Sistema intensivo**

En este sistema se requiere mayor capital, mano de obra, organización y nivel de integración. Los animales se mantienen parcial o totalmente confinados, se alimentan con concentrados y forrajes de buena calidad preferentemente de corte, permaneciendo bajo vigilancia sanitaria (Wilkinson, 1989; Mayén, 1989). El sistema intensivo se encuentra en casi todo el territorio nacional paralelo a la agricultura de riego o de temporal, con recursos forrajeros abundantes, medios de comunicación, transportes ágiles y oportunos, con actividades industriales así como comerciales muy dinámicas. (Galina, 2002).

El ganado de estas zonas corresponde a razas especializadas de leche o carne, como: Saanen, Toggenburg, Alpina Francés, Anglo-Nubia, Murciano-Granadina y Bóer, con altos niveles de producción y excelente calidad genética; sin embargo estos animales presentan una reducida capacidad de adaptación a diferentes ambientes (Baumont *et al.*, 2000). Hasta hoy estos territorios se mantienen como los más importantes criadores de cabras, aportando la mayor concentración de leche, carne y otros productos, los cuales responden estrechamente a la forma en que se maneja el rebaño (Delgadillo, 1998, Baumont *et al.*, 2000).

### **IV.3.2 Sistema semiintensivo**

Este sistema se lleva a cabo un pastoreo de praderas o ramoneo durante el día y por la noche se les suministra algún tipo de suplemento. Requiere de un nivel medio a alto de capital y trabajo, los animales se encuentran en confinamiento parcial o temporal, existe una gran cantidad de variantes de este sistema (Mayén, 1989). Se desarrolla sobre áreas más o menos extensas, distribuidas en el altiplano y la costa del Pacífico norte, es predominante en zonas agrícolas, con buena disponibilidad de forrajes cultivados o silvestres, con posibilidades de comunicación y transporte adecuado, el ganado es mestizo con buenos niveles de producción, rusticidad y una población de tipo suburbano sin embargo en los últimos años los productores se han comenzado a organizar para lograr mejoras en los precios de los insumos que necesitan producir, así como de sus productos (Galina, 2002).

### **IV.3.3 Sistema extensivo**

La producción extensiva consiste en conservar el rebaño en un lugar fijo y sacarlo a diferentes lugares durante el día con la finalidad de aprovechar pastos y matorrales de zonas comunales, existe un uso mínimo de tecnología, trabajo y capital, los animales se mantienen en libertad buscando su alimentación (Borel, 1987; Mayén, 1989). Es un estrato muy amplio localizado mayoritariamente en las zonas áridas, semiáridas y de trópico seco donde la vegetación es predominantemente de arbustiva con un nivel productivo bajo marcadamente estacional (Ramírez *et al.*, 1993; Ramírez *et al.*, 1995). El ganado caprino utilizado tiene diferentes grados de mestizaje, es poco productivo, pero adaptado a las variadas condiciones del medio ambiente. Se maneja en pastoreo sobre llanuras poco comunicadas, habitadas por gente arraigada a tradiciones, frecuentemente indígenas que emplean conocimientos empíricos, debido en muchos casos a la falta de recursos económicos para acceder a una tecnología que permita mayor evolución; ejemplo de estas zonas son la región carbonífera de Coahuila o la región Mixteca en Oaxaca. (Galina, 2002; Arbiza, 1998; Baumont *et al.*, 2000). Los objetivos de producción son en su mayoría de autoconsumo y como ahorro, los excedentes son comercializados. El manejo técnico de los rebaños es mínimo y la fuerza de trabajo es de tipo familiar (Iruengas *et al.*, 1999).

### **IV.3.4 Alimentación en caprinos**

Iruengas y colaboradores en 1999, describen que las estrategias de alimentación para esta especie, pueden ser muy amplias y variadas; sin embargo, están restringidas de acuerdo al sistema y nivel de producción. Cada estrategia puede ser aplicada con diversos ingredientes tales como:

- a) Recursos forrajeros, utilizados como base de la ración debido a su disponibilidad, dentro de este grupo se encuentran henos de gramíneas o leguminosas; esquilmos agrícolas, pajas así como subproductos agroindustriales caracterizados principalmente por su bajo contenido de energía y proteína; forrajes y pastos de corte ensilados fabricados a partir de leguminosas o gramíneas.
- b) Alimentos energéticos como granos, subproductos de cereales así como de la industria azucarera (melaza), raíces o tubérculos y grasas.



- c) Alimentos proteicos de origen vegetal representados principalmente por las pastas de oleaginosas (algodón, soya, girasol, cártamo y linaza). Los de origen animal, como harinas (pescado, carne, sangre, etc). De origen industrial como la urea utilizada como fuente de nitrógeno no proteico.
- d) Residuos orgánicos, dentro de los cuales se encuentran las excretas de animales (pollinaza y gallinaza). Suplementos vitamínicos (vitaminas A, D y E principalmente) y minerales (macro y micro elementos), los cuales son importantes para cubrir las necesidades de los animales y evitar algunos padecimientos asociados a su carencia.

Para cubrir las necesidades del ganado, se destacan tres sistemas básicos. El primero, se desarrolla en condiciones de estabulación; donde los modelos de alimentación se basan de acuerdo a la disponibilidad, precio y calidad de diversos recursos, que van desde los forrajeros, hasta los subproductos agroindustriales pasando por los alimentos balanceados, Teniendo como objetivo cubrir las necesidades de energía, proteína y materia seca, de acuerdo al estado fisiológico y nivel de producción. El segundo combina las estrategias del sistema en estabulación y un manejo alimenticio en pastoreo, el cual puede ser conducido a través de diversas formas que permiten la utilización de los recursos forrajeros ya sea que estén constituidos por especies nativas o inducidas (Morand-Fehr *et al.*, 1990; Iruengas *et al.*, 1999).

El tercer sistema, basa sus estrategias de alimentación exclusivamente en pastoreo; donde los niveles productivos son marcadamente estacionales, el pastoreo se realiza sobre grandes extensiones de terreno, donde la vegetación es predominantemente nativa (Morand-Fehr *et al.*, 1990). Cuando la escasez de estos recursos se acentúa, se hace uso de algunos insumos que en su mayoría son forrajes toscos (Delgadillo, 1998).

Morand-Fehr y colaboradores (1990), plantearon que durante el pastoreo las cabras satisfacen entre el 20 % y 40 % de sus necesidades nutrimentales, por lo que recomiendan asignar una ración complementaria al regreso, con recursos energéticos y proteicos o una proporción de forraje de buena calidad generalmente de corte.

### **IV.3.5 Pastoreo**

En las diferentes culturas a lo largo de la historia de la humanidad la comprensión profunda de eventos naturales permitió que el hombre pasara de ser espectador y analista, a manipulador para su propio beneficio. Así surge el pastoreo, donde el control de las interacciones entre el suelo, la planta y el animal favoreció el desarrollo de la humanidad. En un inicio, el pastoreo trashumante inauguró exitosamente la participación del hombre en la naturaleza a pesar de la dependencia directa de los factores climáticos y la fluctuación de recursos para esas primeras poblaciones de cazadores-seguidores de herbívoros. La obtención exitosa, aunque limitada, de carne y otros productos animales estimuló mejorar la productividad animal. Así el hombre comenzó a controlar los factores involucrados incrementando su participación dejando de ser cazadores para convertirse en pastores criadores de animales, usando como alimento forrajes o zacates nativos, lo que cimentó la agricultura actual a base de siembra de pastos y arbóreas. El pastoreo como sistema puede ser amigable con el ambiente, su integración al ecosistema permite sincronizar las necesidades del forraje (planta) y las del animal para lograr una producción pecuaria en equilibrio con el medio (Maserá *et al.*, 1999).

#### **IV.3.5.1 Consumo de rumiantes en pastoreo**

De acuerdo con investigaciones previas donde se hace referencia a los aspectos relacionados con el manejo, comportamiento y nutrición de los rumiantes en pastoreo, existe la necesidad de entender los conceptos que permitan el desarrollo esta actividad (Galina *et al.*, 1998). La nutrición animal en pastoreo, se caracteriza por cuatro factores básicos, que son: los requerimientos del animal; el contenido de nutrientes de los alimentos; la digestibilidad y la cantidad que el animal consume. Considerando que la alimentación en pradera tiene características y problemas únicos, en donde los requerimientos de los animales no son bien conocidos, con variaciones debidas a la actividad del animal durante las intensas caminatas en busca de alimento, por el estrés ambiental, por el valor nutritivo y la digestibilidad de los forrajes que conforman la dieta, siendo difíciles de estimar, debido a que los caprinos seleccionan una dieta de varias combinaciones de especies de plantas o de partes de las plantas (Nyamangara y Ndlovu, 1995), se considera que uno de los factores críticos para cubrir los requerimientos nutricionales de un animal en pastoreo es la determinación del consumo voluntario, el

cual es afectado por factores tales como el pastoreo selectivo del animal, el estado de madurez de los forrajes, la condición del pastizal y la suplementación (Gutiérrez, 1991; Nyamangara y Ndlovu, 1995).

#### **IV.3.5.2 Factores que afectan el consumo de rumiantes en pastoreo**

En la actualidad existen investigaciones que discuten la productividad y la eficiencia de los rumiantes en pastoreo exponiendo que ambas son relativamente bajas, explicando estos resultados con algunas limitaciones en el consumo. Entre los factores que afecta el consumo de los animales en pastoreo, se encuentran la digestibilidad del forraje, la velocidad de paso, el llenado del retículo-rumen, el tamaño corporal, la suplementación, la disponibilidad del forraje, la intensidad de pastoreo y el estado de madurez de los forrajes (Allison, 1985). Se ha reportado una variación en el consumo de los animales en pastoreo, con relación a la época del año (Rubino *et al.*, 2002; Fedele *et al.*, 2005) obteniéndose un consumo inferior durante el periodo de sequía, con respecto al periodo poco lluvioso (Allison, 1985).

Paralelamente, el estado fenológico de los forrajes también puede afectar el consumo, al disminuirlo cuando la digestibilidad de la materia orgánica del forraje decrece, la estrecha relación entre la composición química de los forrajes y la digestibilidad se asocian de manera directa, es decir; el consumo aumenta a medida que la digestibilidad del forraje se incrementa, cuando son ingeridas plantas verdes y suculentas y la digestibilidad es alta, la velocidad de paso es mayor, expresando un aumento del consumo (Merchant, 1996; Fedele *et al.*, 2005).

Otros factores que afectan el consumo de los animales en pastoreo, son los cambios climáticos, por ejemplo las altas temperaturas ambientales (más de 40°C), disminuyen los niveles de consumo, (Gutiérrez, 1991).

Gutiérrez en 1991, señala que un incremento en la temperatura del rumen de los 38 a los 40 °C, disminuye el consumo hasta un 15%, por el contrario temperaturas menores de los 38 °C, incrementa en un 24% el consumo voluntario aparente (CVA).

Finalmente es importante destacar que los hábitos de pastoreo, también son factores limitantes del consumo, concernientes netamente al animal. En este sentido los hábitos de pastoreo representan un medio dinámico interactivo y complejo a través del cual los animales se adaptan a diferentes condiciones ambientales, para satisfacer sus

necesidades de consumo siendo primordial su entendimiento si se quiere influir de manera positiva en la eficiencia productiva de los animales y el correcto establecimiento de programas de manejo de los pastizales (Gutiérrez, 1991).

#### **IV.3.5.3 Hábitos de pastoreo**

La condición del pastizal e intensidad de pastoreo son factores que influyen sobre los hábitos de pastoreo, la relación tiempo de pastoreo, rumia y descanso varían con respecto al estado de madurez de los forrajes, a medida que aumenta la madurez del vegetal se incrementa el tiempo de rumia y disminuye el de pastoreo (Delgadillo, 1998). Los bovinos por ejemplo pastorean de 7.5 a 10 hrs diarias, descansan 4 a 7.5 hrs, los ovinos tienen hábitos más regulares, consumiendo la hierba al ras, pasan mucho tiempo en las sombras, desplazándose más que los bovinos. Por su parte los caprinos poseen hábitos más irregulares, consumen con gran habilidad algunos forrajes nativos que presentan una gran cantidad de espinas (*Acacias spp*, *Opuntias spp*, *Avtríplex*, entre otras).

Un factor importante dentro de los hábitos de pastoreo, lo constituye el animal, la raza y su estado fisiológico (Delgadillo, 1998).

La dominancia social es otro factor que hace variar los hábitos en la pradera oscilando de acuerdo a la jerarquía social de cada animal, los rumiantes dominantes realizan mucho menos esfuerzo en obtener su alimento que los animales de menor jerarquía (Gutiérrez, 1991). Provenza en 1995 destaca que los rumiantes en pastoreo poseen un grado de visión, con el cual seleccionan su alimento, cubriendo sus necesidades nutricionales y evitando los alimentos tóxicos. Cuando este manejo se realiza sobre forrajes pobres, se aumenta el tiempo de consumo y área, acentuándose la dispersión de los animales.

#### **IV.3.5.4 Sistemas de pastoreo**

Los grandes errores cometidos en el pasado, han sido el abrir grandes áreas de matorral y pastizales para incorporar una agricultura de temporal expuesta a altos riesgos debido a lo errático y escaso de la precipitación pluvial, llevando a grandes fracasos (Jaramillo, 1994).

El manejo inadecuado de los agostaderos basados en sistemas de pastoreo: intensivos, rotacionales, por franjas, controlados, racionados, diferidos, continuos etc. no

ha permitido la recuperación de la capa vegetal (Palma, 1996), la disminución o sustitución del estrato original, por otras especies o por la denudación de los suelos ha sido relacionada con los sistemas de pastoreo, principalmente con el sistema continuo (Sharrow, 1983). En respuesta a esta problemática es necesario el desarrollo de nuevos métodos de uso sostenible de los recursos forrajeros rehabilitando la vegetación a través de buenas prácticas de manejo de los agostaderos con ganado, resemebrando especies nativas o introducidas fomentando su revegetación (Jaramillo, 1994).

En la actualidad se crean nuevos sistemas de pastoreo, tal es el caso del pastoreo racional, que es una opción de manejo de los recursos forrajeros, teniendo como objetivo una cosecha racional con la conservación de lo que se produce, en este tipo de manejo no existe un orden preestablecido para el uso de una parcela, siendo esta decisión conducida por el hombre con flexibilidad, es decir, se desarrolla el arte de pastorear como las técnicas de saber evaluar, tanto la respuesta animal como la vegetal (Alamilla, 2001).

#### **IV.3.5.5 Pastoreo intensivo móvil**

El pastoreo intensivo móvil es una técnica que implica planificación a partir de conocer y aplicar leyes y fundamentos basados en el balance entre los requerimientos de los pastos y la fisiología del animal, cuya definición indica un manejo de suelos sostenible, el cual incrementa el potencial forrajero del mismo (Alamilla, 2001).

Es una aportación tecnológica desarrollada con la finalidad de conservar un equilibrio ecológico que permita al recurso forrajero mantenerse, en un marco de biosostenibilidad. Consiste en hacer un consumo rápido del forraje ofrecido, con períodos cortos de ocupación, áreas pequeñas y altas presiones de pastoreo. Este manejo otorga un tiempo adecuado de recuperación a la planta. Requiere para su implementación herramientas como lo son cercos eléctricos, bebederos, comederos y saladeros móviles. Las ventajas de este sistema de pastoreo son incrementar la productividad de los rebaños y de las empresas al aumentar la carga animal instantánea; ampliar la calidad del forraje ofrecido; la cantidad de hierba se incrementa al no tener tiempos muertos de utilización del forraje. Su mayor desventaja radica en el desconocimiento de su aplicación racional que puede ser contraproducente y negativa para la vida útil del agostadero sobre utilizado en diferentes especies de rumiantes (Delgadillo, 1998; Puga y Galina, 2004).

#### IV.3.5.6 Agostaderos del semiárido mexicano como recursos forrajeros

El territorio nacional ha sido dividido en tres grandes zonas ecológicas ganaderas donde la producción pecuaria se ha adecuado a los diversos ecosistemas quedando conformadas por las zonas áridas y semiáridas, las zonas tropicales y las zonas templadas, en este trabajo se hace referencia a las zonas áridas y semiáridas las cuales poseen una superficie de aproximadamente 95 millones de hectáreas que corresponden al 48% de la superficie total del país, dentro de estas 39 millones corresponden a la zona semiárida, caracterizadas por su baja precipitación pluvial acompañada de temperaturas extremas (Jaramillo 1994).

En el 2004 Ramírez y colaboradores, discutieron cuales fueron 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), además de seis especies nativas (*Panicum phallii*, *Bouteloua gracilis*, *Setaria macrostachya*, *Hilaria berlandieri*, *Cenchrus incertus* y *Aristida spp*), las cuales presentaron un contenido de proteína cruda de entre 6 y 12 %, así como digestibilidad de la materia seca 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 son predominantemente especies del genero *Prosopis* (*P. laevigata*, *P. grandulosa*); *Acacia* (*A. farnesiana*, *A.greggii*, *A. rigidula*, *A. schaffneri*, *A. berlandieri*) y *Mimosa* (*M. biuncifera*) además de *celtis pallida* (Delgadillo, 1998; Galina *et al.*, 1998; Ramírez, 1999; Ramírez *et al.*, 2004). En este grupo se destaca la presencia de *Acacia farnesiana* especie abundante en estas regiones y que es consumida por los caprinos en pastoreo preferentemente 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 que particularmente en la floración presentan una importante cantidad de compuestos orgánicos clasificados como ácidos grasos esenciales. Particularmente dentro de la industria de lácteos la presencia de estos ácidos grasos está estrechamente relacionada con la identidad de un producto que en términos de aroma, color y sabor determinan sus características regionales (Rubino, 2002).

Las gramíneas, por su parte están representadas por un gran cantidad de pastos o zacates de diversos géneros como: *Bouteloua*, *Bothriochloa*, *Leptochloa*,

*Rhyncheltythurum*, *Panicum*, *Aristida*, *Setaria*, *Cenchrus* e *Hilaria* entre otros. Las principales cactáceas son: *Opuntia affasiacantha*, *O. amyctaea*, *O. cretochaeta*, *O. hytiacantha*, *O.robusta*, *O. streptocanta* y *O. tomentosa* entre otras (Delgadillo, 1998; Galina *et al.*, 1998; Ramírez, 1999).

#### IV.4 Leche

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

La leche es una mezcla homogénea de un gran número de sustancias: lactosa, glicéridos, proteínas, sales, vitaminas y enzimas, entre otras, que se encuentran en emulsión con las grasas y sustancias asociadas; o metabolitos que se encuentran en suspensión como las caseínas ligadas a sales minerales y en disolución verdadera como la lactosa, vitaminas hidrosolubles, proteínas del suero y sales minerales, como se muestra en el cuadro 6 (Alais, 1990).

**Cuadro 6.** Composición de leche de diferentes especies, g/100g (Alais, 1990).

Especie	Agua	ST	SNG	Proteína Total	Caseína	Grasa	Lactosa	Cenizas
Humana	87.1	12.9	8.8	1.3	0.5	4.1	7.2	0.3
Vaca	87.6	12.4	8.7	3.3	2.8	3.7	4.7	0.6
<b>Cabra</b>	<b>87.0</b>	<b>13.0</b>	<b>8.5</b>	<b>3.6</b>	<b>2.7</b>	<b>4.5</b>	<b>4.6</b>	<b>0.6</b>
Borrega	81.6	12.9	8.8	5.8	4.9	7.5	4.4	0.9

ST = Sólidos totales

SNG= Sólidos no grasos.

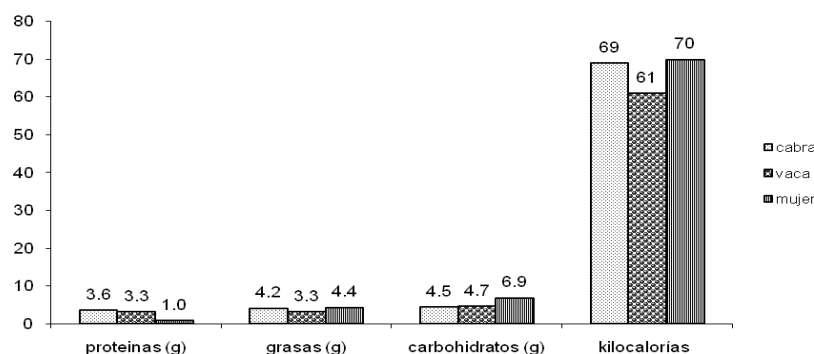
#### IV.4.1 Leche de cabra

A pesar de que la leche de vaca, oveja y cabra contienen el mismo tipo de nutrientes; difieren en la capacidad en la que el ser humano puede asimilarse; registrándose casos de alta sensibilidad o intolerancia. Un ejemplo son las proteínas, muchos infantes son sensibles a las proteínas de la leche vacuna causando cólicos; característica que puede disminuir al ingerir leche caprina. Las proteínas de la leche de cabra difieren de las de otras especies en su composición de aminoácidos y en la proporción relativa de sus proteínas lácteas y su polimorfismo genético. En relación a la leche vacuna las proteínas de la leche caprina poseen menor resistencia a calor térmico y un mayor pH. Estas propiedades favorecen su asimilación y hacen de la leche caprina el sustituto ideal (Klinger y Rosenthal, 1997).

#### IV.4.2 Composición de la leche de cabra

Entre los principales componentes de la leche se tienen agua, lípidos, proteínas y otras sustancias nitrogenadas, carbohidratos, sales minerales, vitaminas, ácidos orgánicos, enzimas y microorganismos. El componente más abundante de la leche es el agua y en ella se encuentran en disolución: sales, azúcares, proteínas del suero, lactosa y vitaminas hidrosolubles; mientras que en suspensión coloidal se encuentran las micelas de caseína, proteínas globulares y partículas lipoproteicas; finalmente la grasa, la encontramos en emulsión (Losada, 2002). En la figura 1 se presenta la comparación de los principales macro componentes y la energía que aportan algunos tipos de leche.

**Figura 1.** Composición proximal de leche de cabra, vaca y mujer en g/100g (Arbiza y Lucas, 2001).





#### IV.4.3 Factores que afectan la composición de la leche de cabra

La leche es un alimento completo, de todas las leches producidas por los animales domésticos, la de cabra posee uno de los mejores valores metabólicos, digestibilidad, capacidad buffer y efectos terapéuticos para los humanos. Solo es superada por la leche humana (Arbiza y Lucas, 2001).

Arbiza y Lucas (2001) describen que existen diversos factores que pueden generar variación en la composición de la leche de cabra entre los que destacan:

- a) Genéticos; especie, raza e individuo.
- b) Fisiológicos; etapa de lactación, edad del animal, número de partos y la gestación.
- c) Patológicos.
- d) Externos como el clima, alimentación y el sistema de ordeño.

#### IV.4.4 Propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra

En cuanto a propiedades físicas la densidad, acidez, índice de refracción y viscosidad de la leche de cabra es comparable con la leche de vaca; mientras que presenta una mayor tensión específica en la superficie como puede apreciarse en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Algunas propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra y vaca (Arbiza y Lucas, 2001).

Propiedades	Leche de cabra	Leche de vaca
Gravedad específica	1.029 - 1.039	1.031 -1.039
Viscosidad (Cp)	2.12	2.0
TES (dinas/cm)	52	2.3-2.1
Índice de refracción	1.450 +- 0.39	1.451 +- 035
Acidez	0.14 -0.23	0.15 -0.18
pH	6.50 – 6.80	6.65 – 6.71

TES: Tensión específica de superficie

Respecto a los compuestos nitrogenados, la leche de cabra contiene, en total de 0.5 a 0.6 % de nitrógeno, que como puede apreciarse en el Cuadro 8. En su mayoría corresponde a caseínas y en pequeñas fracciones de lactoalbúminas, lactoglobulinas y nitrógeno no proteico (Jennes, 1980).

**Cuadro 8.** Compuestos nitrogenados en leche de cabra y vaca (Jennes, 1980).

Nitrógeno	Cabra (g/kg)	Vaca (g/kg)	% de Nitrógeno
Nitrógeno no proteico	2.67	1.61	8.7
Proteínas totales	28.18	32.66	91.3
Caseínas	22.31	24.82	75.6
Nitrógeno Total	30.85	36.15	100

Las caseínas constituyen más del 80% de todos los compuestos nitrogenados. Al igual que en la leche de vaca, la leche de cabra presenta la existencia de cuatro caseínas principales:  $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$ ,  $\beta$  y K caseína. La leche de cabra es rica en la forma polimórfica:  $\alpha_{S2}$  (Mora-Gutiérrez et al., 1991). Esto es de gran importancia a nivel tecnológico, ya que al influir en la cantidad de proteína total. Aumenta la facilidad de coagulación, otorga textura a los quesos y aumenta el rendimiento. La  $\beta$ -caseína (>50% del total) en la leche de cabra es mas soluble a temperaturas bajas que su homóloga en la leche de vaca lo cual influye positivamente en el proceso de homogenización (O'Connor y Fox, 1973). Existen además otras variaciones entre la leche de cabra y vaca;

El tamaño de las micelas proteicas es menor (50 nm) respecto a la segunda (75 nm); lo que propicia diferente comportamiento durante la sedimentación y la proteólisis, además de distinta capacidad de unión con el agua, lo que resulta en una cuajada de menor tamaño en el estómago y por tanto, mayor digestibilidad (Arbiza y Lucas, 2001).

En el suero de la leche encontramos  $\beta$  lactoalbúminas (74 %), inmunoglobulinas (18.3 %) y  $\alpha$  lactoalbúminas (7.1 %). En esta fracción también se encuentran lactoferrinas y transferrinas, en las cuales residen muchas de las propiedades antialérgicas atribuidas a la leche de cabra. No parece existir diferencias sensibles entre los aminoácidos presentes de las leche de cabra, oveja, vaca y mujer. Todas son ricas en lisina, uno de los aminoácidos esenciales más escasos en la dieta infantil (Park, 2000). En relación al nitrógeno no proteico, la leche caprina posee una mayor cantidad, predominando la presencia de urea (85 %), de ácidos aminados simples (17 %), y en menor proporción: creatina, creatinina, amoniac y ácido úrico (Arbiza y Lucas, 2001).

Los lípidos son uno de los componentes más importantes de la leche en términos nutricionales y en características tanto fisicoquímicas como sensoriales. Los porcentajes de grasa, son similares entre las leches de cabra, vaca y humano así mismo está subdividida de una manera semejante, encontrándose: triglicéridos, di y monoglicéridos,

fosfolípidos, glicolípidos, vitaminas liposolubles y esteroides donde encontramos al colesterol y a los fitoesteroides (Fraga *et al.*, 2000).

Uno de los aspectos más importantes de la grasa butírica, es la forma como se presentan los glóbulos y la composición o porcentaje de los distintos ácidos grasos. El 65% de los glóbulos de grasa, tienen un diámetro inferior a 3 micras en comparación al 42% que se presenta en la leche de vaca. El promedio de diámetro globular es 3.5 micras, considerablemente menor al de la leche de vaca, que es de 4.5 micras. Así con el mismo porcentaje de grasa, la cabra presenta el doble número de glóbulos de grasa que la de vaca. Cuanto más pequeños son los glóbulos de grasa mejor es la dispersión de los mismos en la fase líquida de la leche; además este menor diámetro le otorga a la grasa la característica de mayor digestibilidad, disminuyendo el tiempo de tránsito intestinal al facilitar el ataque de las lipasas (Heinlein, 2004).

La grasa de leche de cabra posee un mayor porcentaje (>75%) de ácidos grasos de cadena media y corta (C6, C8, C12, C14, C16, C18 y C18:1) respecto al de la leche de vaca. Abundan los ácidos caproico, caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, linoléico y araquidónico; que además de aportar sabor y olor característico, favorecen la acción de las lipasas que atacan el enlace éster (Park, 2000). Además aporta un considerable contenido de ácido linoleico conjugado descrito a partir de este momento con sus siglas en inglés (CLA) al que se le atribuyen propiedades anticancerígenas e hipocolesterémicas (Khanal, 2004).

Por otro lado, los carbohidratos, se presentan casi exclusivamente como lactosa, sintetizada a partir de la glucosa en las glándulas mamarias y que constituye alrededor de 4.5% de la leche, aunque presenta pequeñas cantidades de monosacáridos y oligosacáridos como el inositol (Park, 2000; Arbiza y Lucas, 2001).

Los minerales representan una fracción reducida: menor al 1%. Muchos de los componentes minerales poseen gran importancia bromatológica e industrial, como el calcio y el fósforo que influyen en la coagulación, el equilibrio salino y la estabilidad de la leche al calentarse, además en el aspecto nutricional proporciona una buena mineralización al organismo, ayudando a formar huesos más compactos (Arbiza y Lucas, 2001).

**Cuadro 9.** Promedio del contenido mineral en leches de cabra, vaca y humana (Arbiza y Lucas, 2001).

Mineral (mg/100g)	Cabra	Vaca	Humana
Calcio	134	119	32
Fósforo	100.7 – 111	93	14
Sodio	43.5 – 50	49	17
Potasio	189.9 – 204	151	51
Magnesio	4.0 – 21	13	3
Cloro	165.1	-	-
Fierro	0.05	0.05	0.03

En general, las leches de cabra y de vaca difieren poco en su contenido mineral, la primera es más rica en calcio, fósforo, potasio y cloro. La leche de cabra cubre muy bien los requerimientos minerales de un infante, ya que como se observa en el Cuadro 9; posee todos los elementos considerados y en mayor cantidad que en la mujer (O'Connor, 1994). En relación con las vitaminas las diferencias se acortan y desde el punto de vista nutricional la leche de cabra provee adecuadamente de vitamina A, niacina, tiamina, riboflavina y pantotenatos. Sin embargo, comparado con, la leche de vaca. La leche de cabra es deficiente en ácido fólico y vitamina B12 (Jennes, 1994).

La leche de cabra carece de pigmentos carotínicos debido a eso, tanto la crema como la manteca son totalmente blancas. La determinación de la presencia de carotenos es uno de los métodos para descubrir la adulteración de leche de cabra por la de vaca (Arbiza y Lucas, 2001). A la leche de cabra se le han atribuido desde la antigüedad propiedades terapéuticas y farmacológicas. Se ha observado que personas afectadas con padecimientos gastrointestinales (úlceras gástricas, estenosis pilórica, etc.) evolucionan favorablemente con la ingestión de esta leche, debido a la capacidad amortiguadora de pH (Park, 2000).

Se prescribe a pacientes con exceso de colesterol, ya que presenta entre un 20% y 30% menos (11 mg/100 ml, en comparación a la leche de vaca (14 mg/100 ml) dependiendo el tipo de alimentación, convirtiéndose en un producto importante para la prevención de diabetes, aterosclerosis u otras afecciones cardiovasculares (Morales *et al.*, 2000; USDA, 2007).

La leche de cabra es particularmente rica en Coenzima Q, a la cual se le ha atribuido cierta actividad anticancerígena, destacándose que las personas que son sometidas a la quimioterapia, al tomar la leche de cabra, en algunos casos pueden atenuar

los reacciones secundarias tales como la caída del cabello y la asimilación de otros alimentos (Muñoz, 2002).

## **IV.5 Queso**

Como lo describe la NOM 121-SSA-1994, los quesos son productos elaborados con la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos.

### **IV.5.1 Clasificación de los quesos**

Las modificaciones realizadas durante el proceso de elaboración de cada tipo de queso da lugar a una amplia variedad de los mismos, sin embargo no existe un solo criterio de clasificación por lo que se recurre al criterio de cada autor para interpretarlo, tomado en cuenta principalmente características del proceso de elaboración y la materia prima (Villegas, 2000).

De acuerdo a la norma NOM 121-SSA-1994, los quesos pueden ser clasificados por su proceso de elaboración en: fresco, madurado y procesado.

***Quesos frescos:*** Productos que se caracterizan por ser productos de alto contenido de humedad, sabor suave y no tener corteza, pudiendo o no adicionarle ingredientes opcionales y tener un periodo de vida de anaquel corto, requiriendo condiciones de refrigeración.

***Quesos madurados:*** Alimentos que se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza; sometidos a un proceso de maduración mediante la adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto del que se trate, lo que le permite prolongar su vida de anaquel, los cuales pueden o no requerir condiciones de refrigeración.

***Quesos procesados:*** Productos que se caracterizan por ser elaborados con mezclas de quesos, fusión y emulsión con sales fundentes, aditivos para alimentos permitidos e

ingredientes opcionales, sometidos a proceso térmico de 70 °C durante 30 segundos o someterse a cualquier otra combinación equivalente o mayor de tiempo y temperatura, lo que le permite prolongar su vida de anaquel.

Otras clasificaciones fueron establecidas por Bernal en 1992 y Villegas en el 2000.

**Tipo de materia prima:** De acuerdo al tipo de leche empleada: leche de vaca, cabra, oveja, etc.

**Tipo de coagulación:** De acuerdo al tipo de coagulación empleada para la obtención de la cuajada: acidificación, por adición de cuajo, combinación de ambos.

**Consistencia de la pasta:** untable, friable ó hilada.

**Contenido de humedad:** Por la cantidad de humedad que presenta el producto denominándose en: frescos (73-87 %), blandos (48-76 %), semiduros (42-52 %), duros (30-40 %), extraduros (< 31 %)

**Grado de maduración:** Frescos, medianamente maduros y fuertemente maduros.

**Tipo de maduración:** Por bacterias, mohos o la combinación de éstos.

**Contenido de grasa** Consiste en la cantidad de grasa presente: doble crema (65-85%), crema (50-65 %), grasos (40-50 %), semigrasos (10-25 %), magros (< 10 %).

#### **IV.5.2 Importancia de la elaboración de queso**

La leche es considerada como el mejor alimento natural, por aportar cantidades importantes de nutrientes esenciales en la dieta humana, de ahí la importancia del queso ya que en él se puede conservar las características nutritivas de la leche por un periodo de tiempo largo (Marilley y Casey, 2004; Beresford, 2001).

Una vez transformada la leche a queso se tiene una fuente concentrada de proteína en su mayoría caseínas que contienen todos los aminoácidos esenciales (Ile, Leu, Lys, Tre, Trp, Phe y Val) y nitrógeno inorgánico que compensa la leve deficiencia de aminoácidos sulfurados, (Met y Cys) de la caseína. Destacando que la proteína constituye la base elemental sobre la que se estructuran casi todas las funciones celulares (Schlimme, 2002; Varnam, 1995).

El queso es rico en ácidos grasos esenciales, energía, minerales y vitaminas (excepto vitamina C). La variedad en composición y valor nutrimental van acompañados de una vasta diversidad organoléptica atributo que favorece la permanencia del producto en el mercado por la preferencia del consumidor. Económicamente el queso es importante

porque genera un valor agregado a la leche después de transformarla, incrementando las utilidades y rentabilidad de la gente que se dedica a esta actividad (FIRA, 1999).

#### **IV.5.3 Proceso de elaboración de queso**

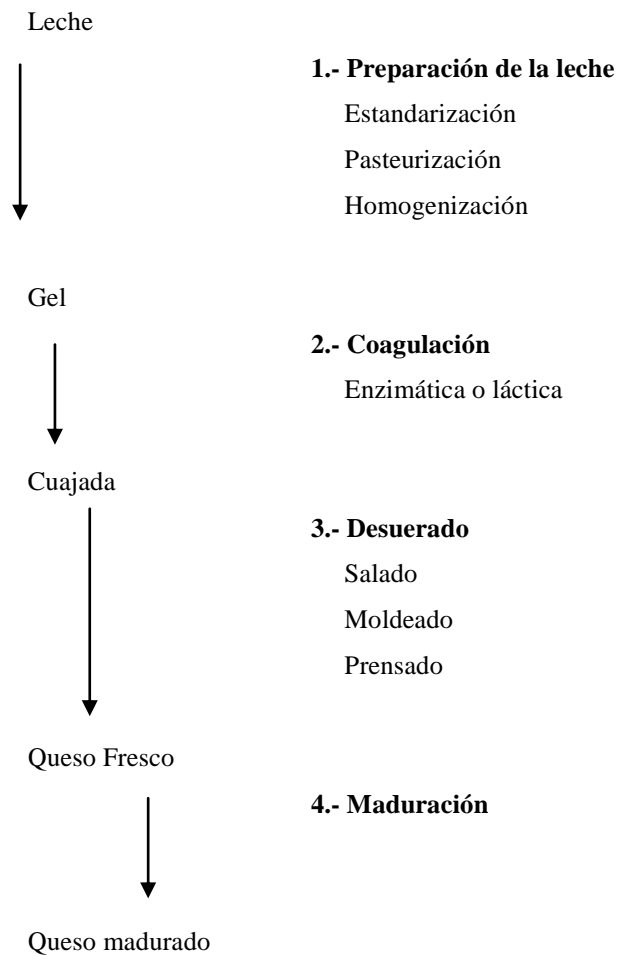
El queso representa una alternativa sensorialmente diferente para el consumidor y un método de preservación o conservación de los sólidos de la leche junto con un incremento del valor de los mismos, en comparación con la leche fluida para consumo directo; además de que en su elaboración se alienta la actividad económica al sumarse el valor agregado de su producción; el queso es un alimento muy valioso al proporcionar elementos esenciales para la nutrición (Villegas de Gante, 2003). La transformación de leche en queso consiste en hacer una coagulación de la leche transformándola en una dispersión coloidal, en un gel denominado cuajada, con la posterior separación del suero (García-Garibay, 2004).

Se puede diferenciar cinco operaciones principales y comunes en la fabricación de quesos: preparación de la leche, coagulación, escurrimiento, salado y maduración. La Figura 2 muestra un diagrama general de la elaboración del queso (Fox y Cogan, 2004).

Las diferencias sensoriales que se generan en cada variedad de quesos existentes, están dadas por las diversificaciones aplicadas en cada una de las operaciones que se mencionan en la figura 2. Sin embargo la materia prima utilizada, (tipo de leche y microorganismos inoculados o nativos) también tiene fuerte influencia sobre el producto final (García-Garibay, 2004).

La primera etapa de elaboración del queso es la preparación de la leche: siendo esta la materia prima vital para obtener productos de buena calidad sanitaria, nutricional y sensorial; además de permitir reducir los efectos de fabricación. La terminación y pasteurización son tratamientos térmicos que se aplican a la leche para evitar que se deteriore por contaminación o desarrollo microbiano. La segunda etapa de la transformación de leche a queso resulta del cambio irreversible de la leche del estado líquido al estado semisólido denominado gel o coágulo, formado por acidificación o por la adición del cuajo (Mahaut *et al.*, 2003).

**Figura 2.** Diagrama general de la elaboración de queso (Fox y Cogan, 2004; Cuchillo, 2007).



La tercera etapa del proceso tiene como fin la deshidratación, deslactosado y desmineralizado. Comienza inmediatamente después de finalizar la segunda etapa ya que el gel presenta un estado inestable. El lactosuero compuesto; por agua, lactosa, sales minerales y proteínas con poca materia grasa se separa del coagulo que se está formado. La última etapa de elaboración continua con la perdida de humedad que involucra tres fenómenos bioquímicos; fermentación de la lactosa a ácido láctico, degradación de proteínas en elementos menos complejos; péptidos, aminoácidos, amoniac y la hidrólisis de la materia grasa fenómenos que se expresan en el sabor, aroma y textura del producto final (Mahaut *et al.*, 2003).



#### IV.5.4 Composición de los quesos

La composición química de los quesos se ve directamente influenciada por el tipo de leche utilizada (alta en grasa, baja en grasa o descremada, especie, raza, temporada del año, hora de ordeña y periodo de lactancia entre otros factores), el proceso de manufactura y en menor medida por el grado de maduración. Los nutrientes de la leche insolubles en agua: caseína coagulada, minerales coloidales, grasa, esteroides, fosfolípidos y vitaminas hidrosolubles, son retenidos en la cuajada, mientras que los constituyentes de la leche solubles en agua: proteínas de hidrosolubles, lactosa, vitaminas y minerales lipofóbicos se separan en el suero (O'Brien y O'Connor, 2004).

El Cuadro 10, presenta la composición química de algunos de los tipos de queso más importantes, manufacturados y consumidos mundialmente. La cantidad de proteína varía de 8 a 35% según el tipo de queso, así mismo la cantidad de grasa va del 11 al 34%, ambos nutrientes son inversamente proporcionales entre sí. Paralelamente el contenido energético de los diferentes quesos varía entre 100 Kcal/100g de queso fresco y 452 Kcal/100g en el queso Parmesano (O'Brien y O'Connor, 2004).

**Cuadro 10.** Composición química de algunas variedades de queso (O'Brien y O'Connor, 2004; Villegas de Gante, 2003).

<b>Tipo de Queso</b>	<b>Humedad (g/100g)</b>	<b>Proteína (g/100g)</b>	<b>Grasa (g/100g)</b>	<b>Colesterol (mg/100g)</b>	<b>Energía (kcal/100g)</b>
<i>Edam</i>	43.8	26.0	25.4	80	333
<i>Emmental</i>	35.7	28.7	29.7	90	382
<i>Feta</i>	56.5	15.6	20.2	70	250
<i>Gouda</i>	40.1	24.0	31.0	100	375
<i>Gruyere</i>	35.0	27.2	33.3	65	409
<i>Mozzarella</i>	49.8	25.1	21.0	65	289
<i>Parmesano</i>	18.4	34.9	32.7	100	452
<i>Ricotta</i>	72.1	9.4	11.0	50	144
<i>Roquefort</i>	41.3	19.7	32.9	90	375
<i>Petit suisse</i>	79.0	8.5	7.5	-	118
<i>Panela</i>	58.0	20.0	20.0	-	-
<i>Cotija</i>	37.4	28.8	24.0	-	-
<i>Oaxaca</i>	49.1	24.4	19.9	-	-

## IV.6 Calidad de los quesos

Al hablar de calidad en los quesos nos podemos referir a calidad microbiológica, sensorial y fisicoquímica del queso, sin embargo la calidad básica del queso es producto de sus principales componentes como son: humedad, actividad del agua ( $a_w$ ), materia grasa, proteínas, cenizas, sal, acidez, y pH (Elgersma, 2006).

### IV.6.1 Factores que afectan la calidad de los quesos

La calidad del queso puede ser afectada por diversos factores entre los que destacan:

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

- ❖ **Raza de los animales.** El rendimiento anual y la composición de la leche pueden llegar a variar significativamente de una raza respecto a otra (Elgersma, 2006; Fekadu, 2005). Lo que puede ser útil para diferenciar razas comparadas entre sí como lo muestra el cuadro 11. (Amiot, 1991; Schlimme, 2002).

**Cuadro 11.** Composición promedio de la leche cruda de algunas razas vacunas (Amiot, 1991; Schlimme, 2002).

COMPOSICIÓN	HOLSTEIN	JERSEY	PARDO SUIZO
Agua (%)	87.0	85.4	87.1
Grasa (%)	4.2	5.3	3.9
Proteína (%)	3.4	3.9	3.5
Lactosa (%)	4.7	4.7	4.6
Cenizas (%)	0.75	0.75	0.75
Enzimas (%)	0.68	0.70	0.73

- ❖ **Edad.** La producción de leche puede aumentar, gradualmente, del 1<sup>er</sup> parto hasta el 4<sup>to</sup> y 6<sup>to</sup>, para posteriormente disminuir gradualmente. En cuanto a la composición, la grasa disminuye conforme avanza la edad del animal (Elgersma, 2006).
- ❖ **Individualidad.** Se ha observado que, animales de la misma raza, de la misma edad, con peso equivalente, sometidas a un régimen y a una alimentación idénticas presentan, en el mismo periodo de lactancia, diferencias desde el punto de vista de la calidad y riqueza de la leche, ya sea por factores genéticos (variación de 1-2 % grasa); o bien, de la microbiota intestinal (Fekadu, 2005).

- ❖ **Manejo.** Si los intervalos entre ordeñas son cortos, baja la producción de leche. El contenido de grasa tiende a aumentar paralelamente a la curva de lactación, la leche de una lactación incompleta puede contener menos lípidos. Por otra parte, una lactación completa induce su secreción, de ahí su importancia en el aspecto productivo (Schlimme, 2002).
- ❖ **Estado sanitario.** Durante los periodos de infección disminuye la concentración de elementos nutritivos en la leche, tal es el caso de la grasa que se reduce durante algún estado patológico siendo la mastitis el más común (Fekadu, 2005).
- ❖ **Periodo de lactancia.** Etapa que comprende desde el primer día de parto hasta la época que el animal cesa de dar leche. En general, la producción máxima se encuentra en los primeros 3 meses, así como en las primeras 6 lactaciones (Elgersma, 2006). La variación en la composición de la leche se muestra en el cuadro 12.

**Cuadro 12.** Componentes afectados por el periodo de lactancia (Luquet, 1993; Varnam, 1995).

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

**Factores de proceso.** Según Fekadu (2005) y Vullegas de Gante (2000) las modificaciones en las diversas etapas de elaboración del queso, incide de forma directa sobre las características finales del producto, entre las que figuran:

- ❖ **Cortado.** Dependiendo lo fino del corte que realice el productor se favorece el desuerado que, finalmente, se ve reflejado en el porcentaje de humedad de la cuajada.
- ❖ **Salado.** Dependiendo de la concentración de sal que agregue el productor, se modifican las características sensoriales; así como, la humedad del queso.

- ❖ **Desuerado y prensado.** Influye dependiendo la presión que se ejerza sobre la cuajada que, finalmente, se traduce en el porcentaje de humedad.
- ❖ **Madurado.** Dependiendo del tiempo y temperatura, los microorganismos presentes darán al producto cierta acidez y humedad, textura, sabor y aroma. Asimismo, se suelen perder compuestos como la riboflavina.

**Factores ambientales.** El clima, suelo, características de la unidad de producción y el manejo agrícola son algunos de los factores que influyen en la calidad de los quesos (Lu y Foo, 2001).

**Situación geográfica, estación y clima.** En general, la producción de leche tiende a aumentar en verano y disminuir en invierno y en forma inversa, el contenido de grasa y sólidos de la leche se hace mínima durante el verano, teniendo tendencia a aumentar durante el invierno. También se dice que la leche es más rica en grasa por las tardes (Lu y Foo, 2001).

**Sistema de alimentación.** Dependiendo de la cantidad y composición del alimento, cambia la producción y composición de la leche; por ejemplo, si se reduce la cantidad de alimento, disminuye la producción, aumenta el porcentaje de sólidos pero no hay gran disminución de grasas. En cambio, si es insuficiente la presencia de vegetales verdes en la alimentación, se tendrá un descenso en la producción de leche, debido a que la fermentación en el rumen no es efectiva pues disminuye la formación de ácido acético y otros ácidos que son los principales formadores de ácidos grasos (Elgersma, 2006; Schlimme, 2002).

#### **IV.7 El queso de leche de cabra**

El queso de leche de cabra se distingue por su sabor y aroma típicos, sus características nutrimentales ligadas al tipo de alimentación del ganado que suele tener un efecto positivo para la salud de quienes lo consumen. Este producto es también muy apreciado de acuerdo al sitio y sistema de producción; particularmente cuando posee un certificado de denominación de origen o certificación de elaboración con leche cruda, así como de pastoreo (Muir *et al.*, 1995; Arbiza y lucas, 2001).

El queso de leche de cabra es el resultado de la coagulación de la leche empleando cuajo, bajo condiciones específicas de tiempo y temperatura. Sensorialmente es blanco,

húmedo, con sabor agudo debido a la presencia de compuestos volátiles como son los ácidos: hexanoico, octanoico, decanoico, 4 metil-octanoico y 4 etil-octanoico, entre otros; con características propias dependiendo del tipo (Lé Quéré *et al.*, 1998; Cuchillo *et al.*, 2006).

Entre cientos de variedades de quesos elaborados con leche de cabra el queso Sainte-Mauré, Panela y Feta se discuten a continuación.

**Sainte-Mauré:** Queso de origen francés, de pasta blanda, generalmente de forma cilíndrica, corteza estriada por el reposo en el afinado (10 días – 4 semanas), la especie microbiana dominante en este tipo de quesos es *Debaryomyces hansenii*. Puede estar cubierto de una capa fina de ceniza, que lo vuelve ligeramente azulado y mejora su conservación, aunque también existe en su versión natural y en ocasiones adicionado con diferentes sabores como son cebolla, ajo, ajonjolí, etcétera (Fox y Cogan, 2004).

**Panela:** Queso de origen mexicano, de consistencia sólida, blando, suave aroma, sabor ligeramente salado por la adición controlada de cloruro de sodio. Después del desuerado aun mantiene un alto contenido en agua, generalmente es moldeado en cestos (Juárez, 2008).

**Feta:** Queso de origen griego, consistencia sólida, cuajada blanca, después de ser desuerado se sala en salmuera. El afinado se realiza a temperaturas entre 4-6 °C, por un mínimo de 2 meses. Este tipo de queso presenta un fuerte carácter, debido a la presencia de compuestos volátiles, con contenidos elevados de etanol, propanol, 2-butanol y 2-butanona (Eck, 1990).

#### IV.7.1 Composición proximal del queso de leche de cabra

En cuanto a la composición química del queso de leche de cabra, algunos autores han reportado la composición proximal, como se muestra en el cuadro siguiente:

**Cuadro 13.** Composición proximal del queso de leche de cabra del tipo Sainte- Mauré (g/100g base húmeda).

	Kosikousky y Mistry, 1997	Gambelli <i>et al.</i> , 1999	Park, 2000	Bonilla, 2005	Cuchillo, 2007	Fuentes, 2009
<b>Humedad</b>	60.7	67.0	59.8	56.5	53.2	53.64
<b>Proteína</b>	18.5	9.0	18.9	16.2	14.5	16.7
<b>Grasa</b>	21.0	18.6	22.5	14.5	22.0	28.8
<b>Energía (kcal/100g)</b>	268	21.5	-	23.8	240	270.8
<b>Colesterol (mg/100g)</b>	46	55.2	109.9	90.3	91.6	68.8

#### **IV.7.2 El queso de leche de cabra en México**

El queso de leche de cabra en México es típicamente suave, ligeramente ácido y generalmente unttable. La información referente a los aspectos nutrimentales de este producto está basada en la que el queso difunde a través de la etiqueta y que se restringe a las características comerciales habituales (Bonilla, 2005). La oferta de queso de leche de cabra en México se ha incrementado a pesar de que tradicionalmente la gastronomía mexicana es pobre en proteínas de origen animal, situación que abre un campo fértil para el queso de leche de cabra en el gusto de los consumidores (SAGARPA, 2003). El queso de leche de cabra puede encontrarse en forma artesanal sin embargo con la creciente demanda de sus variedades ahora también se ha ubicado en los supermercados, restaurantes y tiendas gourmet de todo el país (Bonilla, 2005).

El queso de leche de cabra puede degustarse solo o acompañado de algunos vinos, aunque puede ser incluido como materia prima de una gama amplia de platillos. Existen en el mercado nacional aproximadamente 30 marcas comerciales de queso de leche de cabra, tanto nacionales como extranjeras (provenientes de Francia, Estados Unidos de Norte América y España principalmente). Alrededor de 23 productos comerciales son elaborados en México y en su mayoría son de tipo Sante-Mauré, sin embargo también se ofrece el tipo Feta y Panela (Fuentes, 2009).

#### **IV.8 Disponibilidad de alimento para consumo humano**

El mundo ha experimentado modificaciones drásticas en los patrones de procesamiento de alimentos. En el pasado, éste se realizaba de forma predominante en el hogar y dependía de tecnología relativamente simple, con algún grado de procesamiento artesanal en el ámbito colectivo local. En la actualidad, varios de los alimentos consumidos por la población se procesan de manera industrial mediante tecnología compleja, en centros que concentran volúmenes elevados de producción, casi siempre alejados del ámbito local (Bassols *et al.*, 1992).

La primera etapa de penetración de firmas transnacionales en México comienza a finales del siglo XIX con la agroindustria (control de insumos para la agricultura), en tanto que otras firmas se dedican a la producción de alimentos para el mercado interno, esto último a partir de comienzos del siglo XX. Una segunda etapa se inicia, a partir de la Segunda Guerra Mundial en la que nuevas firmas estadounidenses aparecen a partir de

1955 en América Latina para satisfacer necesidades alimenticias de las clases medias y altas de la población urbana, para lo cual introducen productos de un fuerte valor agregado, como subproductos de carne, leche, cereales, platos preparados, aceites, salsas y confitería. A partir de entonces la presencia de los alimentos industrializados en el mercado ha aumentado de forma vertiginosa (Bassols *et al.*, 1992). Encuestas realizadas en zonas rurales de México durante los últimos 40 años han documentado incrementos del consumo de alimentos industrializados aun en lugares apartados (Bassols *et al.*, 1992).

El procesamiento industrial aumenta la vida de anaquel de los alimentos y el uso de empaques u otros medios de contención facilitan su manipulación y transporte, lo que redundaría en la posibilidad de grandes volúmenes de distribución y venta. Además, el procesamiento permite la modificación de sabores y características de los alimentos para mejorar su palatabilidad, lo que favorece su aceptación y volúmenes de venta. Esto ha llevado al desarrollo de alimentos industrializados con alta densidad energética, debido a los elevados contenidos de grasas, con frecuencia provenientes de aceites vegetales parcialmente hidrogenados, los cuales son ricos en ácidos grasos *trans*, o bien debido a grandes contenidos de carbohidratos simples o azúcares, que se aceptan bien por su palatabilidad (Aro *et al.*, 1998). Aunado a esto, los alimentos industrializados contienen generalmente sodio y bajo contenido de fibra. En virtud de estas características de la composición de los alimentos industrializados, existe preocupación por sus posibles efectos adversos de la nutrición sobre la composición corporal y la salud de la población (González *et al.*, 2007).

#### **IV.9 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 Norte América no solo tienen diferentes definiciones sino también diferentes términos para describir una industria que está estimada de un crecimiento de 15 a 20% por año con un mercado de 63 billones de

dólares anuales. En los Estados Unidos el término “Nutraceutico” se prefiere, mientras que en la Unión Europea el término utilizado ha sido “Alimento funcional” (Hasler, 1998; Gibson *et al.*, 2000).

En Estados Unidos se definió a los “Nutracéuticos”, como *aquellos compuestos bioactivos de origen natural, que promueven la salud, previenen enfermedades y pueden ser suministrados de diferentes maneras*. Las presentaciones de los nutracéuticos pueden ser clasificados en suplementos (píldoras, cápsulas, tabletas ó forma líquida), así como en alimentos completos (yogurt, ajo y zanahoria) y por último los alimentos convencionales adicionados con compuestos nutracéuticos. Por otra parte, expertos de la Unión Europea, que trabajaron en un proyecto FUFUSE (Functional Food Science in Europe), definieron a los alimentos funcionales como: *aquellos productos convencionales consumidos como parte de la dieta normal, que contienen compuestos que están presentes naturalmente, con efectos probados científicamente, más allá de su efecto nutritivo que promueve bienestar e incrementa la salud y la calidad de vida y/o reduce los riesgos de enfermedad* (Gibson *et al.*, 2000).

Desde la perspectiva Europea, la ciencia deberá servir para establecer el tipo de funcionalidad, pudiendo ser el aumento del bienestar (tipo A) o reducir el riesgo de enfermedad (tipo B). 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).

#### **IV.10 Patrón epidemiológico mexicano**

En las últimas décadas el patrón epidemiológico Mexicano, ha atravesado por un periodo de constante transición, siendo en los años treinta las enfermedades infecciosas y parasitarias responsables del 70% de las muertes en todo el país, sin embargo en la actualidad solo representan el 12%. Durante el mismo periodo, la proporción de muertes por enfermedades no trasmisibles (relacionadas con la obesidad y el sobrepeso) se ha elevado del 23 al 75% del total, En el año 2005, la Encuesta Nacional de Nutrición y Alimentación indicó que el 62% de las mujeres y el 51% de los hombres en edad reproductiva padecen obesidad o sobrepeso, situación que incrementa el peligro de contraer enfermedades crónicas, como la diabetes, hipertensión arterial, enfermedades del



corazón, padecimientos vasculares, enfermedades de la vesícula y una variedad de formas de cáncer (FAO, 2005; ENSANUT, 2006).

El análisis de los patrones dietarios ha servido para estudiar la relación entre dieta y enfermedades crónicas no transmisibles. Se ha atribuido como factor la inequidad en la distribución de la riqueza, la educación, el acceso a los servicios de salud y la calidad general de los servicios básicos. No obstante, en años recientes la obesidad, la diabetes y otras enfermedades crónicas no transmisibles se han incrementado también entre la población de escasos recursos (Avila, 2007). Entre los factores que condicionan este fenómeno se encuentran el incremento o decremento en el acceso a alimentos de alta densidad energética de bajo costo, y la disminución de la actividad física de un gran número de personas que viven en áreas urbanas y cuya ocupación implica una menor actividad de este tipo (Avila, 2007; Rivera *et al.*, 2002).

La adopción de estilos de vida saludables, incluida una dieta rica en frutas y verduras y la reducción del consumo de azúcares refinados y grasa saturada, se ha promocionado como parte de la estrategia para reducir la incidencia de enfermedades crónicas. Sin embargo las encuestas nacionales de ingreso-gasto (1994-1996) han mostrado un incremento en la ingesta de grasa, un aumento de 37.2% en la compra de azúcares y carbohidratos refinados, particularmente refrescos, así como una disminución de 29.37% en el consumo de frutas y verduras (Tolentino *et al.*, 2003).

Las enfermedades crónicas se han convertido en uno de los problemas de salud pública más importantes debido a los altos costos de su tratamiento y de la prevención de las complicaciones. Los cambios en el comportamiento humano y los estilos de vida en el último siglo han provocado un gran incremento de la incidencia mundial de diabetes, sobre todo de tipo 2 (Zimmet *et al.*, 2001). La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que el número de personas con diabetes en el mundo es de 171 millones y pronostica que aumentará a 366 millones en el año 2030 (Wild *et al.*, 2004). En México, desde 1940 la diabetes ya se encontraba dentro de las primeras 20 causas de mortalidad, con una tasa de 4.2 por 100,000 habitantes. Pese a ello, se le consideraba una enfermedad poco frecuente (1% de la población adulta). Las consecuencias de la enfermedad crecieron a partir de 1970, cuando la diabetes ocupó el 15° lugar como causa de muerte. Diez años después ocupó el noveno lugar y para 1990 alcanzó el cuarto lugar como causa de mortalidad general. A partir del año 2000, la diabetes es la primera causa de muerte en

mujeres y la segunda en hombres (después de la cardiopatía isquémica, enfermedad resultante muchas veces de la diabetes). Contrario a lo observado con otras afecciones (como la cirrosis hepática), la tasa de mortalidad por *Diabetes Mellitus* aumentó desde el año 2000 al 2003). En las mujeres, la tasa se incrementó 17.1% (de 51.2 a 61.8 por 100 000 habitantes) y en los hombres el ascenso fue de 22.2% (de 42.2 a 51.6 por 100 000 habitantes). En 2003, la diabetes representó 12.6% de todas las muertes ocurridas en el país y la edad promedio al morir fue de 66 años (SS, 2005; Avila, 2007).

Como alternativa diversos investigadores han desarrollado los sistemas productivos biosostenibles, que emplean el pastoreo en los cuales, es posible producir alimento de calidad deseada, ya que los alimentos de origen animal provenientes de estos sistemas pueden ser considerados alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutraceuticos, por conservar sus elementos nutritivos que han demostrado tener un efecto positivo sobre la salud y la calidad de vida de quienes los consumen (Galina *et al.*, 2006).

Actualmente existe un incremento en la demanda de los consumidores por la información clara acerca de la manera en que son alimentados los animales y un interés creciente de los consumidores en la imagen “orgánica” de los productos animales, los productos alimenticios que provienen de animales con una dieta a base de forrajes están siendo considerados como seguros, naturales y respetuosos para el bienestar animal (Prache *et al.*, 2005).

#### **IV.11 Lípidos**

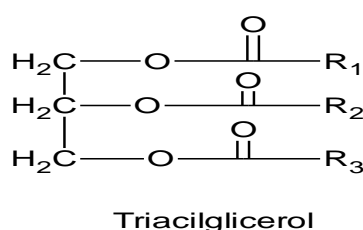
Se le conoce con el término de lípidos al conjunto de moléculas orgánicas, que se encuentran en los tejidos de las plantas y los animales están compuestas por diferentes elementos químicos que comparten la insolubilidad en agua y solubilidad en disolventes orgánicos que incluyen acetona, éter y cloroformo. Estos compuestos varían en dimensiones y polaridad. Existen fundamentalmente tres tipos de lípidos: triglicéridos (TG), fosfolípidos y ésteres (Jones y Kubow, 2002; Mataix y Gil, 2004).

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

kcal/ g (17 kJ) que originan los hidratos de carbono y las proteínas (Voet, 1992; Mataix y Gil, 2004).

A los triglicéridos se les suele identificar propiamente como “la grasa” ya que representan más del 95% del peso de grasas y aceites. Un triglicérido está formado por la condensación de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos (Figura 3); por lo que 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 de triglicéridos (Voet, 1992).

**Figura 3.** Estructura de un triacilglicerol (Mataix y Gil, 2004).



La grasa es visible para el consumidor (mantequilla, aceite o tocino, por ejemplo), pero en otras ocasiones no lo es, ya sea porque está mezclada con los otros componentes de los alimentos (en la leche) o porque forma parte de los tejidos (Mataix y Gil, 2004). Otros lípidos alimentarios son los lípidos complejos (glicerofosfolípidos y esfingolípidos). Son moléculas con funciones estructurales y funcionales que forman parte de las membranas biológicas y modulan su actividad. Además, algunos de los ácidos grasos que entran en su composición originan compuestos de gran actividad biológica: los eicosanoides. Los lípidos complejos generalmente tienen poca importancia cualitativa y cuantitativa en cuanto su aporte dietético (Jones y Kubow, 2002; Mataix y Gil, 2004).

#### IV.11.1 Ácidos grasos

Los ácidos grasos (AG's) son ácidos orgánicos (ácido carboxílico) con una larga cadena alifática, compuesta carbonos e hidrógenos. Su cadena alquílica puede ser saturada o insaturada. Son constituyentes tanto de los triglicéridos como de los lípidos complejos, su fórmula general es (Voet, 1992):



Donde el radical R es una cadena alquílica larga

*Voet, 1992*

La mayoría de los ácidos grasos naturales posee un número par de átomos de carbono, esto es debido a que son biosintetizados a partir de acetato ( $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ ), el cual posee dos átomos de carbono (Voet, 1992).

#### IV.11.2 Estructura de los ácidos grasos

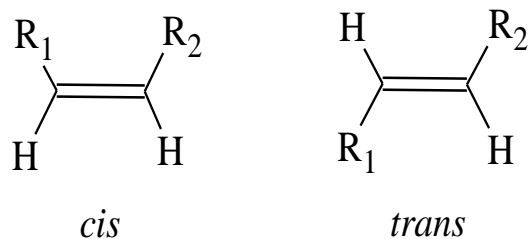
Los AG's de interés biológico son ácidos carboxílicos de número par de átomos de carbono (fundamentalmente entre 4 y 26). Se pueden clasificar en cuatro grupos de acuerdo con la longitud de su cadena (Voet, 1992):

- ❖ Ácidos grasos de cadena corta (4-6 carbonos)
- ❖ Ácidos grasos de cadena media (8-12 carbonos)
- ❖ Ácidos grasos de cadena larga (14-18 carbonos)
- ❖ Ácidos grasos de cadena muy larga (20 o más carbonos)

También se clasifican por el grado de saturación; agrupándose en AG's saturados, monoinsaturados y poliinsaturados; en los saturados no existen dobles ligaduras en la cadena de hidrocarburos, los monoinsaturados tienen una doble ligadura en la cadena y los poliinsaturados cuentan con dos o más dobles ligaduras en la cadena (Mataix y Gil, 2004).

En este sentido Mataix y Gil (2004) describen para los AG's que la disposición en enlaces simples es espacial de los hidrógenos en los enlaces simples es *trans* mientras que los dobles enlaces adoptan casi siempre una conformación de tipo *cis*. (Figura 4).

**Figura 4.** Estructura *cis* (del mismo lado) y *trans* (opuestos) de los ácidos grasos.



(Mataix y Gil, 2004)

Aunque no son mayoritarios, también hay AG's con dobles enlaces en posición *trans*. Estos proceden de manera natural de la grasa de la leche y de la carne de rumiantes en cuyo compartimiento gástrico se forman por efecto de los microorganismos (*Butyrivibrio fibrisolvens*). También se pueden originar por transformación química de los ácidos grasos que tienen dobles enlaces *cis* en determinados procesos tecnológicos, como hidrogenación, refinación de aceite, etc. (Mataix y Gil, 2004).

Los ácidos grasos más frecuentes suelen tener un nombre común, además del nombre sistemático (Cuadro 14). Así, el ácido graso saturado de 16 átomos de carbono, cuyo nombre sistemático es hexadecanoico, se suele conocer como ácido palmítico o abreviadamente, 16:0, es decir 16 átomos de carbono y ningún doble enlace (Mataix y Gil, 2004).

**Cuadro 14.** Nomenclatura de los ácidos grasos más frecuentes en los alimentos (Mataix y Gil, 2004).

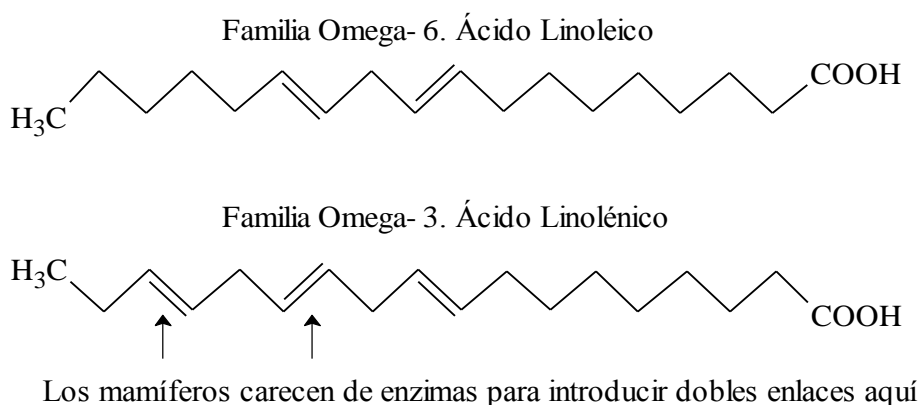
<b>Símbolo</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Sistemático</b>	<b>Formula Condensada</b>
<b>Saturados</b>			
C4:0	Butírico	Butanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
C6:0	Caproico	Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
C8:0	Caprílico	Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
C10:0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

### IV.11.3 Ácidos grasos omega-6 y omega-3

La importancia de los ácidos grasos indispensables radica en que el organismo humano no puede sintetizarlos, por lo que los debe consumir como ingrediente de su dieta, estos se clasifican de acuerdo al número de carbonos que los forman, el número de enlaces y la posición en que se encuentra la primera doble ligadura. La letra griega omega ( $\omega$ ) es usada para indicar la localización de la primera doble ligadura a partir del carbón metílico ( $\text{CH}_3$ ) terminal de la molécula del ácido graso como se muestra en la figura 5 (Ronayne, 2000).

Las familias de ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 son las de mayor interés nutricional para el hombre por ser indispensables. Los principales ácidos grasos  $\omega$ -3 son el ácido alfa-linolénico C18:3 (ALA), ácido eicosapentaenoico C20:5 (EPA), el ácido docosapentaenoico C22:5 (DPA) y el ácido docosahexaenoico C22:6 (DHA); en cuanto a la familia  $\omega$ -6 el ácido linoleico C18:2 (LA) y el ácido araquidónico C20:4 (AA) son los más destacados (Ronayne, 2000).

**Figura 5.** Familias más importantes de ácidos grasos indispensables



*Voet, 1992*

La característica de indispensables está dada porque los mamíferos carecen de las enzimas necesarias para insertar dobles enlaces en los átomos de carbono que están más allá del carbono 9. Los AG's de cadena más larga y más insaturada (AA, EPA y DHA),

son sintetizados a partir del ácido linoleico y el ácido alfa-linolénico por desaturación y elongación alternantes (Ronayne, 2000).

Los ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 son necesarios para conservar la piel y el crecimiento del cabello, regular el metabolismo del colesterol, conservar la tasa de reproducción y un óptimo desarrollo de tejido nervioso y funciones visuales. El metabolismo enzimático de los ácidos AA y EPA produce una amplia variedad de productos oxidados a los que, en conjunto, se denomina eicosanoides, los cuales ejercen diversas acciones sobre los sistemas; cardiovascular, reproductivo, respiratorio, renal, endocrino, nervioso e inmune (Ronayne, 2000; Lee y Hwang, 2008).

Los eicosanoides derivados del ácido araquidónico son los prostanooides (prostaglandinas y tromboxanos) de la serie 2 y de los leucotrienos de la serie 4, mientras que del EPA se derivan los prostanooides de la serie 3 y leucotrienos de la serie 5. La biosíntesis de dichos compuestos se realiza a través de la cicloxigenasa y de la lipoxigenasa, existiendo una competencia entre EPA y AA a nivel de dichas enzimas, los eicosanoides que resultan de dichos ácidos poseen propiedades fisiológicas diferentes e incluso contrapuestas. Las prostaglandinas y tromboxanos se relacionan con funciones secretoras, digestivas, reproductivas y circulatorias, mientras que los leucotrienos intervienen en respuestas alérgicas, inflamatorias e inmunes, y en la quimiotaxis (Ronayne, 2000; Lee y Hwang, 2008).

#### **IV.11.4 Síntesis de ácidos grasos**

El primer paso en la biosíntesis de ácidos grasos es la síntesis de ácido palmítico, ácido graso saturado de 16 carbonos; los demás ácidos grasos se obtienen por modificaciones del ácido palmítico. El ácido palmítico se sintetiza como resultado de la secuencia cíclica que forma una molécula de ácido graso mediante la adición consecutiva de dos unidades de carbono derivadas de *acetil CoA* a una cadena de ácido graso en crecimiento, gracias a la acción del polipéptido multienzimático ácido graso sintasa, la síntesis se lleva a cabo en el citosol de algunas células, principalmente de hígado, tejido adiposo y en menor cantidad de glándula mamaria. 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 tendrán la función de elongar y desaturar las cadenas (Roach y Benyon, 2004).

La elongación de los ácidos grasos tiene lugar en el retículo endoplasmático y las mitocondrias y sucede como derivación de la adición de unidades de *acetil CoA* en lugar de *malonil CoA*, sin embargo sólo se podrá fabricar ácido palmítico y en pequeñas cantidades ácidos grasos más largos, tales como el ácido esteárico (Roach y Benyon, 2004).

#### **IV.11.5 Metabolismo ruminal de lípidos**

Existen dos fenómenos importantes en el rumiante con respecto a la grasa ingerida dentro de la ración: la lipólisis y la biohidrogenación. Dependiendo el grado de saturación de los ácidos grasos consumidos, seguirán dos rutas diferentes en la digestión, los saturados sufrirán el proceso de lipólisis y continuaran 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 hacia el destino de los ácidos grasos saturados (Jenkins, 1993).

Los microorganismos ruminales tienen la capacidad de realizar una síntesis *de novo* de ácidos grasos a partir de los carbohidratos, por lo que al duodeno llegan ácidos grasos de origen dietario y microbiano, existiendo 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's poliinsaturados y monoinsaturados incrementando la proporción de ácido oleico y de otros ácidos en configuración *trans* (productos del metabolismo ruminal) por lo que se observa una disminución en la concentración de AG's saturados. En el metabolismo ruminal después de la ingesta, los lípidos que se encuentran esterificados son hidrolizados por lipasas microbianas dentro del rumen (lipólisis), liberando ácidos grasos libres y glicerol, estos productos son fermentados rápidamente hasta ácido propiónico con dietas ricas en cereales, a diferencia de las que tienen como principal componente al forraje, las cuales tendrán como producto final al ácido acético (Jenkins, 1993).

La adición de hidrógeno a los AG's con dobles enlaces, constituye un mecanismo importante a través del cual los microorganismos pueden disponer de hidrógeno (biohidrogenación). Si éste proceso se completa, todos los dobles enlaces se convierten en sencillos y los AG's quedan saturados (Byers y Schelling, 1993).



La mayoría de los AG's vegetales insaturados presentan configuración *cis* entre los átomos de carbono insaturados, sin embargo la microbiota ruminal produce una variedad de isómeros *trans* de los AG's, así como alteraciones en el largo de la cadena, cambios en la posición de los dobles enlaces y producción de AG's de cadenas impares o ramificadas, todos los cuales hacen que la grasa ingerida por un rumiante sea diferente de la depositada (Byers y Schelling, 1993).

Los AG's insaturados tienen una vida promedio corta dentro del ambiente ruminal, debido a que son hidrogenados rápidamente, hacia compuestos saturados o productos finales. La biohidrogenación de estos compuestos puede ser bloqueada por la presencia de grandes cantidades de ácido linoleico y otros AG poliinsaturados, debido a que estos son tóxicos para los microorganismos ruminal (Fedele et al., 2002).

#### **IV.11.6 Metabolismo extraruminal de lípidos**

Posterior a la ingesta de alimento, la digestión de ácidos grasos se inicia con su separación por medio de la acción detergente de sales biliares, en un medio relativamente ácido. Cuando se forman monoglicéridos, lisolecitina y el ácido oleico estos se vuelven sustancias anfipáticas que causan la formación de micelas solubles. La actividad lipolítica de la lipasa pancreática es suficiente sin ser un factor limitante en la digestión de triglicéridos que escapan del rumen. Conforme aumenta el pH en el trayecto intestinal proximal; la actividad de la lipasa y fosfolipasa pancreática aumenta, el contenido de ácido oleico y lisolecitina mejoran aun el proceso de micelización y absorción de los AG's, aunque se ha observado que existe absorción de AG's en el rumen, su importancia fisiológica en comparación con el grado de absorción que ocurre en el yeyuno, es muy limitada, donde la región intermedia y distal del yeyuno son el principal sitio de absorción de lípidos (Guevara, 1994).

Los AG's de más de 14 carbonos son re-esterificados, por la vía del glicerofosfato, siendo la glucosa el precursor del glicerol; dando origen a los triglicéridos (TG), iniciando su transporte en pequeñas cantidades de mono y diglicéridos, además de fosfolípidos y colesterol uniéndose a las lipoproteínas, saliendo por la base y lados de la célula intestinal hacia la lámina propia, conductos linfáticos y finalmente hacia los vasos sanguíneos portales (Ronayne, 2000).

En cuanto a 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, en el torrente sanguíneo son movilizados en asociación con proteínas, debido a su baja solubilidad, formándose complejos denominados lipoproteínas, las cuales de acuerdo a su densidad, se dividen en quilomicrones, lipoproteínas de muy baja, baja, intermedia y alta densidad, también conocidas como VLDL, LDL, IDL y HDL por su siglas en inglés (Bauchart, 1993). Paralelamente una dieta rica en grasas poliinsaturadas disminuye la síntesis *de novo* en la glándula mamaria de AG de cadena corta (C4-C14), ocasionando un aumento en la actividad de la lipoproteína-lipasa, lo que aumentará la captación de AG de cadena larga (Guevara, 1994).

#### **IV.12 Ácidos grasos presentes en el queso de leche de cabra**

En diversos estudios se ha señalado que la cantidad de ácidos grasos, puede influir en el sabor a cabra característico de los productos de ésta especie; el sabor está influenciado principalmente por los ácidos grasos volátiles entre los que destacan el ácido hexanoico, octanoico, nonanoico, decanoico, 4-metil-octanoico y 4-etil-octanoico (Bonilla, 2005).

Bonilla en 2005 y Cuchillo en 2007) evaluaron el efecto del sistema de alimentación (pastoreo-suplementación y estabulación) sobre los componentes nutrimentales del queso suave de leche de cabra pasteurizada mostrando un perfil completo de ácidos grasos (Cuadro 15). Bonilla, (2005) concluye que el queso elaborado a partir de leche pasteurizada de cabras alimentadas en pastoreo con suplementación tiene el mejor perfil de ácidos grasos, con una elevada concentración de ácidos grasos de cadena corta que son los principales responsables del olor y sabor de éstos productos. Registra en dicho queso, la mayor concentración de ácido esteárico reconocido por su efecto hipocolesterolémico, así como una reducida cantidad de ácido palmítico y mirístico, ambos hipercolesterolémicos; posee la mayor cantidad de ácidos monoinsaturados en especial oleico y poliinsaturados dentro de los que destacan los AG's de las familias de  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6. Del mismo modo Cuchillo (2007) asegura que la calidad nutrimental de los quesos puede ser modificada por el sistema de alimentación de los rumiantes y que el queso de leche de cabra presenta compuestos bioactivos como ácidos grasos  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3.

**Cuadro 15.** Ácidos grasos en queso suave de leche de cabra pasteurizada

Ácido Graso (mg/100g)	Bonilla, 2005		Cuchillo, 2007	
	Tipos de quesos			
	T1	T2	T1	T2
8:0 Caprílico	6.1	4.9	87.8	4.5
10:0 Cáprico	268.1	234.6	600.0	291.0
12:0 Láurico	261.2	201.3	383.0	374.0
14:0 Mirístico	476.0	611.5	1221.0	1191.0
16:0 Palmítico	1602.9	1584.5	4009.0	3185.0
18:0 Esteárico	436.7	369.4	1230.0	786.0
20:0 Araquídico	16.6	16.4	46.0	28.0
16:1 Palmitoleico	37.8	37.7	114.0	95.8
18:1 Oleico	1134.4	1068.5	3847.0	2533.0
20:1 Eicosanoico	5.3	5.9	15.4	9.2
22:1 Erucico	1.7	1.3	2.5	1.7
24:1 Nervónico	0.6	0.6	1.4	0.51
18:2 Linoleico (LA)	131.9	163.5	359.0	306.0
18:2 Linoleáidico	14.6	24.0	39.0	63.0
18:3 Alfa-linolénico (ALA)	40.1	35.0	142.0	111.0
18:3 Gama-linolenico	9.2	8.5	7.0	4.2
20:3 homo- $\gamma$ -linolenico	4.2	3.7	4.9	3.2
20:4 Araquidónico (AA)	13.0	17.1	34.7	27.0
20:5 Timnodónico (EPA)	5.5	4.7	14.7	9.3
22:6 Cervónico (DHA)	3.1	3.5	7.6	4.3
% Total AG's	4.6	4.6	12.7	10.1
% Total AG's saturados	3.2	3.1	8.0	6.6
% Total de AG's monoinsaturados	1.2	1.1	4.0	2.9
% Total de AG's poliinsaturados	0.2	0.3	0.64	0.50
% Total de AG's $\omega$ 3	0.06	0.05	0.18	0.13
% Total AG's $\omega$ 6	0.16	0.19	0.40	0.35
Relación $\omega$ 6: $\omega$ 3	2.77	3.81	2.4	2.5

T1: Queso suave de leche de cabra pasteurizada de animales alimentados en pastoreo suplementado

T2: Queso suave de leche de cabra pasteurizada de animales alimentados en estabulación.

#### **IV.13 Compuestos orgánicos volátiles (COV)**

En los productos frescos, como frutas, hortalizas y leche, los componentes de sabor son muy abundantes. Los olores pueden ser provocados por numerosas clases de compuestos, como los terpenos, alcoholes, cetonas, etc, pero no todos estos compuestos tienen un efecto significativo sobre los olores en general. Recientemente, sólo los terpenos se destacan por su capacidad para caracterizar el sabor y el aroma de la leche y productos lácteos (Mariaca *et al.*, 1997; Buchin *et al.*, 1999). Los ácidos grasos son los principales precursores de las metil-cetonas, ácidos grasos libres, aldehídos, lactonas y ésteres de etilo, compuestos secundarios derivados de las grasas (Alewijn *et al.*, 2007). Los compuestos volátiles se producen en mayor cantidad en leche y productos lácteos, cuando los animales son alimentados con forraje fresco, especialmente de las dicotiledóneas (Cornu *et al.*, 2001a).

En el 2000, Fedele y colaboradores observaron que la leche de las cabras de pastoreo de mayo se caracterizó por un alto contenido de hidrocarburos alifáticos, mientras que a finales de mayo, alcoholes y cetonas eran dominantes. Esta variación se explica por el cambio de la composición botánica de la pradera, teniendo en cuenta que la distribución y la abundancia de compuestos volátiles dependen de las especies de plantas lo que se traduce en una importante variación en la calidad y sabor del queso.

Sin embargo, otros factores pueden afectar la abundancia de compuestos volátiles, como son: etapa de desarrollo de la planta y la parte de la planta aérea consumida y los cambios climáticos estacionales. La dieta de todos los animales de pastoreo y especialmente de cabras, es casi diferente de una estación a otra, porque cambian las plantas y las partes aéreas seleccionadas, de acuerdo con las comunidades de plantas disponibles en los pastos, la fase de desarrollo y las condiciones climáticas (Fedele *et al.*, 1993).

Esta diversificación de la dieta podría influir en el contenido de compuestos volátiles en la leche y queso, aun más en la presencia y abundancia de moléculas que tienen un efecto significativo sobre el sabor y aroma (Fedele *et al.*, 1993).

#### **IV.14 Alimentación en rumiantes**

Los rumiantes son animales cuyo principal sustrato alimenticio son los forrajes, las estrategias para su alimentación se basan en la simbiosis que existe entre el animal y los microorganismos presentes en su rumen. El huésped aporta materias primas y condiciones propicias para la vida dentro de su rumen y los microorganismos productos de la fermentación con alto valor nutritivo para el rumiante (Preston y Leng, 1989). Al llegar los ingredientes de la dieta al rumen son degradados y fermentados hasta modificarse en sustratos, siendo usados tanto en procesos catabólicos (mantenimiento) como anabólicos (gluconeogénesis), los cuales son absorbidos directamente en el rumen. Esta característica permite la utilización de variadas fuentes de forraje, como ejemplo se tienen los siguientes: arbustivas, herbáceas, pastos naturales o pastos cultivados (Jarrige, 1981).

Sin embargo la velocidad de degradación de los alimentos depende en general del contenido de tejidos lignificados, la cantidad de paredes celulares y el tamaño de la partícula, posterior a estos procesos los microorganismos ruminales obtienen energía principalmente de los carbohidratos solubles, en seguida de los productos de la hidrólisis los almidones y por último de la hidrólisis de la celulosa y polisacáridos restantes de las paredes celulares, los productos finales de esta fermentación son una mezcla de ácidos grasos volátiles (AGV's) y gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) que son expulsados al exterior (Jarrige, 1981).

##### **IV.14.1 Digestión de alimentos fibrosos**

Los esquemas de producción en rumiantes han permitido aprovechar los forrajes y transformarlos en carne, leche, lana, piel y pelo (Fondevila, 1998). Permitiendo al hombre conseguir productos o alimento de alta calidad biológica a partir de materiales que no puede consumir directamente (Morand-Ferh *et al.*, 1990; Puga y Galina, 2004), sin embargo la baja calidad nutritiva de muchos de los pastos presentes en el altiplano mexicano se expresa en los procesos productivos y la deficiencia de aquellos animales alimentados en pastoreo, ya que la digestibilidad se limita cuando aumenta la intensidad de pastoreo y el estado de madurez de la planta, lo que modifica el consumo y la velocidad de paso a través del retículo-rumen (Leng, 1990).

La composición química de los forrajes y la digestibilidad se asocian de manera directa, siendo así que el consumo aumenta cuando son ingeridas plantas verdes y suculentas, aumentando la velocidad de paso, reflejándose en una mayor digestibilidad (Delgadillo, 1998).

Galina y colaboradores en el 2000 estudiaron que la digestibilidad y el consumo pueden ser modificados debido a la manipulación de los ingredientes de la dieta por los microorganismos, una elevación del pH incrementa la degradabilidad de carbohidratos estructurales favoreciendo la producción de energía con la consecuente formación de proteína microbiana al fijar el nitrógeno no proteico de la dieta por parte de las bacterias ruminales.

#### **IV.14.2 Digestión microbiana de polisacáridos**

Independientemente del clima todos los forrajes, difieren entre sí en la estructura y composición de su pared celular, además de su especie vegetal, parte estructural y fase de desarrollo. En el mismo sentido, la estructura de la pared celular vegetal es muy compleja y variable, tanto química como físicamente, estas diferencias condicionan los procesos de ataque microbiano a los polisacáridos estructurales y en último término, el ritmo y extensión de la degradación por los microorganismos ruminales (Chesson y Forsberg, 1997). La hidrólisis de los polisacáridos estructurales hasta azúcares fermentables es por tanto un sistema complejo de cooperación entre los microorganismos y sus enzimas, que se lleva a cabo en dos etapas: en primer lugar, la colonización de los substratos que llegan al rumen con la posterior adhesión íntima de los microorganismos a estas estructuras vegetales; en segundo lugar, la acción enzimática sobre dichos substratos, independientemente de la posible utilización de los productos resultantes (Caja *et al.*, 2003).

Las condiciones ambientales en las que se desarrollan los procesos de degradación de la pared celular, las características físicas y químicas del medio como las interacciones entre distintos microorganismos ruminales, determinan el grado y ritmo de digestión de los forrajes. Los microorganismos involucrados son clasificados en tres subpoblaciones, atendiendo a su interacción con las partículas de alimento, primero se encuentran los que están vinculados con el fluido ruminal, que utilizan los nutrientes solubles del líquido ruminal, así como los que se van desprendiendo de las partículas de alimento, después los

débilmente asociados con las partículas, que poseen capacidad de adhesión que inicia el proceso de colonización de nuevas partículas y finalmente los firmemente adheridos a dichas partículas que realizan una mayor eficiencia de la hidrólisis enzimática sobre la pared celular, además de protegerse de la predación de otras especies y de aumentar el tiempo de retención en el rumen (Czerkawski y Cheng 1988).

#### **IV.14.3 Actividad enzimática de polisacáridos estructurales**

Las enzimas implicadas en los diversos procesos de degradación de celulosa y hemicelulosas de la pared celular vegetal parecen estar muy distribuidas entre las especies celulolíticas de microorganismos ruminales. Se ha observado que algunos de los complejos enzimáticos celulolíticos poseen una parte responsable de la adhesión de la enzima al sustrato, que aumenta por ello la eficiencia de la acción enzimática. En la práctica, la especificidad de acción de estas enzimas no es tanta como lo que sugieren sus nombres, es el tipo de enlace sobre el que actúan lo que determina su especificidad. Las xilanasas están más ampliamente distribuidas entre las bacterias ruminales que las celulasas, aunque hay que tener en cuenta la mayor diversidad de las enzimas implicadas en la hidrólisis de las hemicelulosas, debida a la variabilidad en la composición de este polisacárido (Fondevila, 1998).

#### **IV.14.4 Microbiota ruminal**

Las diferentes características, tanto químicas como anatómicas, de los forrajes empleados en la alimentación de los rumiantes, determinan el grado de adhesión microbiana y de acción enzimática sobre la pared celular vegetal y con ello el nivel de digestión de dichos forrajes. Diversas especies de hongos, bacterias y protozoos están implicadas en esos procesos, tanto directa como indirectamente (Church, 1988).

Las bacterias son los microorganismos más abundantes en el contenido ruminal, además constituyen la mitad de la biomasa total, se encuentran en una gran variedad de géneros y especies por lo menos 28 especies funcionalmente importantes, las cuales se agrupan de acuerdo a su actividad frente a los diferentes sustratos, son predominantemente anaerobias estrictas, pero también coexisten con anaerobias facultativas, adheridas a las paredes del rumen, estas usan el O<sub>2</sub> que proviene del torrente circulatorio y son muy importantes en las funciones del rumen siendo las más importantes

en cuanto a la fermentación de celulosa. Muchas de las bacterias del rumen son altamente especializadas, poseen numerosos requerimientos nutricionales que deben ser aportados por el sistema. Otras, por el contrario, emplean pocas fuentes de energía y otro grupo son más inconstantes en el requerimiento de energía (Church y Pond, 1992). En el cuadro 16, se muestran los diferentes grupos bacterianos que existen en el rumen que han sido caracterizados con base al sustrato requerido para su proliferación.

Los Protozoarios, al igual que las bacterias, también son anaerobios y aun cuando su población en el rumen es menor a la de las bacterias, se pueden encontrar en grandes concentraciones por mililitro de contenido ruminal, estos microorganismos tienen un mayor volumen individual, dando lugar a una masa celular de protozoarios semejante a la masa de las bacterias. (Cunningham, 1999).

Los protozoarios consumen y metabolizan azúcares solubles, hidrolizan bacterias para utilizarlas como sustrato logrando con esto limitar el crecimiento bacteriano. Un papel particularmente importante de los protozoarios, es su capacidad para frenar la digestión de los sustratos que se fermentan con rapidez, como el almidón y algunas proteínas. Esto es posible ya que los protozoarios engloban al almidón y a las proteínas almacenándolos y protegiéndolos de la acción bacteriana (Preston y Leng, 1989).

Los hongos que se encuentran en el rumen colonizan las partículas de fibra participando en la digestión de celulosa, aunque para que se observe su efecto se requiere la presencia de levaduras. Los cultivos de hongos tienen un efecto amortiguador que media la caída aguda de pH después de la ingesta, pues mejoran el uso del lactato sirviendo como amortiguadores de ácido láctico en animales alimentados con dietas altas en carbohidratos fermentables (Kung, 2001). El uso de levaduras en dietas para rumiantes incrementa su volumen de ingesta y parámetros productivos, ya que se modifica la formación de AGV's, el pH, la concentración de bacterias anaeróbicas celulolíticas y la digestión, aunque esta respuesta cambia de acuerdo a la variabilidad de los microorganismos utilizados (Dawson, 1989). En la alimentación de rumiantes son ampliamente utilizados los *Sacharomyces* (levaduras) y hongos como el *Aspergillus* (Caja *et al.*, 2003), para acelerar el desarrollo del ecosistema ruminal, estableciendo condiciones para la proliferación de bacterias celulolíticas y protozoarios ciliados (Chaucheyras y Fonty, 2002).



**Cuadro 16.** Grupos de géneros bacterianos presentes en el rumen (*Church y pond, 1992*).

<b>CELULOLÍTICOS</b>	<b>HEMICELULOLÍTICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Bacteriodes succinogenes</i></li> <li>❖ <i>Ruminococcus flavefaciens</i></li> <li>❖ <i>Ruminococcus albus</i></li> <li>❖ <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i></li> <li>❖ <i>Bacteriodes ruminicola</i></li> <li>❖ <i>Ruminococcus sp.</i></li> </ul>
<b>UTILIZADORES DE AZÚCAR</b>	<b>UTILIZADORES DE ÁCIDOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Treponema bryantii</i></li> <li>❖ <i>Lactobacillus vitulinus</i></li> <li>❖ <i>Lactobacillus ruminus</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Megasphaera elsdenii</i></li> <li>❖ <i>Selenomonas ruminantium</i></li> </ul>
<b>PECTINOLÍTICOS</b>	<b>UTILIZADORES DE LÍPIDOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i></li> <li>❖ <i>Bacteriodes ruminicola</i></li> <li>❖ <i>Lachnospira multiparus</i></li> <li>❖ <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i></li> <li>❖ <i>Treponema bryantii</i></li> <li>❖ <i>Streptococcus bovis</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Anaerovobrio lipolytica</i></li> <li>❖ <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i></li> <li>❖ <i>Treponema bryantii</i></li> <li>❖ <i>Eubacterium sp.</i></li> <li>❖ <i>Fusocillus sp.</i></li> <li>❖ <i>Micrococcus sp.</i></li> </ul>
<b>AMILOLÍTICOS</b>	<b>PROTEOLÍTICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Bacteriodes amylophilus</i></li> <li>❖ <i>Bacteriodes ruminicola</i></li> <li>❖ <i>Streptococcus bovis</i></li> <li>❖ <i>Succinimonas amylolytica</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Bacteriodes amylophilus</i></li> <li>❖ <i>Bacteriodes ruminicola</i></li> <li>❖ <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i></li> <li>❖ <i>Streptococcus bovis</i></li> </ul>
<b>PRODUCTORES DE AMONIACO</b>	<b>PRODUCTORES DE METANO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Bacteriodes ruminicola</i></li> <li>❖ <i>Selenomonas ruminantium</i></li> <li>❖ <i>Megasphaera elsdenii</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Methanobrevibacter ruminantium</i></li> <li>❖ <i>Methanobacterium formicicum</i></li> <li>❖ <i>Methanomicrobium mobile</i></li> </ul>
<b>UREOLÍTICOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i></li> <li>❖ <i>Bacteriodes ruminicola</i></li> <li>❖ <i>Selenomonas sp.</i></li> <li>❖ <i>Ruminococcus bromii</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>Butyrivibrio sp.</i></li> <li>❖ <i>Treponema sp.</i></li> </ul>

#### **IV.15 Marcadores (Tracers)**

Los Marcadores (Tracers) son rastreadores que han sido usados para proporcionar información acerca de la dieta de herbívoros, los marcadores más investigados se dividen en cuatro grupos: 1) de las plantas, que vienen directamente de la dieta (marcadores directos), 2) los metabólicos, que provienen del metabolismo del animal (indirectos), 3) los físicos y 4) las aproximaciones globales (Prache *et al.*, 2005).

***Marcadores de las plantas:*** son cinco compuestos que no son sintetizados por los animales, y su presencia en los tejidos sin duda se debe al alimento que consumen. Los pigmentos carotenoides y los terpenos secundarios son ejemplos de tales compuestos. Tales micronutrientes son almacenados en la grasa del animal después de la absorción y entonces son encontrados tanto en la leche, como en la carne. Los micronutrientes solubles, tales como los compuestos fenolitos, recientemente probaron su utilidad en discriminar leche obtenida de vacas alimentadas con dietas diferentes. Otros compuestos de las plantas, como los “phytenes” (terpenos de alto peso molecular) son encontrados en la leche y en tejido adiposo (Besle *et al.*, 2004).

Pigmentos Carotenoides, la luteína es el único carotenoide almacenado en el tejido adiposo en los borregos y cabras, la luteína se encuentra en altas concentraciones en el forraje verde (9-14 mg / 100 g peso fresco), mientras que los cereales, tubérculos y sus derivados contienen muy poca concentración de carotenoides. Entonces la luteína puede ser un excelente bio-marcador cuando el ganado es alimentado con forraje (Wolter, 1988).

Terpenos, los terpenos de los forrajes consumidos por el ganado han sido encontrados en la leche y carne y la transferencia del forraje a la leche es inmediata. La leche obtenida de los animales que pastorean contiene mayor cantidad de una amplia variedad de terpenos que la leche obtenida de animales que han sido alimentados con forrajes conservados o concentrados. Los terpenos han sido exitosamente usados para reconocer la dieta de los animales y para localizar geográficamente el origen de la pastura con que han sido alimentados (Cornu *et al.*, 2001b).

***Marcadores indirectos:*** La composición de los ácidos grasos de la leche y la carne pueden ser también una fuente útil para revelar información de la dieta animal. Los microorganismos ruminales hidrogenan los lípidos de la dieta, lo cual resulta en un incremento de los ácidos grasos saturados en los tejidos animales. Sin embargo, parte de

los ácidos grasos insaturados pueden escapar de la hidrogenación ruminal y la dieta puede entonces afectar fuertemente la composición de los ácidos grasos de los tejidos y productos ruminales. Los lípidos del pasto contienen altas concentraciones de ácido linolénico insaturado, un componente que no es sintetizado por los animales. Por lo tanto, los animales criados en pastoreo tienen altos niveles de ácido linolénico en su grasa en comparación con los animales estabulados (Aurousseau *et al* 2004).

***Marcadores físicos:*** La dieta y el sitio donde los animales son criados influyen la composición isotópica del agua y la grasa de los tejidos y productos. La dieta determina la composición de la grasa, y particularmente la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados. Por lo tanto la resonancia magnética nuclear (NMR) ha sido usada para probar la leche según la dieta proporcionada, por la determinación de la proporción relativa de ácidos grasos poliinsaturados, mono-insaturados y saturados. La espectrometría de radio isótopo en masa (IRMS) es otro método que ha sido usado exitosamente para probar tanto el origen geográfico como la dieta. Las huellas de isótopos estables en los tejidos y productos refleja la composición de estos en la dieta modificada por el metabolismo del animal (Renou *et al.*, 2004).

***Aproximaciones globales:*** Recientemente se ha demostrado que la caracterización espectral de la carne usando la espectrografía de reflexión infrarroja (NIRS) puede ser usada para diferenciar entre las muestras de carne originadas por dos diferentes sistemas de alimentación (dietas basadas 100 % en pasturas *vs.* las dietas basadas en ensilado de maíz). Las muestras de *Longissimus dorsi* fueron escaneadas en un instrumento monocromático en modo de reflexión NIRS. La discriminación del músculo fue llevada a cabo por el análisis de componentes principales y un modelo de soft independiente de analogía de clase. El análisis cualitativo de la información óptica mostró diferencias en los músculos resultado de dos diferentes sistemas de alimentación (Cozzolino *et al.*, 2002).

#### IV.16 Nuevas estrategias de alimentación para ganado

Algunos países Mediterráneos se caracterizan por tener condiciones climáticas adversas. En estas regiones el pasto no está disponible o solo por cortos periodos de tiempo. Más aún, el uso de cereales en las dietas animales crea un conflicto competitivo con la nutrición humana. Un reto interesante para los científicos en el campo de la nutrición animal es la introducción de medios de alimentación alternativos que pueden resolver el problema de escasos y costos de producción. Al mismo tiempo, la conservación de la salud animal, el beneficio productivo y la calidad del producto es esencial (Vasta *et al.*, 2008).

Estudios han mostrado que la explotación de algunas arbustivas (*Celtis pallida*, *Psilactis brevilingulata*, *Jatropha dioica*, *Zalazania augusta var. augusta*, *Lippia queretarensis*, *Verbasina serrata*), gramíneas (*Bouteloua curtipendula*, *Chloris virgata*, *Bothriochloa saccharoides*, *Leptochloa dubia*, *Rhynchelytrum roseum*, *Panicum obtusum*, *Bouteloua repens*, *Aristida adscensionis*, *Setaria parviflora*, *Urochloa fasciculata*, *Pennisetum ciliare*), leguminosas (*Prosopis leavigata*, *Acacia farnesiana*, *Acacia schaffneri*, *Mimosa biuncifera*), y cactáceas (*Opuntia affasiacantha*, *O. amyctaea*, *O. hytiacantha*, *O. robusta*, *O. streptacantha*, *O. tomentosa*) pueden ser exitosamente utilizados como suplementos en las dietas de pequeños rumiantes, sin comprometer el rendimiento del agostadero, potencializándolo con un buen uso de modelos de pastoreo (Delgadillo, 1998).

En años recientes, los consumidores han demandado alimentos más saludables y han puesto más atención al aspecto hedonístico de los productos. Por ejemplo, la composición de los ácidos grasos de la carne y leche ha tenido importantes repercusiones en la salud humana. La coloración de la carne es un importante parámetro que influye en la elección de compra en el consumidor, mientras que el sabor y la suavidad son evaluados durante el consumo. Es bien sabido que el régimen dietario animal influye fuertemente en la coloración de la carne, la composición de los ácidos grasos en carne y leche así como en su sabor. Además, algunos componentes volátiles, como por ejemplo terpenos, derivados de las pasturas y transferidos a la carne, leche y productos básicos, pueden ser usados como “tracers” en preferencia alimentaria de rumiantes, (Fedele *et al.*, 2005; Prandini *et al.*, 2007).

En la mayoría de las condiciones de alimentación, una porción significativa de la proteína ingerida por el rumiante es fermentada en amoníaco y ácidos grasos volátiles. Como la cantidad de amoníaco formado casi siempre excede a lo requerido para el crecimiento máximo, existe un considerable interés en reducir esta fermentación “despilfarro” de proteína diaria. Tratamientos térmicos y químicos han sido mostrados para disminuir la degradación proteica en el rumen (Russell *et al.*, 1981).

Experimentos subsecuentes mostraron que una variedad de bacterias ruminales estrictamente anaerobias fueron capaces de hidrolizar caseína y se encontró que tipos de *Bacteroides amylophilus* fueron las más proteolíticas. Estos experimentos llevaron a la conclusión que la capacidad proteolítica de la microflora ruminal no es limitada a un solo grupo de bacterias, más que eso se debía a la acción combinada de muchas especies (Russell *et al.*, 1981).

Cuando cultivos mixtos de bacterias ruminales provenientes de animales alimentados con dietas diferentes fueron cultivadas *in vitro* con caseína como única fuente de carbono, los rangos de formación de amoníaco y desaparición de proteína precipitada han sido similares. Los resultados de este experimento *in vitro* han sido interpretados como que la dieta y el tipo de microorganismos presentes en el rumen, tienen poca influencia sobre la proteólisis *in vivo*. Sin embargo, los rangos del crecimiento bacteriano y degradación de proteína fueron lentos en estos experimentos. Un examen de la degradación de proteínas en el rumen muestra que la gran mayoría del incremento en amoníaco ocurre de 1 a 3 horas post ingestión, durante este periodo, los carbohidratos solubles están presentes y el crecimiento microbiano es rápido (Russell *et al.*, 1981).

Recientemente se ha estudiado la utilización de suplementos de liberación lenta de nitrógeno que mejoran la fermentación ruminal, por el incremento de flora microbiana. Asimismo se ha documentado la importancia de la degradación del nitrógeno por los microorganismos fibrolíticos para la utilización de la Urea (Ortiz-Rubio *et al.*, 2007). En la literatura se han documentado trabajos con la adición en el alimento de bacterias lácticas, resultando en una disminución de bacterias patógenas en el intestino de ovejas; así como una reducción en la producción de metano y mejorando el crecimiento, engorda y la conversión alimenticia, además de incrementar la digestibilidad de la fibra. El uso de ensilados de fermentación láctica con *Streptococcus lactis*, *S. cremoris*, *Saccharomyces lactis* o *Lactobacilli spp* han sido alternativas importantes para la alimentación de los

bovinos; sobre todo si se pueden elaborar en forma artesanal con base de cultivos lácticos (Galina *et al.*, 2008b). El uso de cultivos microbianos en la alimentación de rumiantes, tiene tres diferentes propósitos. El primero es para estabilizar la flora intestinal; esto es aplicable solamente en animales jóvenes prerumiantes, donde *Lactobacilli*, *Enterococci* y levaduras han sido reportados por ser útiles en la prevención de diarreas y por mejorar el aumento de peso vivo de terneras y corderos (Timmerman *et al.*, 2005).

El segundo propósito en animales jóvenes es aumentar el desarrollo de la microflora ruminal adulta, estimulando el desarrollo estructural del rumen y acelerar el destete. Los microorganismos por medio de fermentación parecen conseguir este objetivo, las inoculaciones con microorganismos de rumen han sido también eficaces experimentalmente. En el rumiante adulto, las levaduras y cultivos fangales han sido mas ampliamente reportadas. Las respuestas en producción de carne y producción de leche son muy variables, con una reacción media de 7 a 8 % en cada caso de ambos productos. Incrementó el consumo de alimento generalmente, el mejor consumo ocurre porque rompe mas rápido la fibra en el rumen y una mejor circulación de proteína microbiana del rumen ha sido informada (Wallace y Newblod, 1995).

#### **IV.16.1 Utilización de probióticos**

Un probiótico ha sido definido como un microorganismo vivo que al ser administrado en las cantidades suficientes, confiere beneficios a la salud del huésped, al modificar la microflora de tracto digestivo (FAO / WHO, 2002; Tamime, 2005). Sin embargo su uso en rumiantes no ha sido investigado extensamente (Kritas *et al.*, 2006), Varios microorganismos principalmente bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*) y pocas bacterias no ácido lácticas ( *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* ) son consideradas como probióticos. Los mecanismos exactos por el cual presentan un papel benéfico dentro de un animal y contra otras bacterias patógenas son parcialmente conocidos. Algunas sugerencias son: (I) la adhesión y la colonización de la mucosa intestinal (competencia por receptores); (II) la competencia por nutrientes; (III) producción de sustancias antimicrobianas; (IV) estimulación del sistema inmune mucosal del hospedador (Holzapfel y Wood, 1998). A pesar de la falta de prueba definitiva, algunos estudios han demostrado una relación entre la adherencia in vitro y la colonización in vivo (Collado *et al.*, 2007).

Un número de beneficios a la salud pueden ser relacionados con las bacterias *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium Spp.*, y *Lactobacillus case*, estos organismos son crecientemente incluidos en alimentos de origen lácteo (Shah, 2000).

En ocasiones los ensilados inoculados mejoran al ganado de carne, posiblemente debido a los efectos de probiótico de bacterias ácido láctica (BAL) inoculadas en ensilados. La causa de mejorar el rendimiento animal siguiendo la alimentación con ensilado inoculado es poco claro. Una cuestión en estudio de este fenómeno es encontrar si las BAL pasan del ensilado al fluido Ruminal y sobreviven en este, (Weinberg *et al.*, 2004).

El género *Lactobacillus* ha tenido un papel crucial en la producción de productos fermentados por años. Sus efectos de probiótico han sido estudiados y usados recientemente en nuevos productos. Los casos aislados de lactobacillemia han sido reportados con cierto riesgo sobre la población, pero *Lactobacillus* constituyen un riesgo biológico esencialmente insignificante (Bernardeau *et al.*, 2006).

En el caso particular de rumiantes se ha partido de numerosos trabajos de investigación para caracterizar a la diversa población de microorganismos descubierta en el rumen. Actualmente ha sido identificada la importancia funcional de la mayoría de las especies bacterianas predominantes descubiertas en el rumen, basándose en su preferencia por diversos substratos y en los productos finales de su fermentación. Los estudios efectuados con cultivos puros y co-cultivos han permitido conocer interdependencias importantes y otras interacciones entre los microorganismos del rumen que influyen sobre sus tasas de crecimiento, rendimiento y metabolismo (Hungate, 1969). Este conocimiento ha servido para comprender la mejor forma de manipular la fermentación en el rumen de forma que mejore la eficacia y la producción de los rumiantes (Church y Pond, 1992). Sin embargo en la mayoría de las condiciones de alimentación, una porción significativa de la proteína ingerida por el rumiante es fermentada en amoníaco y ácidos grasos volátiles. Como la cantidad de amoníaco formado casi siempre excede a lo requerido para el crecimiento máximo, existe un considerable interés en reducir esta fermentación que desperdicia la proteína diaria. Tratamientos térmicos y químicos han sido mostrados para disminuir la degradación proteica en el rumen (Russell *et al.*, 1981). Experimentos subsecuentes mostraron que una variedad de bacterias ruminales estrictamente anaerobias fueron capaces de hidrolizar caseína y que la capacidad proteolítica de la microflora

ruminal no es limitada a un solo grupo de bacterias sino a la acción combinada de varias especies (Russell et *al.*, 1981).



**Cuadro 17.** Investigaciones recientes de microorganismos utilizados como Probiótico.

AUTOR / AÑO	REACTIVO	MICROORGANISMO	RESULTADO	PAIS
Weinberg y colaboradores en 2003	Ensilado de Maíz	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>Pediococcus spp.</i>	Demostró la sobrevivencia y permanencia de los géneros bacterianos agregados en el ensilado de Maíz.	Israel EUA
Chiofalo y colaboradores en 2004	Cabritos Raza Maltesa	<i>Lactobacillus salivarius</i> , <i>acidophilus</i> y <i>reuteri</i>	Observo mejorías en el crecimiento corporal, estado nutricional y actividad metabólica.	Italia
Draksler y colaboradores en 2004	Filtrado de heces de Cabras	<i>Lactobacillus enterococcus</i>	Demostró que los lactobacilos pueden ser utilizados como probiótico por que resisten pH bajo y que además tienen la capacidad de adherirse a la pared ruminal.	Argentina
Weinberg y colaboradores en 2004	Cultivo <i>In vitro</i> Jarra ruminal	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Enterococcus faecium</i>	Demostró sobrevivencia de bacterias Ácido Lácticas en fluido ruminal.	Israel
Timmerman y colaboradores en 2005	Ternereras	Seis especies de <i>Lactobacillus</i>	Mejóro rango de crecimiento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y la respuesta a antibióticos. Disminuyó la incidencia de diarreas y el índice de mortalidad.	EUA

Sucu y Fulya en 2006	Silo de Trigo	<i>Lactobacillus</i>	El inóculo mejoró las condiciones de fermentación. Se observó un incremento en la concentración de lactobacilos aunado al descenso de la cantidad de levaduras y hongos presentes con alta producción de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), modificando la estabilidad aeróbica de los ensilados, sin afectar las características de degradabilidad.	Turquía
Kritas y colaboradores en 2006	Corderos Ovejas	<i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus subtilis</i>	La adición de probiótico redujo la mortalidad en corderos. Mejoró la producción de leche, mediante una mayor cantidad de grasa y proteína.	Grecia
Lehloenya y colaboradores en 2007	Vacas productoras de leche	Levaduras en Silo de Maíz	Mejora la gluconeogénesis e incrementa la glucosa plasmática por lo que concluye que es posible mantener el rendimiento lactacional, de forma natural sustituyendo la utilización de hormonas con la misma finalidad.	EUA

---

Galina y colaboradores en  
2009

Cabritos  
Alpino Francés

*Lactobacillus plantarum*  
*Lactobacillus helveticus* *Lactobacillus*  
*delbrueckii*  
*Lactococcus lactis*  
*Lactococcus cremoris*  
*Luoconostoc mesenteroides*  
*Bifidus essencis*  
*Saccharomyces cerevisiae*

Concluye que la adición de bacterias lácticas mejora significativamente: cinética ruminal, degradación de fibra, producción de proteína microbiana, concentración de NH<sub>3</sub> y la ganancia diaria de peso.

México

---

## **V. METODOLOGÍA**

### **V.1 Ubicación geográfica**

La primera parte del estudio se realizó con la cooperación de una granja productora de leche y queso de cabra, “Granja Puma” situada en el municipio de “El Marqués”, Querétaro, México. La ubicación es a 20° 39’ 19” latitud Norte y 100° 17’ 51” longitud Oeste, con una altura de 1,950 msnm. El clima se clasifica como BS 1kw (w) (e), descrito como seco, estepario, semiárido con lluvias escasas, con una precipitación media anual en el verano de 460 mm y un periodo de sequía de 6 a 8 meses (García, 1973).

### **V.2 Animales experimentales**

Para la realización de este estudio, se escogió del rebaño criado en la “Granja Puma”, una población de 30 cabras de la raza Alpino Francés, de segundo y tercer parto, lactancia de  $70 \pm 10$  días, con una producción promedio de 2.0 litros y un peso individual de  $40 \pm 3$  kg.

De la población escogida se seleccionaron 20 animales al azar y se formaron 5 grupos de 4 cabras para así obtener cinco muestras diarias.

### **V.3 Periodo de experimentación**

El experimento se llevó a cabo durante el mes de Agosto del año 2009, durante 30 días todos los animales fueron alimentados en condiciones de pastoreo, del día 11 al 15 se tomaron las primeras muestras de leche denominadas pastoreo (P), a continuación además de ser alimentadas en pastoreo se les oferto por quince días un suplemento láctico y a partir del día 26 hasta el día 30 se tomó la segunda serie de muestras que se denominó pastoreo más suplemento láctico (PSL).

### **V.4 Área de pastoreo**

Todos los animales fueron pastoreados durante 7 horas diarias sobre una superficie  $2,500 \text{ m}^2$  (50 m de largo por 50 m de ancho), el espacio se delimito por dos mallas eléctricas.

Las superficies delimitadas fueron tomadas del estudio de Delgadillo en 1998, quien dividió el agostadero de la Granja Puma en 117 parcelas, el cual consta de 14 hectáreas. Y clasificado como bosque espinoso caducifólio, compuesto por gramíneas

(*Bouteloua curtipendula*, *Chloris virgata*, *Bothriochloa saccharoides*, *Leptochloa dubia*, *Rhynchelytrum roseum*, *Panicum obtusum*, *Bouteloua repens*, *Aristida adscensionis*, *Setaria parviflora*, *Urochloa fasciculata*, *Pennisetum ciliare*), leguminosas (*Prosopis leavigata*, *Acacia farnesiana*, *Acacia schaffneri*, *Mimosa biuncifera*), arbustos (*Celtis pallida*, *Psilactis brevilingulata*, *Jatropha dioica*, *Zalazania augusta var. augusta*, *Lippia queretarensis*, *Verbasina serrata*) y cactáceas (*Opuntia affasiacantha*, *O. amyctaea*, *O. hytiacantha*, *O. robusta*, *O. streptacanta*, *O. tomentosa*) entre otras (COTECOCA, 1980; Delgadillo, 1998).

El suplemento láctico se ofertó en recipientes de plástico de 60 cm de ancho por 80 cm de largo y 30 cm de alto, cabe destacar que el recipiente siempre permaneció bajo la sombra, tanto en el área de pastoreo, como en los corrales de encierro. A todos los animales se les ofertó agua *ad libitum* en recipientes de plástico ubicados dentro del área de pastoreo y los corrales de encierro nocturno.

#### **V.5 Suplemento láctico**

El suplemento láctico ofertado contenía la siguiente dilución 1 litro de suplemento láctico, mas 19 litros de agua (1:19). La fórmula del suplemento láctico está conformado por los siguientes porcentajes de inclusión; 2.5 % de Pollinaza, 0.5 % de Urea, 0.2 % de Sulfato, 10 % de Melaza, 2.5 % de Soya, 2.5 % de Maíz, 0.5 % de Minerales, 1 % de Suero de quesería y 0.3 % de Cultivo bacteriano (*Bifidobacterium lactis*), obtenido del producto ACTIVIA<sup>®</sup> de Danone de México, S.A. de C.V. Todo diluido en 80 % de Agua. La fórmula contiene los siguientes grupos bacterianos; *Lactococcus lactis subsp. cremoris* y *lactis*, *Leuconostoc lactis* y *mesenteroides subsp. cremoris*; *Lactobacillus brevis*; *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*; *Lactobacillus helveticus*; *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* y *Biofidus esencis*.

#### **V.6 Elaboración de muestras**

La leche de cada muestreo se ordeñó manualmente a las 7 de la mañana. Se obtuvo una muestra por cada grupo para así tener cinco muestras diarias. Posterior a la recolección cada leche fue filtrada e identificada en bolsas de plástico. La etiqueta de las bolsas se rotuló con el grupo de animales correspondiente y el día de colecta.

Las muestras de leche colectada fueron procesadas para su posterior transformación en queso, siguiendo el proceso de acidificación ya implementado dentro del taller de quesería de la granja.

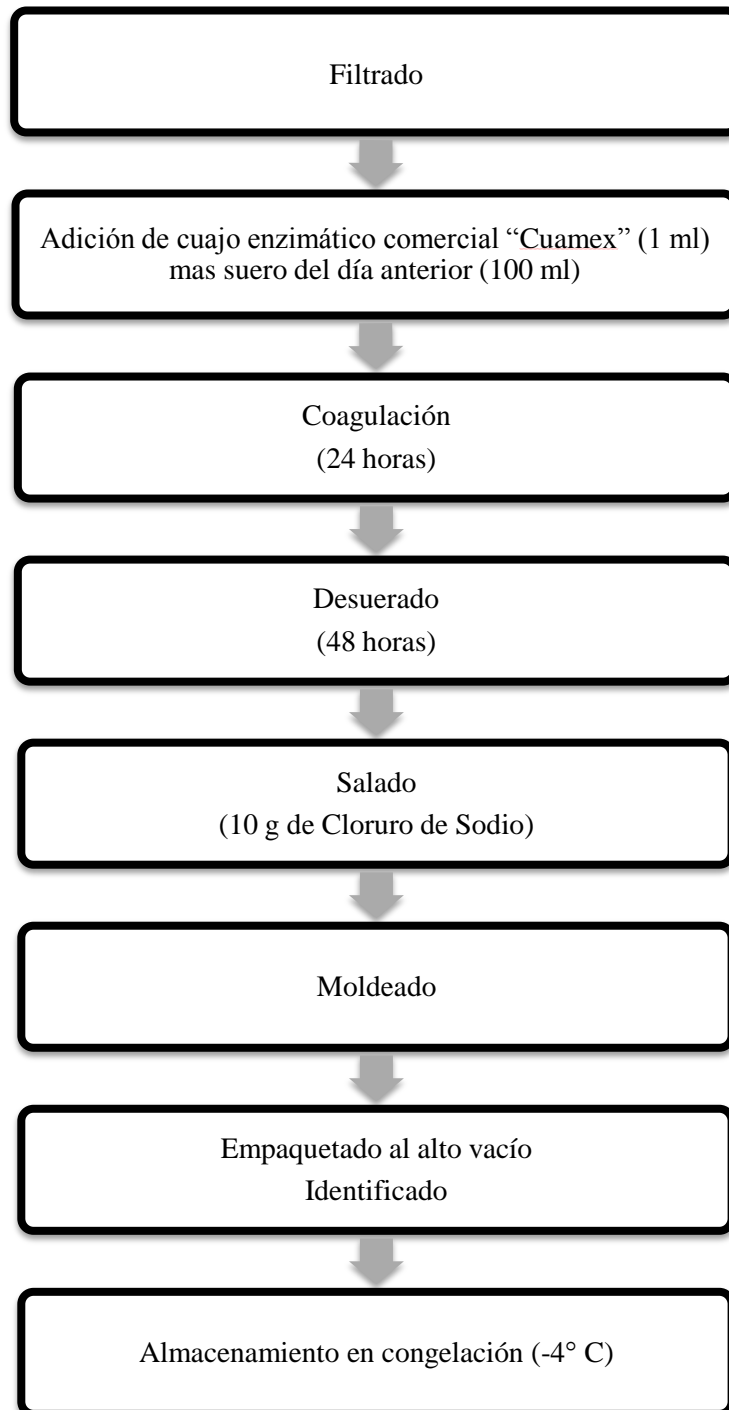
Cuando llegaron las muestras al taller se filtraron y colocaron en recipientes individuales, posteriormente se agregó como cultivo iniciador 100 ml de suero del día anterior el cual fue colonizado con los siguiente géneros bacterianos *Lactobacillus brevis* y *Lactobacillus plantarum* (Martín del campo *et al.*, 2006) más 1 ml de cuajo enzimático comercial de industrias Cuamex, S.A. de C.V. México. Posteriormente se dejó reposar la leche por 24 horas, al formarse la pasta (cuajada) se dejó escurrir por otras 24 horas más, a continuación se agregaron 10 g de sal yodatada (Cloruro de Sodio) distribuidos de manera homogénea, finalmente las muestras fueron colocadas en moldes circulares, dando un peso aproximado de 100 g por muestra, los quesos se dejaron secar por 72 horas, nuevamente cada uno fue identificado con etiquetas. Terminado el proceso de elaboración cada queso fue empaquetado al alto vacío y rotulado para dar seguimiento a su correcta identificación. Los quesos experimentales se conservaron en congelación a -4 °C hasta su posterior análisis. El proceso de transformación y conservación fue el mismo para cada muestra, como se esquematiza en la Figura 6.

Como resultado final se obtuvieron dos lotes de queso: pastoreo (P) y pastoreo más suplemento láctico (PSL). Para cada tratamiento se procesaron 25 muestras, resultado de 5 grupos durante 5 días.

## **V.7 Análisis de muestras**

El análisis de las muestras conforma la segunda parte del estudio, el cual se efectuó en el laboratorio del Instituto Experimental para la Zootecnia en Bella Italia (40 ° 21 'N, 15 ° 30' E), por medio del proyecto “La Calidad del Queso en los Sistemas de Pastoreo”, que a su vez pertenece al “Programa Ejecutivo de Cooperación Científica y Tecnológica México-Italia”.

**Figura 6.** Proceso de elaboración del queso experimental.



### **V.7.1 Análisis metil ésteres de ácidos grasos (MEAG)**

Para analizar las muestras de esta investigación se utilizó el método de Bligh y Dyer (1959), para la extracción de la fracción lipídica de los quesos, por ser un método reconocido por su sencillez y efectividad para la extracción de lípidos en alimentos. La separación e identificación de ésteres metílicos se realizó siguiendo la metodología de Metilación de Ésteres de Ácidos Grasos los cuales fueron separados y cuantificados por cromatografía de gases, el equipo utilizado fue un Cromatógrafo de gases modelo 3,800, Varian Inc. con detector de ionización de llama FID (Flame Ionization Detector) unido a una columna BD-236, de 60 m, diámetro interno de 0.25 mm y película de 0.25  $\mu\text{m}$ ; J&W, (Supelco, Bellefonte, FA, USA). Las condiciones de operación del equipo se efectuaron siguiendo la metodología de Di Trana y colaboradores en 2004.

La determinación de ácidos grasos se desarrolló de la siguiente manera:

#### *1.- Preparación de la muestra.*

Primero se descongeló cada muestra de queso experimental, a continuación se cortaron y pesaron 3 gramos de queso con una balanza analítica, posterior al pesaje las muestras fueron colocadas en probetas estériles de plástico con tapa.

#### *2.- Homogeneizado (Homogeneizadora).*

Para homogeneizar las muestras, primero se colocó dentro de las probetas con el queso, 10 ml de agua desionizada más, 10 ml de metanol y 5 ml de cloroformo, después se homogeneizó por dos minutos y finalmente se agregó 5 ml más de cloroformo y se siguió homogeneizando por 2 minutos más.

#### *3.- Centrifugado (Centrifugadora)*

La centrífuga se encendió 10 minutos antes de comenzar a trabajar, las muestras, se pesaron y balancearon previamente antes de ser introducidas al aparato. Cada muestra se centrifugó por 10 min a 2500 rpm. a una temperatura de 4 °C.

#### *4.- Filtrado*

Terminado el centrifugado se sacaron las muestras de la centrifugadora, se les retiró la parte superior la cual era de agua y metanol, para posteriormente filtrar la parte inferior agregando 30 ml de cloroformo, se hizo un segundo filtrado en otro papel filtro y se agregó



una cucharada de sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) más 30 ml de cloroformo y se filtro en papel filtro del numero 41 (110 mm normal) Whatman, se tomó una alícuota de 3 ml del filtrado con pipeta volumétrica y se colocó en un matraz redondo de fondo plano de 20 ml que previamente secado, pesado y mantenido dentro de un desecador.

#### 5.- Evaporación

El líquido que se obtuvo en el paso anterior se vertió en un matraz y se colocó dentro de la evaporadora ó Rotavapor a temperatura de 36 °C, para retirar el cloroformo, se agregó Nitrógeno (gas), hasta que solo quedara la grasa en forma de gel, finalmente se pesó el matraz con la grasa y se obtuvo el resultado.

#### 5.- Expresión de resultados

$$A \text{ (g/100g)} = \frac{(V_T) \times (P_2)}{(V_a) \times (P_1)}$$

A: Concentración en g/100g (%) de grasa.

P1: Peso de la muestra.

P2: Peso de la grasa seca obtenida.

V<sub>T</sub>: Volumen total de cloroformo (10 ml).

V<sub>a</sub>: Volumen de la alícuota de cloroformo tomada (3 ml).

#### Metilación de Ácidos Grasos

Antes de tomar la lectura del Cromatógrafo, se adicionó al extracto el estándar interno ácido pelargónico C9 (0.043 mg), posteriormente se pasó la muestra a frascos pequeños y se guardó en congelación hasta la lectura con el Cromatógrafo de gases.

El equipo que se utilizó en este análisis fue un Cromatógrafo de gases modelo varian 3800 con detector por ionización FID (Flame Ionization Detector) para el análisis de compuestos orgánicos en general.

La metilación tiene lugar en dos fases; la primera fase consiste en la interacción con metilato de sodio como agente saponificante en medio metanólico (agente esterificante) y una segunda fase mediante la acción del metanol acidificado con ácido clorhídrico.

### V.7.2 Análisis de compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles se determinaron mediante la técnica modificada “Dynamic Headspace” misma que utilizaron Fedele y colaboradores en el 2000, así como Ciccioioli y colaboradores en el 2004 y que se describe a continuación.

En un vial de 10 ml se introdujeron 5 g de queso cortado en cubos de 2 mm y se cerró el vial con tapa rosca, las muestras fueron purgadas por burbuja de helio a un ritmo de 50 ml / min (expuesta a gas de helio a 40 °C durante 60 minutos), para que el vapor arrastrara a todos los componentes volátiles, los cuales son adsorbidos por una fibra delgada de 0.20 mg (Supelco EE.UU.).

Los compuestos volátiles adsorbidos por la fibra son desorbidos en el puerto de inyección de un Cromatógrafo de gases modelo 6890N GC, (Agilent Technologies, Wilmington, EE.UU) equipado con un detector selectivo de masas cuádruples (MSD) modelo 5973. La desorción se realiza manteniendo la fibra en el puerto de inyección durante 5 min a 220 °C con una válvula de purga abierta (modo splitless). Los compuestos son separados en una columna capilar BD-624 de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 1.4 µm de película J&W (Supelco, EE.UU.) el gas portador es helio con una velocidad lineal de 23.7 cm s<sup>-1</sup>.

El programa de temperatura comienza cuando la fibra es insertada, manteniendo la temperatura del horno a 38 °C durante 13 min, luego se realizó un primer gradiente lineal de temperatura de 4 °C min<sup>-1</sup> hasta alcanzar 150 °C. Posteriormente, se realizó el segundo gradiente lineal de temperatura de 10 °C min<sup>-1</sup> alcanzando 210 °C, manteniéndose así por 5 min más, el tiempo total de cromatografía es de 52 min, la línea de transferencia al espectrofotómetro de masas se mantiene a 240 °C. Los espectros de masas se obtienen por impacto electrónico a 70 eV. Los espectros de los compuestos volátiles se obtienen cubriendo el intervalo de masas de 25 a 400 amu. Los compuestos volátiles individuales fueron identificados mediante el espectro de masas MSD por comparación con los datos contenidos con la librería NIST' 98. (Wiley y Son, Alemania). Cada muestra fue analizada por duplicado.

### V.7.3 Análisis sensorial descriptivo

El análisis sensorial descriptivo se llevó a cabo en una sala sin corrientes de aire a temperatura ambiente, que está dividida en cubículos con capacidad para ocho jueces entrenados (cuatro hombres, cuatro mujeres), con edades entre 40 y 60 años. Durante las pruebas, se aisló al jurado y se les oferto al azar muestras de los quesos experimentales de 2 cm de largo por 2 cm de alto, los participantes calificaron con un vocabulario de nueve atributos sensoriales para sabor, seis para olor y seis más para textura (Cuadro18). Los atributos seleccionados se basan en el vocabulario sensorial utilizados en el experimento de Muir y colaboradores en 1995.

La intensidad de cada uno de los veintiún atributos fue evaluada en una escala de 0 a 9, tras la prueba sensorial.

**Cuadro 18.** Vocabulario descriptivo de los atributos utilizados en el análisis sensorial de los quesos experimentales.

<b>Atributos de sabor</b>	<b>Atributos de olor</b>	<b>Atributos de la pasta</b>
Dulce	Cabra	Aspecto
Acido	Hierba	Color
Salado	Fruta	Humedad
Amargo	Establo/estiércol	Dureza
Astringente	Fermentación	Friabilidad
Jabonoso	Oxidación	Granulosidad
Leche		
Fermento		
Hierba		

## VI. ANALISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos se analizaron bajo un modelo estadístico para dos muestras. Los tratamientos se identificaron por el sistema de alimentación T1 (pastoreo) y T2 (pastoreo más suplemento láctico). Con los valores obtenidos se calcularon las Medias y Desviaciones Estándar, para posteriormente realizar la prueba “*t*”-Student para dos muestras suponiendo varianzas iguales o desiguales según fuese el caso, con el fin de determinar las posibles diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre ambos tratamientos. Los resultados fueron procesados con el paquete estadístico integrado en el programa Excel<sup>®</sup> de Microsoft Office (2007), empleando el siguiente estadístico:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

$t$  = estadístico equivalente a  $t$  de Student.

$t$  = variable respuesta para ácidos grasos (saturados, insaturados, monoinsaturados, poliinsaturados, trans totales, omega 3, omega 6, ácido linoléico conjugado, linoléico,  $\alpha$ -linoléico).

$t$  = variable respuesta para compuestos orgánicos volátiles (aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres, hidrocarburos, alcoholes y terpenos).

$t$  = variable respuesta para las características sensoriales (sabor: dulce, ácido, salado, amargo, astringente, jabonoso, leche, fermento, hierba; Olor a: cabra, hierba, fruta, establo/estiércol, fermento y oxidación; Características de la pasta: color, humedad, dureza, friabilidad y granulosis).

$\bar{X}_1$  = media aritmética del Tratamiento 1

$\bar{X}_2$  = media aritmética del Tratamiento 2

$\sigma^2_1$  = varianza del Tratamiento 1

$\sigma^2_2$  = varianza del Tratamiento 2

$n_1$  = tamaño de la muestra del Tratamiento 1

$n_2$  = tamaño de la muestra del Tratamiento 2

El cálculo de los grados de libertad se realizó con la siguiente fórmula:

$$gl = (n_1 - 1) + (n_2 - 1)$$

## VII. RESULTADOS

### VII.1 Contenido de ácidos grasos

En el Cuadro 19 se muestra la concentración total de ácidos grasos (AGs) de los 2 tipos de queso experimental elaborados con leche de cabra: pastoreo (P) y pastoreo más suplemento láctico (PSL) ambos establecidos bajo el régimen alimenticio de pastoreo y diferenciados únicamente por el efecto de la adición de un suplemento láctico. En el cuadro se resume que los ácidos grasos saturados presentes en el primer tratamiento P (6.04 g/100g) tienen la mayor concentración con respecto al segundo tratamiento PSL (4.23 g/100g) variación que los hace diferentes ( $P < 0.05$ ). Así mismo los quesos de PSL exponen diferencia ( $P < 0.05$ ) en cuanto a la concentración de ácidos grasos insaturados con un valor de 5.57 g/100g comparado con 4.95 g/100g de los quesos de P.

Los resultados para los AGs monoinsaturados alcanzan los valores más altos para P (4.77 g/100g), siendo estadísticamente diferentes con respecto a lo observado en PSL (4.49 g/100g), así mismo los ácidos grasos Poliinsaturados mostraron un valor mayor en el queso de animales alimentados en pastoreo más suplemento láctico (1.08 g/100g). La significancia fue del 95 % en ambas clasificaciones de AGs Insaturados.

En cuanto al contenido de ácidos grasos *trans* también se observó diferencia significativa, el queso de animales alimentados en pastoreo más suplemento láctico tiene un valor menor (0.32 g/100g) al observado en los quesos de animales alimentados en Pastoreo (0.40 g/100g).

La concentración los AGs  $\omega 3$  en los quesos de pastoreo con adición del suplemento láctico fueron ligeramente superiores numéricamente con un valor de 0.11 g/100g, pero sin mostrar diferencia estadística con respecto a la concentración encontrada en los quesos de pastoreo (0.12 g/100g). La concentración de ácidos grasos  $\omega 6$  fue superior en los quesos de pastoreo más suplemento láctico registrando un valor 0.29 g/100g, comparado con el valor de los quesos de pastoreo (0.21 g/100g).

Los ácidos linoléico (179 mg/100g) y alfa-linolénico (64 mg/100g) tuvieron los valores máximos en el queso de pastoreo más suplemento láctico, mostrando diferencia estadística. Los valores de 245 mg de ácido linoléico conjugado (citado posteriormente con sus siglas en inglés ALC) y 7.6 mg de ácido docosahexaenóico (citado posteriormente con sus siglas en inglés DHA) por cada 100g de queso, exhibieron las concentraciones más

altas en el queso de pastoreo más suplemento láctico, siendo estadísticamente diferentes a los valores reportados en los quesos de pastoreo.

**Cuadro 19.** Concentración de ácidos grasos presentes en queso de animales alimentados en Pastoreo y Pastoreo más Suplemento Láctico (n=25).

<b>Acido Graso</b>	<b>Pastoreo</b> (g/100g)	<b>Pastoreo más</b> <b>Suplemento</b> <b>Láctico (g/100g)</b>	<b>(P &gt; 0.05)</b>
Total de Saturados	6.04 ±0.17	4.23 ±0.07	*
Total de Insaturados	4.95 ±1.78	5.57 ±0.71	*
Monoinsaturados	4.77 ±0.16	4.49 ±0.06	*
Poliinsaturados	0.18 ±0.02	1.08 ±0.12	*
<i>Trans</i> totales	0.401 ±0.052	0.329 ±0.028	*
Omega 3	0.118 ±0.052	0.120 ±0.028	ns
Omega 6	0.211 ±0.007	0.297 ±0.007	*
Linoléico	0.161 ±0.054	0.179 ±0.055	*
α-Linolénico	0.051 ±0.038	0.064 ±0.023	*
CLA	0.165 ±0.006	0.245 ±0.015	*
DHA	0.066 ±0.006	0.071 ±0.002	*

(CLA) = ácido linoléico conjugado, (DHA) = ácido docosahexaenóico

\* = (P < 0.05)

ns = no significativo

## VII.2 Compuestos orgánicos volátiles

El contenido total de compuestos orgánicos volátiles (COV), presente en el queso de animales alimentados en pastoreo fue de 257.72 mg/100g, siendo ligeramente mayor que el encontrado en los quesos de pastoreo más suplemento láctico con 245.09 mg/100g. Las familias más representativas del primer tratamiento son: ácidos 57.7 %, ésteres con 16.3 % y compuestos cetónicos 15.4 %; para el segundo tratamiento los alcoholes participan con el 35.7 %, ácidos con 31.5 % y compuestos cetónicos con el 16.1 % como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 20.** Perfil de compuestos orgánicos volátiles presentes en el queso de animales en Pastoreo y Pastoreo más Suplemento Láctico.

Compuestos	Pastoreo		Pastoreo más Suplemento Láctico		(P > 0.05)
	mg/100g	%	mg/100g	%	
Aldehídos	7.98 ±2.85	3.1	16.48 ±3.72	6.7	*
Cetonas	39.60 ±14.30	15.4	39.52 ±11.90	16.1	ns
Ácidos	148.74 ±40.12	57.7	77.30 ±32.93	31.5	*
Ésteres	41.94 ±12.02	16.3	15.68 ±7.56	6.4	*
Hidrocarburos	1.16 ±0.18	0.5	5.52 ±2.53	2.3	*
Alcoholes	14.01 ±5.03	5.4	87.39 ±4.97	35.7	*
Terpenos	4.28 ±1.38	1.7	3.18 ±0.68	1.3	*

\* = (P < 0.05)

ns = no significativo



En los quesos de pastoreo y pastoreo más suplemento láctico se encontraron 27 compuestos aromáticos volátiles, distribuidos en 7 familias químicas, cetonas y ésteres tuvieron el mayor número de compuestos (5), seguidos por los ácidos, aldehídos y terpenos (4), alcoholes (3) e hidrocarburos (2), como se observa en el cuadro 21.

**Cuadro 21.** Familias de compuestos orgánicos volátiles presentes en los quesos experimentales.

<b>Componente aromático volátil</b>	<b>Pastoreo</b>	<b>Pastoreo más Suplemento Láctico</b>
<b>Ácidos</b>		
ácido acético	58.6	30.15
ácido 2-metil-propanoico	90.2	34.15
ácido butanoico	--	7.86
ácido hexanoico	--	5.14
<b>Alcoholes</b>		
Etanol	8.15	42.36
3-metil-1-butanol	2.32	25.69
2-metil-1-propanol	3.54	19.34
<b>Ésteres</b>		
Butanoico éster metílico	11.80	11.20
Ácido hexadecanoico, metil éster	9.12	4.48
Ácido hexadecanoico, etil éster	5.72	--
Ácido octadecanoico, metil éster	7.82	--
Ácido decanoico, etil éster	7.48	--
<b>Cetonas</b>		
Acetona	11.18	10.51
2,3-butanodiona	10.71	8.68
3-hidroxi-2-butanona	9.60	8.14
3-metil-2-butanona	8.11	7.65
2-pentadecanona	--	4.54
<b>Aldehídos</b>		
Acetaldehído	2.36	7.30
3-metil-butanal	2.28	5.30
Pentanal	1.90	3.88
Heptanal	1.44	--
<b>Hidrocarburos</b>		
1-cloro-3-metil-butano	1.16	--
1-metoxi-4[1-propenil]-benceno	--	5.52
<b>Terpenos</b>		
Limoneno	1.95	1.20
Pineno	1.26	--
β-Pineno	--	1.20
4-metilfenol	1.07	0.90

### VII.3 Análisis sensorial descriptivo

Los resultados del análisis descriptivo de nueve atributos sensoriales de sabor, seis atributos sensoriales de olor y seis atributos sensoriales de la pasta realizados en queso de leche de cabra de animales alimentados en pastoreo y animales en pastoreo con adición de un suplemento láctico se muestran en el cuadro 22.

Los quesos de PSL muestran una mayor puntuación en los atributos de sabor a “dulce”, “leche” y “hierba”; aroma a “hierba”, “Fruta” y “fermento”, con una mayor dureza y granulosis, cuando se comparan con las características del queso de Pastoreo.

**Cuadro 22.** Resultados del análisis sensorial descriptivo de los quesos experimentales.

ATRIBUTOS		PASTOREO	PASTOREO MAS SUPLEMENTO LÁCTICO	DIFERENCIA
<b>SABOR</b>	Dulce	4.3	6.3	*
	Ácido	5.5	4.9	ns
	Salado	3.7	4.0	ns
	Amargo	3.7	3.8	ns
	Astringente	4.7	4.4	ns
	Jabonoso	3.6	4.0	ns
	Leche	6.0	7.5	*
	Fermento	2.7	3.0	ns
	Hierba	3.2	4.6	*
<b>OLOR</b>	Cabra	4.5	4.3	ns
	Hierba	5.5	6.8	*
	Fruta	4.3	5.9	*
	Establo/estiércol	3.2	2.9	ns
	Fermento	2.0	3.8	*
	Oxidación	3.2	3.5	ns
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA</b>	Color	6.8	7.1	ns
	Humedad	4.0	3.8	ns
	Dureza	5.1	6.9	*
	Friabilidad	4.0	3.0	*
	Granulosidad	3.0	4.0	*

\* = ( $P < 0.05$ )

ns= no significativo

## VIII. DISCUSIÓN

### VIII.1 Contenido de ácidos grasos

En la literatura se encuentran varios investigadores que han analizado la composición lipídica de los quesos, en 1989 Elliott y colaboradores así como Kin y Lindsay en 1990, plantearon que las concentraciones de ácidos grasos se ven afectadas por factores involucrados durante el análisis de las muestras, tal es el caso de la pureza de los reactivos y la naturaleza volátil de los propios compuestos, situaciones que no permiten observar tasas consistentes en los resultados.

En este sentido las concentraciones reportadas por Kin y Lindsay en 1990, fueron de 9.80 g/100g siendo semejantes a los resultados del presente estudio que van de 9.30 a 10.99 g/100g y superiores a los reportados por Bonilla en 2005 con promedios de 1.80 y 2.80 g/100g, para quesos de manufactura similar. La volatilidad de los ácidos grasos y el manejo de las muestras podrán explicar las diferencias encontradas en los resultados.

Otro investigador (Cuchillo, 2007) reportó concentraciones que van de 9.4 a 11.90 g/100g de queso de cabra alimentadas en estabulación y pastoreo, donde la causa de las variaciones fueron el sistema de alimentación y la pasteurización de la leche.

Para este estudio la composición de ácidos grasos presentes en los quesos experimentales de pastoreo tienen una mayor concentración de grasa saturada en relación con los quesos de pastoreo más suplemento láctico. En el año 2000 Pfeufer, Banskalieva y colaboradores señalaron que el consumo de ácidos grasos saturados, se encuentran relacionados con un incremento en los niveles de colesterol en sangre, ya que ha sido demostrado que son productos hipercolesterolémicos debido a que pueden incrementar las concentraciones de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en plasma por lo que pueden desencadenar diversos padecimientos de importancia cardiovascular en quienes los consumen. Paralelamente la Encuesta Nacional de Nutrición y Alimentación (2005) indicó que el 62 % de las mujeres y el 51 % de los hombres en edad reproductiva padecen obesidad o sobrepeso, situación que incrementa el peligro de contraer este tipo de enfermedades (FAO, 2005). Este tipo de indicadores han despertado el interés de algunos países en pro de patrones de alimentación capaces de prevenir las enfermedades crónicas degenerativas (OMS, 2002).

El queso de pastoreo más suplemento láctico tiene una mayor cantidad de ácidos insaturados y un menor contenido de ácidos grasos saturados ( $P < 0.05$ ). El menor contenido AG's saturados así como el bajo consumo de alimentos que los contengan, puede favorecer la salud humana, ya que se encuentran implicados en la mayoría de las enfermedades cardiovasculares originadas por obesidad (SS, 2005).

Los resultados para los ácidos grasos *trans* mostraron un mayor contenido en el queso de pastoreo (0.401 g/100g) comparado con el queso de pastoreo más suplemento láctico (0.329 g/100g) existiendo diferencia entre ambos resultados ( $P < 0.05$ ). Los efectos negativos de los ácidos grasos *trans* en las patologías coronarias, se evidencio a partir de observaciones en los ácidos grasos hidrogenados producidos durante los procesos industriales (Aro *et al.*, 1998). Los ácidos grasos *trans* en los alimentos representan un riesgo para la salud ya que su consumo desmedido, es considerado un peligro al incrementar los niveles de LDL, teniendo un efecto directo dentro de la presentación de padecimientos cardiovasculares (Pedersen, 2001 y Secchiari, 2008).

Al comparar el contenido de ácidos grasos monoinsaturados de los quesos de P (4.77 g/100g) mostraron una concentración superior a lo reportado por Bonilla en 2005 (1.2 g/100g) y semejante a los resultados de Cuchillo en 2007 (4.0 g/100g), cuando se comparo el tratamiento de pastoreo de cada uno de los investigadores. En cuanto a los ácidos grasos Poliinsaturados, el queso de PSL registró la mayor concentración (1.08 g/100g), el resultado obtenido también es superior al reportado por Cuchillo en 2007 (tratamiento de pastoreo y leche cruda), que presento una concentración máxima de 0.64g/100g.

Acerca de los precursores de las familias  $\omega 6$  y  $\omega 3$ ; se observó que los niveles de ácido linoleico por sus siglas en inglés "AL" fue afectado por el sistema de alimentación como lo señalaron Zlatanos y colaboradores en el 2002 y Bonilla en 2005 en sus tratamientos de pastoreo, así la concentración de ácido alfa-linolénico por sus siglas en inglés "ALA" de este estudio fue similar obteniendo una concentración de 0.05 y 0.06 g/100g en los quesos P y PSL.

Por otra parte, las concentraciones de AL mostraron diferencia ( $P < 0.05$ ), permitiendo observar que aún cuando los dos tratamientos fueron basados en dietas de pastoreo, los quesos de PSL contiene una mayor concentración de estos compuestos, siendo similar al estudio de Ditrana y colaboradores en 2004, cuando estudiaron la relación

entre las plantas de agostadero y el contenido de ácidos grasos de la leche de cabras en pastoreo.

Las concentraciones de ácido linoleico conjugado (CLA) mostraron diferencia ( $P < 0.05$ ) al adicionar el suplemento láctico, siendo el queso de leche de animales alimentados en pastoreo (P), donde se registro un valor más alto, esto podría estar relacionado con la tasa de degradación ruminal de los forrajes, la concentración y el comportamiento selectivo de los animales de pastoreo como lo explico Rubino en el 2002. En los quesos el contenido de CLA es muy variado y sobre todo depende del contenido de CLA de la leche cruda en sí (Werner *et al.*, 1992; Griinari *et al.*, 2000), la variación en el contenido de CLA en la leche se ha asociado con varios factores tales como la etapa de lactancia, la paridad (Kelly *et al.*, 1998), y la raza (Secchiari *et al.*, 2001; White *et al.*, 2001). Sin embargo, la dieta es el factor más importante que influyen en las concentraciones de CLA en leche (Collomb *et al.*, 2002).

La carne de rumiantes y los productos lácteos son la principal fuente de CLA en la dieta humana. El CLA en rumiantes se sintetiza bajo la intervención de bacterias de origen ruminal que pueden sintetizarlo, como producto intermedio en la biohidrogenación de ácido linoleico (Griinari y Bauman, 1999).

En cuanto al ácido docosahexaenoico (DHA), los quesos de PSL mostraron niveles de, (0.71 g/100g) superiores a lo registrado en P (0.60 g/100g), donde podemos observar la influencia del sistema de alimentación. El DHA presenta funciones muy variadas, así como diversos efectos positivos sobre la salud del consumidor, disminuyendo la agregación plaquetaria e incrementando la permeabilidad y contractibilidad de los vasos sanguíneos, además de atenuar los procesos inflamatorios e incrementando la respuesta del sistema inmune (Avila, 2007).

## VIII.2 Compuestos orgánicos volátiles

En los quesos de pastoreo y pastoreo más suplemento láctico se encontraron 27 compuestos aromáticos volátiles, distribuidos en 7 familias químicas, cetonas y ésteres tuvieron el mayor número de compuestos (5), seguidos por los ácidos, aldehídos y terpenos (4), alcoholes (3) e hidrocarburos (2), como se muestra en el cuadro 21.

**Ácidos volátiles;** El ácido acético, ácido 2-metil-propanoico (ácido isobutírico), ácido butanoico (ácido butírico) y el ácido hexanoico (ácido caproico), fueron identificados en quesos de pastoreo y pastoreo mas suplemento láctico. El ácido acético se produce por la fermentación de la lactosa o citrato (Izco y Torre, 2000; McSweeney y Sousa, 2000) y se caracteriza por un sabor amargo (Kondyli *et al*, 2003), en los quesos de P se detectaron 58.62 mg/100g y en los de PSL 30.15mg/100g. El ácido butírico (7.86mg/g) y ácido caproico (5.14mg/100g), solo se detectaron en el queso de pastoreo más suplemento láctico. El ácido butírico es producido principalmente por la fermentación del ácido láctico (Muñoz *et al*, 2003), El ácido isobutírico estuvo presente en cantidades que podrían ser atribuidos al metabolismo de los aminoácidos valina y leucina (Muñoz *et al*, 2003) conteniendo las muestras de P 90.2mg/100g y 34.15mg/100g en los quesos de PSL. EL contenido total de la familia de los ácidos presento diferencia al comparar ambos tratamientos como se muestra en el cuadro 21.

**Alcoholes;** Etanol, 3-metil-1-butanol y 2-metil-1-propanol se identificaron en quesos de pastoreo y pastoreo más suplemento láctico, el etanol fue el principal compuesto aromático de ambos tipos de quesos participo con 8.15 mg/100g en primer tratamiento y 42.36 en el segundo tratamiento. La mayor concentración de etanol en los quesos es causada probablemente por la microflora nativa presente en la leche cruda, las bacterias contenidas en los cultivos iniciadores ó el crecimiento de levaduras en el queso después de la producción, lo que resulta en la formación de etanol por fermentación de la lactosa (Ortigosa, Torre, y Izco, 2001).

2-Metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol se presentaron en ambos tipos de queso. Estos alcoholes pueden ser formados por la reducción de los aldehídos, formados durante el metabolismo de los ácidos grasos y aminoácidos (Bellesia *et al*, 2003). La mayor cantidad de alcoholes se debe al mayor consumo de pastos y a la mayor disposición de

pasto en verano comparado con otras clases botánicas de la dieta consumida por las cabras (Fedele *et al.*, 2000).

Los alcoholes, numéricamente son la cuarta familia dentro del perfil de los quesos de pastoreo (14.01 mg/100g), sin embargo en los quesos de pastoreo más suplemento láctico son la familia más representativa participando con 87.39 mg/100g. Las concentraciones de alcoholes mostraron diferencia ( $P < 0.05$ ) entre los dos tratamientos, siendo los quesos de leche de animales alimentados en pastoreo más suplemento láctico, los superiores.

**Ésteres;** Los ésteres están formados por la reacción entre los ácidos grasos y alcoholes (Bellesia *et al.*, 2003). Estos compuestos son capaces de incidir de manera importante en el aroma de los quesos, ya que tienen efecto sinérgico con alcoholes (Ortigosa *et al.*, 2001).

Butanoico éster metílico (metil butanoato), ácido hexadecanoico metil ester, ácido hexadecanoico etil éster, ácido octadecanoico metil ester y ácido decanoico, etil ester fueron encontrados en los quesos de pastoreo en las siguientes concentraciones 11.80, 9.12, 5.72, 7.82 y 7.48 mg/100g respectivamente, en el caso de los quesos de pastoreo más suplemento láctico solo se encontraron los dos primeros, mostrando una concentración de 11.20 y 4.48 mg/100g. Al comparar el contenido total de estos compuestos mostraron diferencia ( $P > 0.05$ ) a favor del los quesos de pastoreo.

**Cetonas:** Acetona, 2,3-butanodiona, 3-hidroxi-2-butanona (Acetoína), 2-pentadecanona y 3-metil-2-butanona. Las cetonas son componentes comunes de la mayoría de los productos lácteos (Kondyli *et al.*, 2003). La acetona es un componente natural de algunos quesos, se produce durante el metabolismo del citrato (Kondyli *et al.*, 2003) y se asocia fuertemente con el sabor frutal. En el presente estudio se encontró en ambos tipos de queso, la concentración para P fue de 11.18mg/100g y de 10.51 mg/100g para el PSL.

La 2,3-butanodiona, acetoína y 2-pentadecanona son compuestos más volátiles y se producen por la descarboxilación de diacetilo o de un ceto-ácido láctico (Muñoz *et al.*, 2003). En el queso de pastoreo se encontraron las siguientes concentraciones: 9.71, 9.60 y 8.11 mg/100g) en el queso de pastoreo más suplemento láctico: 8.68, 8.14 y 7.65.

El último compuesto (3-metil-2-butanona) solo se encontró en los quesos de pastoreo más suplemento láctico (4.54 mg/100g) este compuesto agrega a los quesos un sabor frutal. (Chin y Rosenberg, 1997).

El contenido de compuestos cetónicos se mantuvo como el tercer compuesto más importante en ambos tratamientos permitiendo apreciar ligera diferencia numérica pero no estadística entre ambos casos ( $P < 0.05$ ). La presencia del contenido de cuerpos cetónicos del forraje consumido por las cabras, también se puede explicar cómo la consecuencia de haber un mayor contenido de alcoholes en los pastos que incrementan los niveles de alcoholes secundarios que se reducen en cetonas y metil cetonas por la actividad enzimática (Molimard y Spinnler, 1996).

**Aldehídos;** Los aldehídos pueden hacer una gran contribución al sabor global del producto, debido a su nivel de percepción (Kondyli *et al.*, 2002). En los quesos experimentales se detectaron los siguientes compuestos: acetaldehído, 3-metil-butanal, pentanal y heptanal. Los aldehídos se producen principalmente como resultado de la descarboxilación de cetoácidos. Acetaldehído se encontró en ambos tipos de quesos siendo además el aldehído más común encontrado en productos lácteos como lo describe Kondyli y colaboradores en el 2002, caracterizándose por conferir un olor dulce. La concentración encontrada en los quesos de P fue de 2.36 mg/100g y en los de PSL de 7.03 mg/100g.

3-metil-butanal se encontró tanto en los quesos de P (2.28 mg/100g) como en los de PSL (5.30 mg/100g), este compuesto contribuye considerablemente con el aroma a causa de su sinergia con alcoholes como lo describe Ortigosa en el 2001.

Pentanal fue identificado en las siguientes concentraciones: 1.90 y 3.88 mg/100g para los quesos de pastoreo y pastoreo más suplemento láctico respectivamente. Heptanal fue identificado solo en los quesos de P (1.44 mg/100g), de acuerdo a lo reportado por Kondyli (2003) este compuesto le confiere a los quesos un sabor a madera.

Los aldehídos de cadena lineal como heptanal y nonanal se puede formar a través de b-oxidación de los ácidos grasos insaturados, Eman y colaboradores en 1999, así como Woulter y colaboradores en 2002, demostraron la capacidad de algunas cepas de *Lactobacillus lactis* para producir aldehídos de cadena lineal de la leche y el queso.



**Hidrocarburos:** Los hidrocarburos detectados en el queso de pastoreo fue: 1-cloro-3-metil-butano (1.16mg/100g) y en los quesos de pastoreo más suplemento láctico 1-metoxi-4[1-propenil]-benceno (5.52mg/100g). Estos componentes pueden servir como precursores para la formación de otros compuestos aromáticos (Muñoz *et al.*, 2003; Ortigosa *et al.*, 2001), sin embargo al compararlos guardaron diferencia entre sí ( $P>0.05$ ).

**Terpenos:** La familia de los terpenos represento el menor porcentaje dentro de todos los compuestos aromáticos volátiles encontrados en los quesos de pastoreo y pastoreo más suplemento láctico (Ha y Lindsay, 1991).

En los quesos experimentales se detectaron los siguientes compuestos limoneno, pineno,  $\beta$ -pineno y 4-metilfenol. Generalmente limoneno tienen un olor a fruta, pineno a pino, resina o madera. Limoneno al igual que otros terpenos, está presente en las muestras como un componente normal de la fracción no saponificada de las grasas vegetales, su presencia depende de dietas de forraje verde (Sabio *et al.*, 1998). En quesos de pastoreo expreso la cantidad de 1.95 mg/100g y en los quesos de pastoreo más suplemento láctico 1.20 mg/100g.

En cuanto a los compuestos denominados pineno y  $\beta$ -pineno, se han descrito como precursores de compuestos fenólicos (Ha y Lindsay, 1991), en los quesos de pastoreo la cantidad de pineno fue la siguiente 1.26mg/100g, sin haber encontrado la expresión de  $\beta$ -pineno, por el contrario en los quesos de pastoreo más suplemento láctico no se expreso el primer compuesto y el segundo reporto una concentración de 1.20 mg/100g.

En los resultados de Raes y colaboradores en el 2003 discutieron que la presencia de 4-metilfenol en grasa de rumiantes se correlacionó positivamente con la actividad de pastoreo (Raes *et al.*, 2003; Young *et al.*, 1997), en el caso de los quesos de pastoreo el 4-metilfenol se encontró en una concentración de 1.07 mg/100g y en los quesos de PSL 0.90 mg/100g.

El contenido de terpenos en el perfil de la leche y productos lácteos se ve influido por la alimentación y sobre todo por pastoreo de forraje. Esta relación podría ser utilizada para distinguir la leche o el queso procedentes de sistemas de pastoreo o no pastoreo (Fedele *et al.*, 2000; Rubino *et al.*, 2002), rastrear su origen geográfico y sitio de producción (Viallon *et al.*, 2000).

La baja contribución de los terpenos, en términos de concentración, a la composición total de COV en los sistemas de pastoreo y pastoreo más suplemento láctico podría deberse a que al haber una mayor ingesta de forraje se modificaron los procesos digestivos reduciendo la absorción de terpenos, similar a lo descrito por Fedele y colaboradores en el 2005.

En el presente estudio se mostró que los terpenos no son el compuesto más representativo de los COV, aun cuando el experimento se llevo a cabo en el verano, momento en el que los terpenos alcanzan los niveles más altos (Fedele et al., 2002).

### **VIII.3 Análisis sensorial descriptivo**

El perfil sensorial, que se muestra en el cuadro 22, confirmó algunas diferencias entre ambos sistemas. En particular, los quesos de pastoreo con suplemento láctico, tienen una mayor intensidad de sabor a leche, dulce y forraje, mayor olor a forraje, fruta y fermento con mayor dureza, granulosis y menor friabilidad de la consistencia de los quesos, el componente aromático deseado es ligeramente mayor en el queso de PSL por lo tanto tiene un mejor olor y sabor. Este tipo de aproximación mediante las características sensoriales útiles para evaluar moléculas podría contribuir a determinar la calidad organoléptica percibida por los consumidores. De hecho, la percepción de olores o sabores degustados en los productos lácteos no solo se debe a la suma de moléculas, sino a la interacción de todos los compuestos presentes (Forss, 1979; Moio *et al*, 1996).

## IX. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio, mostraron que la adición de un suplemento láctico ofrecido a animales alimentados en pastoreo, influye principalmente en el contenido de ácidos grasos presentes en los quesos elaborados con leche de cabra, mejorándolos al disminuir la grasa saturada e incrementar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (linoléico,  $\alpha$ -linolénico, linoléico conjugado y docosahexaenóico), elementos relevantes que brindan características especiales al queso, confiriéndole la categoría de alimento funcional.

En el mismo sentido, la adición del suplemento láctico generó que de las familias de compuestos orgánicos volátiles se encontraran en su mayoría alcoholes, ácidos y cetonas, mientras que en el análisis sensorial se percibió un marcado sabor dulce, leche y a hierba, acompañado de un olor a hierba, fruta y fermento, una mayor dureza, granulosis, así como menor friabilidad de la pasta.

Las características encontradas en este queso lo convierten en un producto atractivo para el consumidor lo cual redundaría en una mayor demanda y por ende plusvalía.

Lo anterior nos lleva a proponer el seguimiento de esta investigación y explorar todo el potencial del suplemento láctico como mejorador de los productos finales de la ganadería caprina en sistemas de pastoreo.

## X. LITERATURA CITADA

1. Alais, C. 1990. Ciencia de la leche. Reverte, S.A. España. pp 21-105.
2. Alamilla, M. 2001. Pastoreo intensivo tecnificado, principios, métodos y su rentabilidad. Memorias de IV Congreso Internacional “Rentabilidad de la Ganadería de Leche”; Octubre 18-20; Tequisquiapan (Querétaro) México. México (Querétaro): Associated Consultants International: pp 59-65.
3. Alewijn, M., Smit, B., Sliwinski, E. y Wouters, J. 2007. The formation mechanism of lactones in Gouda cheese. *Int. Dairy J.* 17:59–66.
4. Allison, C. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: A review. *J. Range Manag.* 4: 305-311.
5. Amiot, J., 1991. Ciencia y tecnología de la leche. ACRIBIA. Zaragoza España. pp 1-69, 97, 249-266.
6. Arbiza, A. S. 1986. Producción de Caprinos. AGT Editorial, S.A. México. pp. 3-16, 47-49.
7. Arbiza, A. S. 1998. Sistemas de producción caprina en México: Características comunes y factores limitantes: Memorias del congreso Interamericano de producción caprina Torreón (Coah) México. Mexico (Coah): Asociación Mexicana de Producción Caprina-FES: pp 36-50.
8. Arbiza, A. y Lucas, J. 2001. La leche caprina y su producción. 1ª Edición. Editorial Mexicanos Unidos. México D.F. pp 43-70 y 211.
9. Aro, A., Amaral, E., Kesteloot, H., Rimestad, A., Thamm, M. and Poppel, G. 1998. Trans fatty acids in frenchfries, soups, and snacks from 14 european countries: The TRANSFAIR study. *J. Food Comp. anal.* 11: 170-177.
10. Arousseau, B., Bauchard, D., Calichon, E., Micol, D. and Priolo, A. 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the Muscle longissimus thoracis of lambs. *Meat Sci.* 66: 531-541.
11. AVILA, C.A. 2007. Epidemia de obesidad y sobrepeso en Mexico. Seminario de alimentos Universidad de Colima. Nov. 2007. Colima .Mexico 1-8.
12. Banskalieva V, Saúl T, Goetsch AL. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat deposits: a review. *Small Rum Res* 37, 255-268.

13. Bassols, A. I., Torres, F. y Delgadillo, J. 1992. El factor espacial en la configuración del sistema de abasto alimentario nacional: El abasto alimentario en México. UNAM. Instituto de Investigaciones Económicas. pp 163-186.
14. Bauchart, D., 1993. Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci.* 76: 3864-3881.
15. Baumont, R., Prache, S., Meuret, M. y Morand-Fehr, P. 2000. How forage characteristics influence behavior and intake in small ruminants; A review. *Livest. Sci.* 15-28.
16. Bellesia, F., Pinetti, A., Pagnoni, U. M., Rinaldi, R., Zucchi, C., Caglioti, L., et al. (2003). Volatile components of Grana Parmigiano-Reggiano type hard cheese. *Food Chem.* 83: 55-61.
17. Beresford, 2001. Recent advances in cheese microbiology. *Int. Dairy J.* 11: 259-274.
18. Bernal, F. 1992. Trabajo monográfico de actualización: Quesos elaborados tradicionalmente en México y clasificación propuesta. Tesis de Licenciatura Facultad de Química. UNAM pp. 5, 8, 19, 22, 36-39, 45, 50.
19. Bernardeau, M., Guguen, M. and Vernoux, J. 2006. Beneficial lactobacilli in food and feed: long-term use, biodiversity and proposals for specific and realistic safety assessments. *FEMS Microbiol. Rev.* 30: 487-513.
20. Besle, J., Lamaison, J., Pradel, P., Fraisse, D., Viala, D. and Martin, B. 2004. Les flavonoïdes, des fourrages au lait. Paris, France. *Renc. Rech. Rumin.* 11: 67-70.
21. Bligh, E. G. and Dyer, W. J. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can J. Biochem. P.* 37: 911-917.
22. Bonilla, C.A. 2005. Evaluación nutrimental del queso de leche de cabra, cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina y Zootecnia. UNAM. México. pp 58-69.
23. Borel, R. 1987. Sistemas silvopastoriles para la producción animal en el trópico y uso de árboles forrajeros en alimentación animal. En: Memorias VI Encuentro Nacional de Zootecnia. Cali. Colombia. pp 18-31.
24. Boyazoglu, J. and Morand-Fehr, P., 2001. Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review. *Small Rim. Res.* 40: 1-11.
25. Boyazoglu, J. Hatziminaoglu, I. and Morand-Fehr, P., 2005. The role of the goats in society: past, present and perspectives for the future. *Small Rim. Res.* 60: 13-23.

26. Boorton, J., Foster, J. 2002. Alpha-tocopherol concentration and case life of lamb muscle as influenced by concentrate or pasture finishing. *J. of Anim. Sci.* 80:2513-2521
27. Buchin, S., Martin, B., Dupont, D., Bornard, A. and Achilleos, C., 1999. Influence of the composition of Alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheese. *J. Dairy Res.* 66: 579–588.
28. Burdank. M. 2001. Cancer-Preventing properties of essential oil monoterpenes D-Limonene and Perilla Alcohol. *Cancer Res* 69 : 111-130.
29. Byers, F. M. and Schelling, G. T., 1993. Los lípidos en la nutrición de los rumiantes. En: Church D. C. Editor. *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Editorial Acribia. España. Capítulo 15: 339-356.
30. Caja G., González E., Flores C., Carro M.D. y Albanell E. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. Madrid, 23 y 24 de octubre de 2003 XIX curso de especialización FEDNA.
31. Chaucheyras F. D. and Fonty G. 2002. Influence of probiotic yeast (*Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077) on microbial colonization and fermentations in the rumen of newborn lambs. *Microb. Ecol. Health D.* 14: 30-36.
32. Chesson A. and Forsberg C. 1997. *The Rumen Microbial Ecosystem*. 2º ed. Hobson P. y Stewart C. (eds.). Chapman and Hall Ltd, Andover, UK.
33. Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. and Doreau, M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids, *Ann. Zoot.* 49. Pp:181-205.
34. Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J. and Lamberet, G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86: 1751- 1770.
35. Chin, H. W., and Rosenberg, M. (1997). Accumulation of some flavor compounds in full- and reduced-fat Cheddar cheese under different ripening conditions. *J. Food Sci.* 62: 468–474.
36. Chiofalo, V., Liotta, L. and Chiofalo, B. 2004. Effects of the administration of *Lactobacilli* on body growth and on the metabolic profile in growing Maltese goat kids. *Reprod. Nutr. Dev.* 44: 449–457.
37. Church, D.C. 1988. *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Englewood cliffs, New Jersey: Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J. 564 p.

- 38.Church, D.C. y Pond, W.G. 1992. Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. México, Limusa. Pp 215-223.
- 39.Ciccioli, P., Brancaleoni, E., Frattoni, M., Fedele, V., Claps, S. and Signorelli, F. 2004. Quantitative determination of volatile organic compounds (VOC) in milk by multiple dynamic headspace extraction and GC–MS. *Ann. Chim.* 94: 669–678.
- 40.Collado, M. C., Meriluoto, J. and Salminen, S. 2007. Development of New Probiotics by Strain Combinations: Is It Possible to Improve the Adhesion to Intestinal Mucus?. *J. Dairy Sci.* 90: 2710–2716.
- 41.Collomb, M., Butikofer, U., Sieber, R., Jeangros, B. and Bosset, J. 2002. Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *Int. Dairy J.* 12 (8), 649–659.
- 42.Cornu, A., Carnat, A.P., Martin, B., Coulon, J.B., Lamaison, J.L. and Berdagué, J.L. 2001a. Solid-Phase microextraction of volatile components from natural grassland plants. *J. Agric. Food Chem.* 49: 203–209.
- 43.Cornu, A., Koncljayan. N., Begnaud, F., Micol, D., Renou, J.P. and Berdagué, J.L. 2001b. Les terpènes des viandes, tiaceurs de l'alimentation et de l'origine géographique des anirnaux. Iii. Paris, France. *Renc. Rech. Rumin.*11: 61.
- 44.COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero). 1980. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.
- 45.Cozzolino, D., De Mattos, D. and Vaz Martins, D. 2002. Visible/near infrared reflectance spectroscopy for predicting composition and tracing system of production of beef muscle. *Anim. Sci.* 74: 477-484.
- 46.Cuchillo, M. 2007. Componentes funcionales y nutrimentales del queso fresco de leche de cabra, cruda y pasteurizada, por efecto del sistema de alimentación. Tesis Maestría, FES-Cuautitlán, UNAM, pp 67-85.
- 47.Cuchillo, M., Puga, C., Galina, M.A., Pérez-Gil, F., Montaña, S. and Navarro, A., 2006. Effect of grazing on development goat's soft cheese, as functional Food. 13TH World congress of Food Science and Technology. Food is live. Nantes, Francia. 17-21 de Septiembre del 2006.
- 48.Cunningham J. G., 1999. Fisiología Veterinaria. Capítulo 30; Digestión: Procesos Fermentativos. 2a edición. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., pp 375.

- 49.Czerkawski, J. W., and K. J. Cheng. 1988. Compartmentation in the rumen. In: P. N. Hobson (ed.) *The Rumen Microbial Ecosystem*. 40. pp 361–385. Elsevier Science Publishing Co., New York.
- 50.Dawson K. 1989. Effects of Microbial Supplements Containing Yeast and Lactobacilli on Roughage-Fed Ruminant Microbial Activities. University of Kentucky. Lexington.
- 51.Delgado, P. C. 1998. Mejoramiento de un sistema de alimentación parcialmente biosostenible en cabras bajo pastoreo racional tecnificado móvil. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Colima. Mexico. pp 11-15.
- 52.Di Trana, A., Cifuni, G.F., Fedele, V., Braghieri, A., Claps, S. and Rubino, R. 2004. Il sistema alimentare e la stagione influenzano il contenuto di CLA,  $\omega$ 3 e acidi grassi trans nel latte di capra. (Feeding system and season determined the CLA,  $\omega$ 3 fatty acid *trans* content in goat's milk). *Prog. Nutr.* 6(2): 109-115.
- 53.Draksler, D. González, S. and Oliver, G. 2004. Preliminary assays for the development of a probiotic for goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 44: 397–405.
- 54.Dubeuf, J.P., Morand-Fehr, P. and Rubino, R. 2004. Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Rim. Res.* 51: 165-173.
- 55.Eck, A. 1990. El Queso. Ed. Omega, Barcelona. pp. 51.
- 56.Elgersma A. 2006. Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 207–225.
- 57.Elliott, J. M., Haan, B. and Parkin, K.L. 1989. An improved liquid chromatographic method for the quantitative determination of free fatty acids in milk products. *J. Dairy Sci.* 72:478-482.
- 58.Eman, H., Ayad, A., Verheul, C., Wouters, T. and Smit, G. 1999. Flavour forming abilities and amino acid requirements of *Lactococcus lactis* strains isolated from artisanal and non-dairy origin. *Int.Dairy J.* 10. 725-735.
- 59.ENSANUT, 2006. Encuesta Nacional sobre Salud, Alimentación y Nutrición, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Mexico
- 60.FAO. 2005. Alimentación y Nutrición (Transición de la nutrición y la obesidad). Disponible en: URL: [www.fao.org/FOCUS/S/OBESITY/obest.htm](http://www.fao.org/FOCUS/S/OBESITY/obest.htm).
- 61.FAO. Faostat Statistical Database Results. 2008.
- 62.FAO/WHO. 2002. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Working Group Report. [www.fao.org](http://www.fao.org).



- 63.Fedele, V., Claps, S., Rubino, R., Calandrell, M., and Pilla, A. M., 2002. Effect of free choice and traditional feeding systems on goat feeding behavior and intake. *Livest. Prod. Sci.* 74: 19-31.
- 64.Fedele, V., Rubino, R., Claps, S., Sepe, L. and Morone, G. 2005. Seasonal evolution of volatile compounds content and aromatic profile in milk and cheese from grazing goat. *Small Rim. Res.* 59: 273–279.
- 65.Fedele, V., Signorelli, F., rancaloni, E., Ciccio, P. and Claps, S., 2000. Effect of concentrate grain source and herbage intake on physical–chemical features and milk aroma of grazing goats. In: Grunner, L., Chabert, Y. (Eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on Goats*, vol. 1, pp. 167–170.
- 66.Fedele, V., Pizzillo, M., Claps, S., Morand-Fehr, P. and Rubino, R., 1993. Grazing behaviour and diet selection of goats on native pasture in Southern Italy. *Small Rim. Res.* 11: 305–322.
- 67.Fekadu, B. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheese. *Small Rim. Res.* 59: 55-63.
- 68.FIRA Boletín Informativo. 1999. Oportunidad de desarrollo en la industria de la leche y carne de Cabra en México.
- 69.Fondevila, M. 1998. Procesos implicados en la digestión microbiana de los forrajes de baja calidad. *Revista Facultad Agronomía.* 15: 87-106
- 70.Forss, D.A. 1979. Mechanism of formation of aroma compounds in milk and milk products. *J. Dairy Res.* 46, 691–706.
- 71.Fox, P.F., and Cogan, T.M. 2004. Cheese made from ewe's and cow's milk. En: Fox, P.F., y Cogan T.M. *Cheese: Chem. Phis. Microbiol.* 2: 279-299.
- 72.Fraga, M. J., Fontecha, J., Lozada, L., Martínez-Castro, I. and Juárez M. 2000. Composition of the sterol fraction of caprine milk fat by gas chromatography and mass spectrometry. *J. Dairy Res.* 67: 437-441.
- 73.Franco, J.L., Galina, M.A., Delgadillo, P.C., Pérez-Gil, F. 2009. Efecto de la adición de un suplemento líquido portador de bacterias acidolácticas a dietas de alfalfa-concentrado y rastrojo de maíz en ovinos. *Archivos Latinoamericanos de Prod. Anim.* Vol 17 :483-489 ISSN 1022.

74. Fuentes, R. A. 2009. Composición de ácidos grasos y contenido de ácido linoleico conjugado en quesos de leche de cabra manufacturados en México. Tesis de licenciatura. Facultad de Química. UNAM. pp. 57-60.
75. Galina, M. 2008a. Obesidad y sobrepeso un problema de alimentación. II Conferencia de Ovejeros y Cabreros de América Latina, Barquicimeto, Venezuela.
76. Galina, M. A. 2002. 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.
77. Galina, M. A., Ortiz-Rubio, M. A., Guerrero, M., Mondragón, D.F., Franco, N. J. y Elías, A. 2008b. Efecto de un ensilado de maíz solo o inoculado con un probiótico láctico y adicionado con un Suplemento nitrogenado de lento consumo en ovinos. *AIA*. 12(2): 23-34.
78. Galina, M. A., Puga, D. C., Hernández, A. and Haenlein, G. F. 1998. Biodiverse and biosustainable production system with goats in Mexico; importance of a forage bank. *Small Rim. Res.* 27: 19-23.
79. Galina, M., Guerrero, M., Puga, D.C. and Haenlein, G. F. 2004. Effect of slow intake urea supplementation on Goat kids pasturing natural Mexican rangeland. Ruminal fermentation, feed intake and digestibility. *Small Rim. Res.* 55: 85-95.
80. Galina, M.A. Osnaya, F. Cuchillo, H.M. and Haenlein G.F. 2007. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Rim. Res.* 71: 264-272.
81. Galina, M.A., Guerrero, C.M., Serrano, G., Morales, R. and Haenlein, G. 2000. Effect of complex catalytic supplementation with non protein nitrogen on ruminal ecosystem of growing goats pasturing shrub land in Mexico. *Small Rim. Res.* 36: 33-42.
82. Galina, M.A., Ortíz, R. M.A., Osnaya, G.F. and Cuchillo, M. 2006. Efecto del manejo (Pastoreo o Estabulación) sobre la calidad de queso de cabra o vaca. Memorias Reunión Científica. XLII Reunión de Investigaciones Pecuarias. Veracruz, Ver. México. 307
83. Galina, M.A., Delgado-Pertiñez, M., H, Ortíz-Rubio, M.A., Pineda, L.J., Puga, D.C. 2009. Cinética ruminal y crecimiento de cabritos suplementados con probióticos de bacterias ácido-lácticas *Pastos y Forraje* Vol. 32 395-405.

84. Galina, M.A., Puga, D.C., Hernández, A. and Haenlein, G.F.W. 1998. Biodiverse and biosustainable production systems with in goats in Mexico. Importance of a forage bank. *Small Rum. Res.* 27 (1):19-23.
85. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. México. p. 33.
86. García-Garibay, M. 2004. Productos Lácteos en: Biotecnología Alimentaria 2ª. Edición, Edit. Limusa. pp. 162 – 191.
87. Gibson, G., Heber, D., Meydani, S., Postaire, E. and Sanders, M.E. 2000. Functional dairy products. John Libbey Eurotext. Montrouge, France. pp. 44.
88. González, D.C., González T.C., Barquera, S.M. and Rivera, J.A. 2007. Alimentos Industrializados en la dieta de preescolares mexicanos. *Salud Pública Méx.* 49: 345-356.
89. Griinari, J.M. and Bauman, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawecz, M., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Pariza, M.W. Nelson, J.G. (Eds.), *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, vol. 1. AOCS Press, Champaign, IL, pp. 180–200.
90. Griinari, J.M., Corl, B.A., Lacy, C.A., Chouinard, P.Y., Nurmela, K.V.V. and Bauman, D.E., 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by D9-desaturase. *J. Nut.* 130: 2285–2291.
91. Guevara, A. E., 1994. Utilización de ácidos grasos saponificados en la alimentación de ovinos. Tesis de maestría, UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México, D.F.
92. Gutiérrez, A. 1991. Nutrición de los rumiantes en pastoreo. Universidad Autónoma de Chihuahua, colegio. Textos Universitarios. México. pp.263.
93. Ha, J. K., and Lindsay, R. C. (1991). Volatile branched-chain fatty acids and phenolic compounds in aged Italian cheese flavors. *J. Food Sci.*, 56: 1241–1247.
94. Haenlein, G. F. W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rim. Res.* 51 2: 155-163.
95. Hasler, C.M. 1998. Scientific status summary. Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. *Food Technol.* 52: 63-70.
96. Hatziminaoglou, Y. and Boyazoglu J. 2004. The goat in ancient civilizations: from the Fertile Crescent to the Aegean Sea. *Small Rim. Res.* 51: 123-129.
97. Holzapfel, W.H. y Wood, J.B. 1998. The genera of lactic acid bacteria. Blackie Academic. Inglaterra.

98. Hungate, R.E. 1966. The rumen and its microbes. New York: Academic. USA.
99. Hungate, R.E. 1969. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In: Norris, J.R., Ribbons, D.W. (Eds.), Microbiology. Academic Press, London, pp. 117–132.
100. Iruengas, E. L., Castro C. J. y Avalos, L. F. 1999. Oportunidades de desarrollo en la industria de la leche y carne de cabra en Mexico. FIRA boletín Informativo. Mexico: 32:55-99.
101. Izco, J. M., and Torre, P. (2000). Characterization of volatile flavor compounds in Roncal cheese extracted by the purge and trap method and analyzed by GC–MS. *Food Chem.* 70: 409–417.
102. Jaramillo, V. 1994. Revegetación y reforestación de las aéreas ganaderas en las zonas áridas y semiáridas de México. Secretaria de agricultura y recursos Hidráulicos. Subsecretaria de ganadería. COTECOCA. México. pp 48.
103. Jarrige R. 1981. Ingestión y Digestión de los alimentos. En: Alimentación de los rumiantes. INRA. Ed Mundi-Prensa. Madrid. España. pp 29-53.
104. Jenkins, T. C., 1993. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. *J. Dairy Sci.* 76: 3851-3863.
105. Jennes, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk. Review: 1968 – 1979. *J. Dairy Sci.* 63: 1605-1630.
106. Jones, H. P. J. and Kubow, S. 2002. Lípidos, esteroides y sus metabolitos. En: Shils E M, Olson J A, Shike M y Ross A C. Nutrición en salud y enfermedad. Mc Graw Hill México Interamericana. 9a ed. Vol I México, pp 90-94.
107. Juárez, T. 2008. Quesos mexicanos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Disponible en: URL: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/reportajes/quesos/quesos.htm>. Consultado el 17.04.2010.
108. Kelly, M. L., J. R., Berry, D. A., Dwyer, J. M., Griinari, P. Y., Chouinard, M. E. y Van D. E. 1998. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nut.* 128:881–885.
109. Khanal, R.C. 2004. Potencial health benefits of conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat and egg: A review. *Pakistan J. Nut.* 3: 82-98.
110. Kin, H. J., and Lindsay, R. C. 1990. Method for the quantitative analysis of volatile free and total branched-chain fatty acids in cheeses and milk fat. *J. Dairy Sci.* 73:1988-1999.

- 111.Klinger, I. and Rosenthal I. 1997. Public health and safety of milk and milk products from sheep and goats. *Sci. Techn. Rev.* 16: 482-488.
- 112.Kondyli, E., Katsiari, M. C., Masouras, T., and Voutsinas, L. P. (2002). Free fatty acids and volatile compounds of low-fat Feta-type cheese made with commercial adjunct culture. *Food Chem.* 79: 199–205.
- 113.Kondyli, E., Massouras, T., Katsiari, M. C., and Voutsinas, L. P. (2003). Free fatty acids and volatile compounds in low-fat Kefalograviera-type cheese made with commercial adjunct cultures. *Int. Dairy Journal*, 13, 47–54.
- 114.Kritas, S. K., Govaris, A., Christodoulopoulos, G. and Burriel, A. R. 2006. Effect of *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* Supplementation of Ewe’s Feed on Sheep Milk Production and Young Lamb Mortality. *J. Vet. Med.* 53: 170–173.
- 115.Kung L. 2001. Direct Fed Microbials and Enzymes for Dairy Cows. Department of Animal & Food Sciences. University of Delaware.
- 116.Le Queré, J.L., Pierre, A., Riaublanc, A. and Demaizieres, D. 1998. Characterization of aroma compounds in the volatile fraction of soft goat cheese during ripening. *Lait. Dairy Sci. Technol.* 78: 279-290.
- 117.Lebbie, S. H. B. 2004. Goats under household conditions. *Small Rim. Res.* 51: 131-136.
- 118.Lee, J. Y. and Hwang, D. H. 2008. En Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Chow, C. CRC Press y Taylor and Francis Group. Tercera edición, USA. pp 121, 717-719.
- 119.Lehloenya, K. V., Stein, D. R., Allen, D. T., Selk, G. E., Jones, D. A., Aleman, M. M., Rehberger, T. G., Mertz, K. J. and Spicer, L. J. 2007. Effects of feeding yeast and propionibacteria to dairy cows on milk yield and components and reproduction. *J. Anim. Physiol. An. N.* 92: 190–202.
- 120.Leng R.A. 1990. A factor affecting the utilization of “poor quality” forages by ruminant animals particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3:277-303.
- 121.Losada, M. 2002. El análisis sensorial de los quesos. AMV Ed. Mundi-Prensa. España: pp. 15-30.
- 122.Lu, Y. y Foo, L. 2001. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). *Food Chem.* 75: 197-202.
- 123.Luquet, F., 1993. Los productos lácteos. Transformación y tecnologías. *ACRIBIA*. Zaragoza, pp. 2, 3, 89, 287-291, 315.

124. Mahuat, M., Jeantet, M. and Gérard Brulé. 2003. Introducción a la tecnología quesera. Editorial ACRIBIA, S.A. Royo 23. Isla de Mallorca, España. p.181.
125. Mariaca, R., Berger, T., Gauch, R., Imhof, M., Jeangros, B. and Bosset, J.O. 1997. Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *J. Agric. Food Chem.* 11: 4423–4434.
126. Marilley, L. and Casey, M. 2004. Flavours of cheese products: Metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *Inter. J. Food Microbiol.* 90: 139–159.
127. Martín del Campo, L. Y. 2006. Efecto de la conservación y el tiempo de almacenamiento sobre la microflora del queso suave de leche de cabra. Tesis Licenciatura. UNAM, pp 54-56.
128. Martín-Hernández, M. C., and Juárez, M. 1992. Biochemical characteristics of three types of goat's cheese. *J. Dairy Sci.* 75: 1747-1752.
129. Masera, O., Astier, M. y López, R.S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. México. Mundi-prensa, Gira A.C. y UNAM.
130. Mataix, J. y Gil A., 2004. Libro blanco de los omega-3. Editorial médica panamericana., Zaragoza España. pp. 10, 15-18.
131. Mayén, M. J. 1989. Explotación Caprina. Trillas S.A. de C.V. México. pp. 9-16.
132. McSweeney, P. L. H., and Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening: a review. *Lait*, 80, 293–324.
133. Merchant, M. 1996. The intake of grass and rush (*Juncus effusus*) by goats grazing rush-infested grass pasture. *Grass Forage Sci.* 51: 81-87.
134. Moio, L., Rillo, L., Ledda, A. and Addeo, F., 1996. Odorous constituents of ovine milk. *J. Dairy Sci.* 79: 1322–1331.
135. Molimard, P. and Spinnler, H. 1996. Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *J. Dairy Sci.* 79: 169-184.
136. Mora-Gutiérrez, A. Kumosinski, T.F. and Farrell H.M., 1991. Quantification of  $\alpha_{s1}$ -casein in goat milk from French Alpine and Anglo- Nubian breeds using reverse-phase high performance liquid chromatography. *J. Dairy Sci.* 74: 3303.
137. Morales, L. J., Babinsky, V., Bourges, R. H. and Camacho, P. M. 2000. Tablas de composición de alimentos mexicanos. Ed. INCMNSZ, México D.F.: pp. 237.

- 138.Morand-Fehr, P. 1996. Specificities des scurses et besoins d'information dans le secteur caprin, strategie a adapter. In: Les Dossiers du CIRVAL., No. 1. pp: 77-82.
- 139.Morand-Fehr, P., Béchet, G., Brun, J-P., Tessier, J. and Sauvant. 1990. A method to record the feeding behaviour of goats. *Small Rim. Res.* 33: 213–221.
- 140.Morand-Fehr, P., Boutonnet, J., Devendra, C., Dubeuf, J., Haenlein, G., Holst, P., Mowlem, L. and Capote, J. 2004. Strategy for goat farming in the 21 st century. *Small Rim. Res.* 51: 175–183.
- 141.Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. y Frileux, L. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rim. Res.* 68: 20–34.
- 142.Morand-Fehr, P. and Lebbie S. 2004. Proposals for improving the research efficiency in goats. *Small Rim. Res.* 51: 145–153.
- 143.Muir, D. D., Hunter, E. A., Banks, J. M., and Horne, D. S. 1995. Sensory properties of hard cheeses: Identification of key attributes. *Int. Dairy J.* 5:157–177.
- 144.Muñoz, N., Ortigosa, M., Torre, P., and Izco, J. M. (2003). Free amino acids and volatile ompounds in ewe's milk cheese as affected by seasonal and cheese-making plant variations. *Food Chem.* 83: 329–338.
- 145.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. and Ávila, C. A. 2002. Los alimentos y sus nutrientes. Tablas de valor nutritivo de alimentos Edición Internacional Ed. Mc Graw Hill México D. F. pp. 203.
- 146.Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994. Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias, México: Diario Oficial de la Federación.
- 147.Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- 148.Nyamangara, M. and Ndlovu, R. 1995. Feeding behavior, feed intake, chemical and botanical composition of the diet of indigenous goats raised on natural vegetation in a semi-arid region of a Zimbabwe. *J. Agr. Sci.* 124: 455-461.
- 149.O'Brien, N.M. and O'Conor, T. P. 2004. Nutricional aspects of cheese. En Fox, P.F. y Cogan, T.M. 2004. *Cheese: Chem. Phys. Microbiol.* 2: 573-578.

150. O'Connor, P., Fox, P. 1973. Temperature dependant dissociation of casein micells from the milk of various species. Netherland. *Milk Dairy J.* 27: 127-199.
151. O'Connor, D. L., 1994. Folate in goat milk products with reference to other vitamins and minerals: A review. *Small Rim. Res.* 14:143-149
152. OMS/FAO. 2002. Joint expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Genova, Suiza. 28 de enero - 1 de febrero. 149 pp.
153. Ortigosa, M., Torre, P., and Izco, J. M. (2001). Effect of pasteurization of ewe's milk and use of a native starter culture on the volatile components and sensory characteristics of Roncal cheese. *J. Dairy Sci.* 84: 1320–1330.
154. Ortíz R, M., Galina, M.A. and Carmona, M.M.A. 2002. Effect of a slow non-protein nitrogen ruminal supplementation on improvement of *Cynodon nlemfuensis* or *Brachiaria brizanta* utilization by Zebu steers. *Livestock Production Sci.* 78 (2) 125-131.
155. Ortiz R, M., Haenlein, G.F.W and Galina, M. 2001. Effects on feed intake and body weight gain when substituting maize with sugar cane in diets for Zebu steers complemented with slow release urea supplements. *Intern. J. Animal Sci* 16(2):239-245.
156. Ortiz R, M., Orskov, E.R., Milne, J. y Galina, M.A. 2007. Effect of different sources of nitrogen on in situ degradability and feed and intake of Zebu cattle fed sugarcane tops (*saccharum officinarum*) *Feed Sci. Technol.* 139: 143-158.
157. Palma, J. 1996. Guía sobre los aspectos básicos del manejo de praderas tropicales. Planta-suelo-animal. 6-9 de febrero, universidad de colima. Mexico: pp.56
158. Park, W. Y. 2000. Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA. *Small Rim. Res.* 37(1-2): 115-124.
159. Pedersen, J.I. 2001. More on *trans* fatty acids. *British J. Nut.* 85 (3): 249-250.
160. Peraza, C. 1987. Los quesos de cabra en México. Memorias del IV Congreso Nacional AZTECA, UNAM. D.F. México.
161. Pfeuffer, M. and Schrezenmeir, J. 2000. Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. *British J. Nut.* 84: 155–159.
162. Prache, S., Cornu, A., Berdagué, J.L. and Priolo, A. 2005. Traceability of animal feeding diet in the meat and milk of small ruminants. *Small Rim. Res.* 59:157–158.
163. Prandini, A., Sigolo, S., Tansini, G. and Brogna, N. 2007. Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. Gianfranco Piva. *J. Food Compos. Anal.* 20: 472–479.



- 164.Preston, T.R. y Leng, R. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. 1ª Edición en español. Consultorías para el desarrollo rural integrado en el Trópico (CONDRIT). Cali. Colombia.
- 165.Provenza, D. 1995. Postingestive feedback as a elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J. Range Manag.* 48: 2-17.
- 166.Puga, D.C. y Galina, M.A. 2004. Ecological use of fibrous forage with solar mobile fence grazing South African. *J. Anm. Sci.* 34 (1):131-133.
- 167.Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., et al. (2003). Meat quality, fatty acid composition and flavor analysis in Belgian retail beef. *Meat Sci.* 65(4), 1237–1246.
- 168.Ramirez, R. G. 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Rim. Res.* 34: 215-230.
- 169.Ramírez, R. G., Haenlein, G. F., García-Castillo, G. C. and Núñez-Gonzales, M. A. 2004. Protein, lignin and mineral contents and *in situ* dry mater digestibility of native Mexican grasses consumed by range goats. *Small Rum.Res.* 52: 261-269.
- 170.Ramírez, R. G., Míreles, E., Huerta, J. M. and Aranda, J. 1995. Forage selection by range sheep on a buffelgrass *Cenchrus ciliaris* pasture. *Small Rim. Res.* 4: 129–135.
- 171.Ramírez, R. G., Saucedo, J. G., Narro, J. A. and Aranda, J. 1993. Preference indices for forage species grazed by Spanish goats on a semiarid shrubland in Mexico. *J. Appl. Anim. Res.* 4: 55-66.
- 172.Renou, J.P., Deponge, C. and Gachon, Ritz. R. 2004. Characterization of animal products according to geogtaphic origin and feeding diet using nuclear magnetic resonance and isotope ratio mass spectrometry. Beef meat cow milk. *Food Chem.* 85: 63-66.
- 173.Rivera, J.A., Barquera, S., Campos C.F. and Tovar, V. 2002. Epidemiological and Nutrition transition in Mexico; rapid increase of non-communicable chronic diseases and obesity. *Public Health Nutr.* 5:113-122.
- 174.Roach, J. and Benyon, S. 2004. Lo esencial en metabolismo y nutrición. USA: *ELSEVIER*.
- 175.Ronayne, F. P. 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Archivos Argentinos de Pediatría.* 98: 231-238.

176. Rubino, R. 2002. Producción de quesos artesanales en relación a la calidad de la leche. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. Septiembre 30 al 2 de Octubre, Querétaro (Qro) México. México (Qro): International Goat Association y Unión Regional Ganadera.
177. Russell, J. B., Bottie, W. G. and Cotta, M. A. 1981. Degradation of Protein by Mixed Cultures of Rumen Bacteria: Rumen Bacterium Identification of *Streptococcus Bovis* as an Actively Proteolytic. *J. Anim. Sci.* 53: 242-252.
178. Sabio E., Vidal-Aragon, M., Bernalte, M., Gata, J. 1998. Volatile compounds present in six types of dry-cured ham south European countries. *Food Chem.* 61. 493-503.
179. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2003. Disponible en URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderito/cuantleca.htm>. consultado el 28.05.2010.
180. Schlimme. 2002. La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas. ACRIBIA. Zaragoza. pp: 1-15, 33-36, 87-94.
181. Secchiari, P., Mele, M., Serra, A., Buccioni, A., Antongiovanni, M., Ferruzzi, G., Paoletti, F. and Andreotti, L., 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) content in milk of three dairy sheep breeds. *Prog.Nutr.* 3: 37-42.
182. Secchiari, P.L. 2008. Nutritional and nutraceutical value of foods of animal origin. *Ital. J. Agron.* 1:73-101.
183. Seigler, D.S. 2003. Phytochemistry of Acacia-sensu lato. *Biochem. Syst. Ecol.* 31: 845-873.
184. Shah, N.P. 2000. Symposium: Probiotic Bacteria, Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods. *J. Dairy Sci.* 83: 894-907.
185. Sharrow, H. 1983. Forage standing crop and animal diets under rotational vs. continuous grazing. *J. Range Manag.* 34: 447-450.
186. SIAP-SAGARPA. 2008. Población Ganadera 1999-2008. Cabezas de ganado caprino. URL: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21&Itemid=330](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=330). Consultado el 18.05.2010.
187. SS (Secretaria de Salud). 2005. Estadísticas de Mortalidad en México. muertes registradas en el año 2003. *Salud pública México*: 47: 171-187.

188. Sucu, E. and Fulya, I. 2006. The Effects of Bacterial Inoculants on the Fermentation, Aerobic Stability and Rumen Degradability Characteristics of Wheat Silages. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.* 30: 187-193.
189. Tamime, A. Y. 2005. Probiotic Dairy Products. Blackwell publishing. USA. Pp. 562-580.
190. Timmerman, H. M., Mulder, L., Everts, H., Espen, D. C., VanderWal, E., Klaassen, G., Rouwers, S. M., Hartemink, R., Rombouts, F. M. and Beynen, A. C. 2005. Health and Growth of Veal Calves Fed Milk Replacers With or Without Probiotics. *J. Dairy Sci.* 88:2154–2165.
191. Tolentino, M.L., Barquera, S., Rivera, J.A., Sotres D. y Flores, M. 2003. Alimentación y pobreza. Efecto de la crisis de 1994. En el consumo de alimentos en México. México: Kellogg Company. pp. 4-23.
192. Trujillo, A. y Almudena, F., 2004. Consumo de quesos de cabra en la Ciudad de Tequisquiapan, Qro. México. Memorias de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Acapulco, Gro. Noviembre.
193. USDA. 2007. Nutrient Database for Standard Reference. Release 13. USA. Food group 01 dairy and egg products. En: [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR13/reports/sr13\\_page.htm](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR13/reports/sr13_page.htm). consultado 08.08.2008.
194. Varnam, A. 1995. Leche y productos lácteos. Tecnología, química y microbiología. ACRIBIA. Zaragoza España., pp. 1-28, 167-189, 291-349.
195. Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M. and Priolo, A. 2008. Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147: 223–246.
196. Viallon, C., Verdier-Metz, C. D., Pradel, P., Coulon, J. B., and Berdague', J. L. (1999). Desorbed terpenes and sesquiterpenes from forages and cheeses. *J. Dairy Res.* 66: 319–326.
197. Villegas de Gante, A. 2000. Tecnología quesera. Trillas, pp. 13-53, 76-87, 316-324.
198. Villegas de Gante, A. 2003. Los quesos mexicanos. Universidad Autónoma de Chapingo., 2da Edición, México Texcoco. pp. 21-23.
199. Voet, D. 1992. Bioquímica. Barcelona (España): Ediciones Omega.
200. Voisin, A. 1971. Productividad de la Hierba. TECNOS. Madrid. España. pp. 1903-1964.
201. Wallace, R.J. and Newbold, J.C. 1995. Microbial Feed Additives for Ruminants. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK. In R. Fuller P.J. Heidt, Rusch and D. Van

- der Waall. Ed Probiotics of use in opportunistic infections, Institute for Microbiology and Biochemistry, Herborn. Alemania. pp. 101-125.
202. Weinberg, Z.G., Chen, Y. and Gamburg, M. 2004. The Passage of Lactic Acid Bacteria from Silage into Rumen Fluid, In Vitro Studies. *J. Dairy Sci.* 87:3386–3397.
203. Weinberg, Z.G., Muck, R.E. and Weimer P.J. 2003. The survival of silage inoculants lactic acid bacteria in rumen fluid. *J. Appl. Microbiol.* 94:1066–1071.
204. Werner, S.A., Luedecke, L.O. and Shultz, T.D., 1992. Determination of conjugated linoleic acid content and isomer distribution in three Cheddar-type cheeses: effect of cheese cultures, processing and aging. *J. Agric. Food Chem.* 40: 1817–1821.
205. White, S.L., Bertrand, J.A., Wade, M.R., Washburn, S.P., Green, J.P. and Jenkins, T.C., 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 84: 2295–2301.
206. Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R. and King, H. 2004. Global prevalence of Diabetes: Estimate for the year 2000, and projections 2030. *Diabetes Care.* 27: 1047-1053.
207. Wilkinson, J.M. 1989. Producción Comercial de Cabras: Acribia S-A. Zaragoza España. pp. 1-8.
208. Wolter, R., 1988. Besoins vitaminiques des ruminants. INRA. *Productions Animales.* 1(5): 311-318.
209. Wouters, T., Ayad, E., Hugenholtz, J. and Smit, G. 2002. Microbes from raw milk for fermented dairy products. *Int. Dairy J.* 12. 91-109.
210. Young, O. A., Berdague', J.-L., Viallon, C., Rousset-Akrim, S., and Theriez, M. (1997). Fat-borne volatiles and sheep meat odour. *Meat Sci.* 45(2), 183–200.
211. Zimmet, P., Alberti K.G. and Shaw, J. 2001. Global and societal implications of the Diabetes Epidemic. *Nat.* 41: 778-782.
212. Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C., and Sagredos, A. 2002. CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. *Food chem.* 78:471-477.