



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN NUTRIMENTAL DEL QUESO DE LECHE DE CABRA, CRUDA Y PASTEURIZADA POR EFECTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

TESIS PRESENTADA ANTE LA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
POR

CINTHYA ARACELI BONILLA CONTRERAS

ASESORES: DR. JUAN MANUEL CERVANTES SÁNCHEZ
DRA. CLAUDIA DELGADILLO PUGA



MÉXICO, D.F.

2005

m. 342164



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.

DEDICATORIAS

A mis papás, por acompañarme, ayudarme, escucharme y consolarme siempre que lo necesite ... Gracias.

A Lau por ser un ejemplo y cuestionar hasta el mínimo detalle, siempre me haces pensar en lo impensable.

A Luis por estar siempre presente, por hacerme reír y porque me mostraste que hay más cosas aparte de estudiar.

A Luar, Norms y Ale, porque compartimos tantos recuerdos y experiencias, gracias por siempre estar dispuestas a escucharme.

Al Vecino porque eres el consentido, nos hemos visto crecer y hemos estado juntos en momentos difíciles, por tu apoyo incondicional, gracias por ser parte de esto.

A la Dra. Claudia por su enorme paciencia, juntas alcanzamos esto... gracias.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Cinthya Anzel Contreras Covilla
FECHA: 23 03 05
FIRMA: [Firma]

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por que es un orgullo pertenecer a ella.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia porque en ella pase gran parte de los últimos años, donde encontré amigos para toda la vida.

Al Instituto de Nacional de Nutrición y Ciencias Médicas Salvador Zubirán y a la Granja “Puma” porque sin su apoyo esto no sería realidad.

A mi asesora Claudia Delgadillo Puga, por su tiempo y por todas las facilidades que me brindó durante el desarrollo de éste trabajo.

A mi asesor Dr. Juan Manuel Cervantes Sánchez por apoyarme en todo momento.

A Viri, Rosa Ma y Sara por que me ayudaron muchísimo en el laboratorio, por la paciencia y el compromiso.

A Fidel porque me enseñó el arte de hacer queso.

A todas las personas que colaboraron en el trabajo de laboratorio, haciendo un esfuerzo en conjunto.

**La realización de éste trabajo fue posible gracias al apoyo del
Programa de Becas para Tesis de Licenciatura en Proyectos de Investigación
(PROBETEL)**

CONTENIDO

| | Págs. |
|---|-------|
| ÍNDICE DE CUADROS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| I. 1 POBLACIÓN MUNDIAL DE CABRAS | 1 |
| I. 2 SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE LECHE CAPRINA. | 3 |
| I. 3 SITUACIÓN NACIONAL DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA. | 5 |
| I.4 ESTRATIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA | 6 |
| I. 4.1 Estrato periférico | 6 |
| I. 4.2 Estrato intermedio | 6 |
| I. 4.3 Estrato central | 6 |
| I. 5 ESTRATEGIAS DE LA ALIMENTACIÓN EN LOS CAPRINOS | 7 |
| I.6 PRODUCCIÓN NACIONAL DE LECHE CAPRINA | 10 |
| I. 7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LECHE DE CABRA | 11 |
| I. 8 TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN DE LA LECHE | 14 |
| I. 9 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE | 15 |
| I. 9.1 Ordeña | 15 |
| I. 9.2 Sistema de alimentación | 16 |
| I. 9.3 Raza | 16 |
| I. 10 BENEFICIOS DE LA LECHE DE CABRA | 16 |
| I.11 EL QUESO | 16 |

| | |
|--|----|
| I. 12 CLASIFICACIÓN DEL QUESO | 17 |
| I. 12.1 De acuerdo al contenido de humedad | 17 |
| I. 12.2 De acuerdo al método de coagulación de la caseína | 18 |
| I. 13 QUESOS DE LECHE DE CABRA | 19 |
| I. 13.1 Clasificación del queso de leche de cabra | 21 |
| I. 14 ASPECTOS NUTRIMENTALES DEL QUESO SUAVE DE LECHE DE CABRA | 22 |
| I. 15 EL QUESO DE LECHE DE CABRA EN MÉXICO | 26 |
| I. 16 LÍPIDOS | 31 |
| I. 16.1 Estructura | 31 |
| I. 17 ÁCIDOS GRASOS (AG) | 32 |
| I. 17.1 Síntesis de ácidos grasos | 33 |
| I. 17.2 Metabolismo de los ácidos grasos ω -3 y ω -6 | 34 |
| I. 17.3 Fuentes de ácidos grasos ω -3 y ω -6 | 36 |
| I. 17.4 Efecto de los ácidos grasos ω -3 y ω -6 en la salud del hombre | 36 |
| I. 18 DIGESTIÓN Y METABOLISMO RUMINAL DE LOS LÍPIDOS | 36 |
| I. 18.1 Lipólisis | 37 |
| I. 18.2 Biohidrogenación | 38 |
| I. 18.3 Síntesis microbiana de ácidos grasos | 38 |
| I. 18.4 Digestión y absorción intestinal | 39 |
| I. 18.5 Transporte sérico de lípidos en el rumiante | 39 |
| I. 19 SÍNTESIS DE LÍPIDOS LÁCTEOS | 40 |
| I. 20 COLESTEROL | 42 |

| | |
|--|----|
| I. 20.1 Síntesis de colesterol | 43 |
| I. 21 PROTEÍNAS | 44 |
| I. 22 AMINOÁCIDOS (AA) | 44 |
| I. 22.1 Síntesis de aminoácidos | 45 |
| I. 23 DIGESTIÓN Y METABOLISMO RUMINAL DE LAS PROTEÍNAS | 46 |
| I. 24 SÍNTESIS DE PROTEÍNA LÁCTEA | 47 |
| II. JUSTIFICACIÓN | 48 |
| III. HIPÓTESIS | 49 |
| IV. OBJETIVOS | 49 |
| IV. 1 Objetivo general | 49 |
| IV. 2 Objetivos específicos | 49 |
| V. MATERIAL Y MÉTODOS | 50 |
| V. 1 Lugar de trabajo | 50 |
| V. 2 Animales experimentales | 50 |
| V. 3 Elaboración del queso experimental | 51 |
| V. 4 Composición química | 53 |
| V. 5 Determinación de minerales | 53 |
| V. 6 Determinación de aminoácidos | 53 |
| V. 7 Determinación de lípidos totales | 54 |
| V. 8 Determinación de ácidos grasos | 55 |
| V. 9 Determinación de colesterol | 56 |
| V. 10 Análisis estadístico | 57 |

| | |
|-----------------------------|----|
| VI. RESULTADOS | 58 |
| VII. DISCUSIÓN | 69 |
| VIII. CONCLUSIÓN | 77 |
| IX. RECOMENDACIONES | 78 |
| X. LITERATURA CITADA | 79 |
| ANEXO 1 | 90 |

ÍNDICE DE CUADROS.

| | Págs |
|---|------|
| Cuadro 1. Distribución mundial de la población de cabras (cabezas) | 2 |
| Cuadro 2. Producción mundial de leche de cabras (toneladas) | 4 |
| Cuadro 3. Distribución de la población nacional de cabras (principales estados productores). | 5 |
| Cuadro 4. Producción y distribución nacional de leche de cabra | 10 |
| Cuadro 5. Contenido de nutrientes básicos de la leche de cabra (g/100 ml). | 12 |
| Cuadro 6. Contenido mineral de la leche de cabra (mg/100 ml). | 13 |
| Cuadro 7. Composición vitamínica de leche de cabra. | 14 |
| Cuadro 8. Principales tratamientos térmicos de la leche | 15 |
| Cuadro 9. Principales enzimas de uso en la quesería | 18 |
| Cuadro 10. Principales países productores de queso de cabra (toneladas) | 20 |
| Cuadro 11. Composición química de queso suave de leche de cabra (g/100 g en base húmeda) | 23 |
| Cuadro 12. Perfil de aminoácidos en queso suave de leche de cabra (g/100 g de queso) | 24 |
| Cuadro 13. Perfil de minerales en queso suave de leche de cabra (mg/100g) | 25 |
| Cuadro 14. Ácidos grasos en queso suave de leche de cabra (mg/100 g de queso) | 26 |
| Cuadro 15. Algunos aspectos comerciales de los quesos de leche de cabra en México | 28 |
| Cuadro 16. Algunos aspectos nutricionales de los quesos suaves de leche de cabra en México (por cada 100 g) | 30 |
| Cuadro 17. Ingredientes del concentrado | 51 |
| Cuadro 18. Algunos valores nutrimentales del queso de leche de cabra (g/100g de muestra fresca). | 58 |
| Cuadro 19. Aminoácidos en el queso de cabra (g/100g) | 59 |
| Cuadro 20. Algunos elementos minerales en el queso de cabra (mg/100g) | 61 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 21. Concentración total de ácidos grasos en los quesos de cabra (g/100g) | 62 |
| Cuadro 22. Ácidos grasos saturados en los quesos de cabra (mg/100g) | 64 |
| Cuadro 23. Ácidos grasos monoinsaturados en los quesos de cabra (mg/100g) | 66 |
| Cuadro 24. Ácidos grasos poliinsaturados en los quesos de cabra (mg/100g) | 67 |
| Cuadro 25. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de energía en los diferentes tipos de queso | 91 |
| Cuadro 26. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de cisteína en los diferentes tipos de queso | 91 |
| Cuadro 27. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de prolina en los diferentes tipos de queso | 91 |
| Cuadro 28. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos totales en los diferentes tipos de queso | 92 |
| Cuadro 29. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos saturados en los diferentes tipos de queso | 92 |
| Cuadro 30. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos monoinsaturados en los diferentes tipos de queso | 92 |
| Cuadro 31. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos poliinsaturados en los diferentes tipos de queso | 93 |
| Cuadro 32. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ω 3 en los diferentes tipos de queso | 93 |
| Cuadro 33. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ω 6 en los diferentes tipos de queso | 93 |
| Cuadro 34. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de relación ω 6: ω 3 en los diferentes tipos de queso | 94 |
| Cuadro 35. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido butírico en los diferentes tipos de queso | 94 |
| Cuadro 36. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos C:6-C:10 en los diferentes tipos de queso | 94 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 37. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido láurico en los diferentes tipos de queso | 95 |
| Cuadro 38. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido palmítico en los diferentes tipos de queso | 95 |
| Cuadro 39. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido oleico en los diferentes tipos de queso | 95 |
| Cuadro 40. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido linoleico en los diferentes tipos de queso | 96 |
| Cuadro 41. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido alfa-linolenico en los diferentes tipos de queso | 96 |
| Cuadro 42. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido cis-11-14-17 eicosatrienoico en los diferentes tipos de queso | 96 |
| Cuadro 43. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido homo- γ -linolenico en los diferentes tipos de queso | 97 |
| Cuadro 44. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido araquidónico en los diferentes tipos de queso | 97 |
| Cuadro 45. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido cis-8,5,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA) en los diferentes tipos de queso | 97 |
| Cuadro 46. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (DHA) en los diferentes tipos de queso | 98 |

INDICE DE FIGURAS

| | Págs. |
|---|-------|
| Figura 1. Principales estados de la República Mexicana productores de leche de cabra | 11 |
| Figura 2. Estructura de un triglicérido | 32 |
| Figura 3 Ácidos grasos esenciales | 33 |
| Figura 4. Síntesis de ácidos grasos | 34 |
| Figura 5. Metabolismo de los ácidos grasos ω 3 y ω 6 (elongación y desaturación) | 35 |
| Figura 6. Lipólisis en rumiantes | 37 |
| Figura 7. Desaturación de ácidos grasos en la glándula mamaria | 41 |
| Figura 8. Estructura del colesterol. | 42 |
| Figura 9. Síntesis de colesterol | 43 |
| Figura 10. Fórmula estructural de un aminoácido | 44 |
| Figura 11. Síntesis de aminoácidos | 45 |
| Figura 12. Elaboración de queso | 52 |
| Figura 13. Determinación de lípidos totales | 54 |
| Figura 14. Determinación de ácidos grasos | 56 |
| Figura 15. Determinación de colesterol | 56 |

RESUMEN

Bonilla Contreras Cinthya Araceli. Evaluación nutrimental del queso de leche de cabra, cruda o pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. (Bajo la dirección del Dr. Juan Manuel Cervantes Sánchez y de la Dra. Claudia Delgadillo Puga).

El objetivo de este estudio fue la evaluación nutrimental del queso suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada bajo los sistemas de pastoreo-suplementación (mixto) y estabulación. La parte experimental del trabajo se desarrolló en un hato lechero ubicado en “Granja Puma”, Cerro Prieto, Querétaro, México; durante la época de sequía (Febrero 2004). Se utilizaron 20 cabras de 50 ± 5 kg, de la raza Alpino Francesa de entre 2 y 3 años, y entre 70 y 80 días de lactación. Los animales fueron distribuidos en dos grupos: mixto y estabulación, a su vez cada grupo se subdividió en dos formas de procesamiento: leche cruda y leche pasteurizada. De ésta forma quedaron finalmente cuatro tipos de queso: T1 mixto pasteurizado; T2 mixto crudo; T3 estabulado pasteurizado y T4 estabulado crudo. Los análisis de laboratorio fueron realizados en el departamento de Nutrición Animal, perteneciente a la Dirección de Nutrición, del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”. Se realizaron las siguientes determinaciones: humedad, energía, proteína cruda, cenizas, lípidos totales, aminoácidos, minerales, ácidos grasos y colesterol. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza según un modelo estadístico factorial 2×2 , y las diferencias entre tratamientos fueron sometidas a la prueba de Tukey. Los resultados mostraron diferentes comportamientos de acuerdo a las variables, sin embargo se observó que en general el queso tipo 1 (mixto-pasteurización) registró el mejor valor nutrimental; representando un producto que ofrece beneficios a los consumidores debido a la calidad y de igual forma favorece a los productores ya que éste sistema de alimentación disminuye los insumos necesarios para cubrir las necesidades de alimentación de los animales reduciendo los costos por éste concepto; como otro beneficio se encuentra que el queso tiene un mejor precio frente a la leche, favoreciendo la economía de los propietarios.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años en México se han realizado una serie de proyectos para el desarrollo de la ganadería, colaborando con los productores de leche de cabra. Una de las alternativas claves para el desarrollo de la actividad lechera es dar valor agregado a la leche, esto se ha logrado mediante la elaboración de quesos artesanales los cuales ofrecen seguridad alimentaria desde el punto de vista nutricional, calidad sobre cantidad hacia una sociedad en crecimiento, además de la participación en la compra de productos que permiten el crecimiento económico de un sector desprotegido a través del desarrollo de mercados locales, que sin estas alternativas mantienen una migración constante.^{1,2,3}

I.1 POBLACIÓN MUNDIAL DE CABRAS.

La población de cabras se ha extendido por todo el mundo (Cuadro 1), adaptándose a diferentes climas, condiciones geológicas y de manejo; además forma parte importante de la vida económica de diversos países.⁴ 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 muy importante en la producción de alimentos (leche, carne), otros satisfactores como pieles y pelo de alta calidad.^{5,6}

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

| Continente y país | Cabras |
|-----------------------------|--------------------|
| ÁFRICA | 223,465,959 |
| Sudan | 40,000,000 |
| Nigeria | 27,000,000 |
| Tanzania, Rep Unida de | 12,556,236 |
| Mali | 11,464,290 |
| Kenya | 11,000,000 |
| ASIA | 488,904,715 |
| China | 172,921,066 |
| India | 124,500,000 |
| Pakistán | 52,800,000 |
| Bangladesh | 34,500,000 |
| Irán, Republica Islámica de | 26,000,000 |
| EUROPA | 18,510,586 |
| Grecia | 5,000,000 |
| España | 3,046,716 |
| Italia | 1,330,000 |
| Francia | 1,214,276 |
| Albania | 1,025,000 |
| AMÉRICA | 32,969,991 |
| México | 9,500,000 |
| Brasil | 9,087,000 |
| Argentina | 4,200,000 |
| Venezuela | 2,700,000 |
| Perú | 1,950,000 |
| OCEANÍA | 882,980 |
| Australia | 420,000 |
| Fiji, Islas | 248,000 |
| Nueva Zelanda | 154,500 |
| TOTAL MUNDIAL | 767,930,400 |

Fuente: FAOSTAT, 2004

1.2 SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE LECHE CAPRINA.

Dubeuf *et al.*, 2004⁷ señalaron que la industria lechera caprina está sometida a la competencia con la leche y productos de otras especies (vaca, oveja y búfalo); además de que los productos de esta especie se encuentran dirigidos a mercados globales (dulces, quesos y yogures entre otros) y específicos (leche dietética, fresca, condensada y en polvo).

Dentro de la producción mundial de leche, la cabra aporta el 2.5% del total; incrementándose durante los últimos 20 años en un 70%, siendo más significativa la participación de países con bajos ingresos.⁸ 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 mundial con únicamente el 1.3% del total de las cabras a nivel mundial (Cuadro 2).⁹

La producción de leche de cabra en los países desarrollados esta 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 transformación de la leche.¹⁰

En los países en vías de desarrollo la producción de leche se realiza en rebaños donde la aplicación de diversas innovaciones tecnológicas son muy reducidas; sin embargo, la posesión de estos animales representa seguridad alimenticia, ahorro e inversión.¹⁰ En este sentido Dubeuf *et al.*, 2004⁷, señalaron que bajo cualquier esquema en el que se maneje ésta 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).

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

| Continentes y país | Leche |
|-----------------------------|-------------------|
| ÁFRICA | 2,793,153 |
| Sudan | 1,295,000 |
| Mali | 227,040 |
| Argelia | 155,000 |
| Mauritania | 109,800 |
| Niger | 105,000 |
| ASIA | 6,404,005 |
| India | 2,610,000 |
| Bangladesh | 1,312,000 |
| Pakistán | 640,000 |
| Irán, República Islámica de | 360,000 |
| China | 247,000 |
| EUROPA | 2,432,881 |
| Francia | 545,650 |
| España | 454,362 |
| Grecia | 450,000 |
| Federación de Rusia | 300,000 |
| Ucrania | 241,700 |
| AMÉRICA | 357,92 |
| México | 147,607 |
| Brasil | 138,000 |
| Haití | 25,200 |
| Perú | 20,200 |
| Bolivia | 12,000 |
| OCEANÍA | 30 |
| Nueva Guinea | 30 |
| Australia | No registrado |
| Nueva Zelanda | No registrado |
| TOTAL MUNDIAL | 11,987,161 |

Fuente: FAOSTAT, 2004

1.3 SITUACIÓN NACIONAL DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA.

Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles después de la conquista habiéndose adaptado desde entonces en gran parte del territorio nacional.⁶

Para 1998 se reportaban 8.9 millones de cabezas disminuyendo en el 2002 a 8.7 millones (Cuadro 3). Entre los estados con mayor número de cabezas; se encuentra en primer lugar Puebla con un 16.6%, seguido por Oaxaca con 12.7% y en tercer sitio San Luis Potosí con 7.6%.¹¹

Cuadro 3. Distribución de la población nacional de cabras
(principales estados productores).

| Estados | 2002 |
|-----------------------|-------------------|
| Puebla | 1, 447, 955 |
| Oaxaca | 1, 108, 824 |
| San Luis Potosí | 662, 879 |
| Guerrero | 605, 514 |
| Coahuila | 591, 645 |
| Zacatecas | 551, 756 |
| Guanajuato | 481, 795 |
| Michoacán | 475, 697 |
| Nuevo León | 375, 000 |
| Durango | 311, 359 |
| TOTAL NACIONAL | 8,701, 861 |

Fuente: Anuario Pecuario 2002

La población caprina se ubica en tres estratos: periférico, intermedio y central con características más o menos definidas e interconectadas dinámicamente; los cuales responden factores sociales, económicos y técnicos.^{12,13}

I. 4 ESTRATIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA

I. 4.1 Estrato periférico

Es un estrato muy amplio localizado mayoritariamente en las zonas áridas, semiáridas y trópico seco donde la vegetación es predominantemente arbustiva con un nivel productivo marcadamente estacional.^{14,15,16} con ganado caprino de diferentes grados de mestizaje poco productivo pero adaptado a las variadas condiciones del medio ambiente. Se maneja en pastoreo sobre llanuras o escarpadas montañas carentes casi de vías de comunicación y 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 éstas zonas son la región carbonífera de Coahuila o la región mixteca en Oaxaca.^{2,17,18} Los objetivos de producción son en su mayoría de autoconsumo, y como una forma de ahorro se comercializan los excedentes. El manejo técnico de los rebaños es mínimo, dominando la mano de obra familiar.¹⁹

I. 4.2 Estrato intermedio

El estrato intermedio está representado por áreas más o menos extensas, distribuidas en el altiplano y la costa del Pacífico norte, predominantemente agrícolas, con buena disponibilidad de forrajes cultivados o silvestres, con posibilidades de comunicación y transporte adecuado, ganado mestizo con buenos niveles de producción, rusticidad y una población de tipo suburbano que en los últimos años ha comenzado a organizarse para lograr mejoras en los precios de los insumos necesarios para la producción, así como en sus productos.^{2,20}

I. 4.3 Estrato central

El estrato central está representado por pequeñas áreas distribuidas en casi todo el territorio nacional donde se practica 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, los productores de éste estrato poseen patrones culturales característicos.^{2,20}

El ganado de éstas zonas corresponde a razas especializadas de leche o carne, como: Saanen, Toggenburg, Alpina Francesa, Nubia, Murciano-Granadina y Boer, con altos niveles de producción y excelente calidad genética; sin embargo éstos animales presentan una reducida capacidad de adaptación a diferentes ambientes. Hasta hoy estos territorios se mantienen como los más importantes productores de cabras, aportando la mayor producción de leche, carne y otros productos, los cuales responden estrechamente a la forma bajo la cual se maneja el hato.^{2,6,21,22}

I. 5 ESTRATEGIAS DE LA ALIMENTACIÓN EN LOS CAPRINOS

Las estrategias de alimentación para esta especie, pueden ser muy amplias y variadas; sin embargo, estarán restringidas de acuerdo al sistema y nivel de producción. En este sentido, se destacan tres sistemas básicos. El primero, se desarrolla en condiciones de estabulación; donde las estrategias 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 los caprinos de acuerdo al estado fisiológico.²³

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 y Sauvart (1990)²³, plantean 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.

En estos sistemas se pueden integrar diversos ingredientes tales como:²³

- Recursos forrajeros, utilizados como base de la ración debido a su disponibilidad. Dentro de éste 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, pastos y ensilados éstos son fabricados a partir de leguminosas o gramíneas.
- Alimentos energéticos como granos, subproductos de cereales así como de la industria azucarera (melaza), raíces o tubérculos y grasas.
- 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. Además de los 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 microelementos), los cuales serán importantes para cubrir las necesidades de los animales y evitar algunos padecimientos asociados a su carencia.

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. Cuando la escasez de estos recursos se acentúa, se hace uso de algunos insumos que en su mayoría son forrajes toscos.^{21,24}

Ramírez y colaboradores en el 2004²⁴, reportaron 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 6 especies nativas (*Panicum phallii*, *Bouteloua gracilis*, *Setaria macrostachya*, *Hilaria berlangeri*, *Cenchrus incertus* y *Aristida spp*), las cuales presentaron un contenido de proteína cruda de entre 6 y 12%, así como digestibilidad de la MS 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 género *Prosopis* (*P. laevigata*, *P. grandulosa*); *Acacia* (*A. farnesiana*, *A. greggii*, *A. rigidula*, *A. schaffneri*, *A. berlandieri*) y *Mimosa* (*M. biuncifera*) además de *Celtis pallida*.^{21,24,25,26,27} 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.²⁸ Particularmente dentro de la industria de lácteos la presencia de estos ácidos grasos esta estrechamente relacionada con la identidad de un producto que en términos de aroma, color y sabor reflejan sus características regionales.²⁹

Las gramíneas, por su parte están representadas por un gran cantidad de pastos o zacates de diversos géneros como: *Bouteloua*, *Bothriochloa*, *Leptochloa*, *Rhynchelythrum*, *Panicum*, *Aristida*, *Setaria*, *Cenchrus* e *Hilaria* entre otros. Entre las principales cactáceas se encuentra la *Opuntia affasiacantha*, *O. amyctaea*, *O. cretochaeta*, *O. hytiacantha*, *O. robusta*, *O. streptocanta* y *O. tomentosa* entre otras.^{21,25,27}

Los métodos de producción actualmente se encuentran en constante cambio lo cual permite incrementar la competitividad. El manejo administrativo, nutricional, reproductivo y sanitario juegan un papel determinante en dicho cambio. Sin embargo, es necesario mejorar los canales de comercialización, así como la innovación de productos.^{21,30,31}

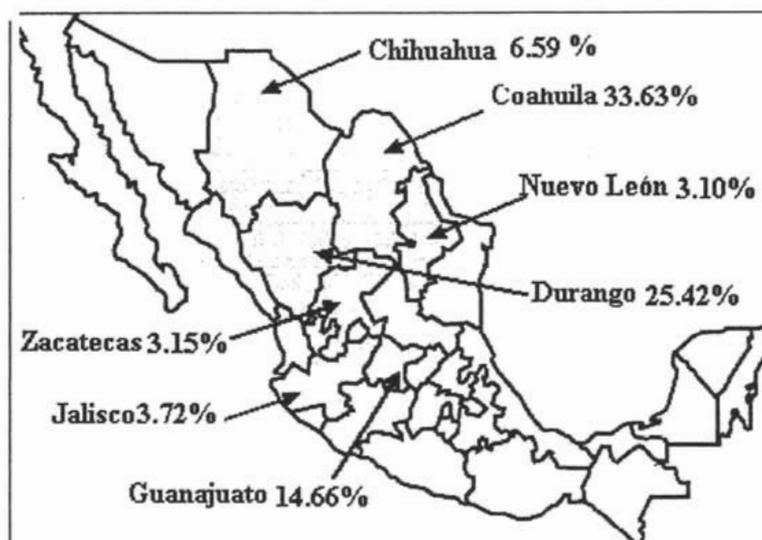
I.6 PRODUCCIÓN NACIONAL DE LECHE CAPRINA

En el Cuadro 4 se presenta la distribución nacional de la producción de leche caprina siendo Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Durango, Jalisco, Zacatecas y Guanajuato los principales estados productores, aportando más del 90% de la producción nacional (Figura 1), la cual durante el 2002 se ubicó en 146,468 litros de leche,¹¹ en el 2003 la producción se incremento un 3.5% ubicándose en 151,840 litros de leche de acuerdo con el registro elaborado por la Secretaria de Agricultura y Ganadería (SIACON)³², sin embargo esta diferencia (5,372 litros de leche) es muy superior de acuerdo con los registros (3,837 litros de leche) publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT)⁹, para el mismo periodo.

Cuadro 4. Producción y distribución nacional de leche de cabra

| Estados | Litros de leche | | Precio por litro ² |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| | 2002 ¹ | 2003 ² | |
| Coahuila | 58,435 | 51,071 | 3.87 |
| Durango | 28,372 | 38,605 | 4.13 |
| Guanajuato | 23,336 | 22,254 | 3.16 |
| Nuevo León | 6,848 | 4,709 | 3.58 |
| Jalisco | 5,760 | 5,647 | 3.61 |
| Zacatecas | 4,714 | 4,777 | 3.98 |
| Chihuahua | 4,601 | 10,002 | 4.54 |
| Michoacán | 3,640 | 3,664 | 3.52 |
| San Luis Potosí | 3,277 | 3,209 | 4.04 |
| Baja California Sur | 1,985 | 2,365 | 3.46 |
| Querétaro | 776 | 804 | 3.88 |
| TOTAL NACIONAL | 146,468 | 151,840 | 3.85 |

Fuente: ¹Anuario Pecuario 2002; ²SIACON, 2003.



Fuente: SIACON 2003.

Figura 1. Principales estados de la República Mexicana productores de leche de cabra.

En México, la industria lechera, se encuentra cada vez más presionada debido al deterioro en el precio de venta del producto, el cual hasta el 2003 se cotizó en \$3.85 por litro. Es importante señalar que aproximadamente el 40% de la producción nacional proviene del pequeño y mediano productor.^{1,2} La problemática que enfrenta la producción de leche y carne de caprino en el país no es distinta a la que vive el resto del mundo, durante los últimos años las demandas en términos de calidad han sido más frecuentes y legítimas, particularmente cuando se habla de los productos animales para consumo humano. La generación y validación de tecnologías, permitirán acercarse de manera más decidida a resolver la problemática productiva del sector.¹⁰

L7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LECHE DE CABRA

La leche es el producto íntegro no alterado, ni adulterado y sin calostro, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas sanas y bien alimentadas.³³ Los constituyentes de la leche se dividen en dos grupos: el agua y los sólidos (ST). La leche es una mezcla compleja que consiste en una emulsión de grasa y una

dispersión coloidal de proteínas, los otros componentes (lactosa, otras sustancias nitrogenadas, minerales, etc) se encuentran disueltos.³⁴

En los Cuadros 5, 6 y 7 se muestran las características nutrimentales de la leche de cabra a través de la revisión de los principales autores del tema; donde el nivel de proteína y grasa registran un promedio de 3.3 y 4.2 g/100ml respectivamente, de la cual el 40% deriva directamente de la grasa absorbida y el 10% del tejido adiposo.^{35,36,37}

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

| Autor | Sólido | Humedad | Proteína | Grasa | Carbohidrato | Cenizas | Energía | Colesterol | |
|---|---------|---------|------------|-------|--------------|---------|---------|------------|----|
| | Totales | | (N x 6.38) | | | | Kcal | HPCL | CG |
| Park, 2000 ³⁸ | 11.30 | 88.70 | 2.92 | 3.40 | 4.15 | 0.79 | - | 19.5 | 11 |
| Posanti y Orr, 1976 ³⁹ | 12.97 | 87.03 | 3.56* | 4.14 | 4.45 | 0.82 | 69 | - | 11 |
| Muñoz <i>et al.</i> , 2002 ⁴⁰ | 13.00 | 87.00 | 3.60 | 4.10 | 4.40 | - | 69 | - | 11 |
| Morales <i>et al.</i> , 2000 ⁴¹ | 11.90 | 88.10 | 3.00 | - | - | 0.80 | 56 | - | - |
| Maree, 1978 ³⁵ | 12.40 | 87.60 | 3.3 | 4.1 | - | 0.77 | 76 | - | - |
| Simos <i>et al.</i> , 1991 ⁴² | 14.12 | 85.88 | 3.56 | 5.18 | - | 0.76 | - | - | - |
| Anjaneyulu <i>et al.</i> , 1985 ⁴³ | 13.20 | 86.80 | 3.3 | 4.50 | 4.60 | 0.80 | 72 | - | - |
| Saini y Gill, 1991 ⁴⁴ | - | - | 2.90 | 3.80 | - | 0.79 | 70 | - | - |
| Mir <i>et al.</i> , 1999 ⁴⁵ | - | - | 3.67 | 4.50 | - | - | - | - | - |
| USDA, 1999 ⁴⁶ | 12.97 | 87.03 | 3.56* | 4.14 | 4.45 | 0.82 | 69 | - | 11 |

*Proteína (Nx5.9). Por sus siglas en Inglés HPLC= High resolution liquid chromatography; CG =cromatografía de gases

El contenido de ácidos grasos libres es de 3.11µequiv/ml; ésta cantidad puede variar dependiendo la raza y el tiempo de lactación, mostrando su pico a mediados de éste periodo.⁴⁷ Además contiene 2.01mg/100g de ácidos grasos saturados, los cuales proporcionan el olor y sabor característico de los productos caprinos; 1.60 mg/100g de ácidos grasos monoinsaturados y 0.50 mg/100g de ácidos grasos poliinsaturados.^{35,36,37,46,48}

La leche de cabra contiene 11 mg/100ml de colesterol (Cuadro 5), cifra que es inferior al contenido de la leche de vaca la cual tiene 14 mg/100ml.^{39,46}

La concentración mineral de la leche de cabra se encuentra marcadamente influenciada por el contenido de calcio, fósforo y potasio los cuales presentan una concentración promedio de 125, 98.2 y 159.14 mg/100ml respectivamente. Por su parte los niveles de hierro en este producto son inferiores comparado con la leche de vaca, la cual registra un valor de 0.07 mg/100g. (Cuadro 6)⁴⁹

Cuadro 6. Contenido mineral de la leche de cabra (mg/100 ml).

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

¹Maree, 1978; ²Morales *et al.*, 2000; ³Posati y Orr, 1976 y USDA, 1999; ⁴Park, 2000; ⁵O'Connor, 1994; ⁶Muñoz *et al.*, 2002.

Los resultados que se presentan en la literatura científica internacional con respecto al contenido vitamínico de la leche de cabra presentan gran variación (Cuadro 7); sin embargo, la presencia de niacina, ácido pantoténico y colina son los más relevantes

mientras que es inferior en ácido ascórbico, vitamina B12, B6, K y ácido fólico, debido a éstas deficiencias se ha vinculado con el desarrollo de anemia.^{50,51}

Cuadro 7. Composición vitamínica de leche de cabra.

| VITAMINAS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------|--------|----------|-------|--------|
| Vitamina A UI/litro | 2074 | 120 | - | 1850 |
| | | mg/litro | | |
| Vitamina D | 23.7 | 2.3 | 0.006 | - |
| Vitamina E | - | - | - | - |
| Vitamina K | - | - | 12 | - |
| Tiamina | 0.40 | 0.05 | 0.5 | 0.48 |
| Riboflavina | 1.84 | 0.12 | 1.4 | 1.38 |
| Niacina | 1.87 | 0.20 | 2.7 | 2.77 |
| Piridoxina | 0.07 | - | 0.5 | 0.46 |
| Ácido pantotéico | 3.44 | - | 3.0 | 3.10 |
| Biotina | 0.03 | 0.005 | - | - |
| Ácido fólico | 0.002 | 0.02 | - | 0.001 |
| Cianocobalamina | 0.0006 | 0.002 | 0.64 | 0.0065 |
| Ácido Ascórbico | 15.0 | 2.0 | 12.6 | 12.9 |
| Colina | 150.0 | - | - | - |
| Inositol | 210.0 | - | - | - |

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

1.8 TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN DE LA LECHE

Es importante señalar, que el manejo térmico puede influir sobre la composición química de la leche debido a que puede existir una modificación de las proteínas. El manejo de congelación es una práctica de gran interés económico, debido a la naturaleza de producción estacional de la cabra. Durante la congelación, se disminuye la oxidación de los ácidos grasos, ya que la lipasa es completamente inactivada; el contenido proteico y el conteo bacteriano permanecen estables.⁵²

El tratamiento térmico es el proceso tecnológico más utilizado para la conservación de la leche de cualquier especie; siendo la pasteurización el más común, en el Cuadro 8 se presentan las características más importantes de estos procesos.⁴⁸

Cuadro 8. Principales tratamientos térmicos de la leche

| Tratamiento | Temperatura °C | Tiempo |
|-----------------------|----------------|-------------|
| Termización | 63 - 65 | 5 seg |
| Pasteurización | | |
| HTST | 72 - 75 | 15 - 20 seg |
| LTLT | 63 - 65 | 30 min |
| Ultra pasteurización | 125- 138 | 2 - 4 seg |
| Esterilización | | |
| En envase | 115 - 120 | 20 - 30 min |
| UHT | 135 - 140 | 2 - 4 seg |

Fuente: Gervilla, 2001. Por sus siglas en Inglés, HTST = High temperature short time; LTLT= low temperature long time; UHT = Ultra high temperature.

La termización es un tratamiento momentáneo para reducir la carga microbiana, hasta que se efectúe un tratamiento térmico definitivo, provoca la germinación de esporas lo que facilita la destrucción durante la pasteurización de microorganismos que esporulan.⁴⁸

I.9 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE

La variabilidad en la calidad de la leche es muy alta debido a causas genéticas (raza e individuo), así como la alimentación, clima, sanidad, estado fisiológico, ordeña y posterior manipulación del producto, a continuación se presentan algunos de los principales factores de afectan la calidad.

I. 9.1 Ordeña

La leche de cabra es muy susceptible a adquirir olores del medio ambiente por lo que un mal ordeño, con escasas condiciones de higiene, ya sea en el animal, utensilios u ordeñador conducen a que el producto pierda calidad e incluso su valor.^{37,52,53}

I. 9.2 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación influye sobre la composición de la leche, lo que afectará el sabor del queso. La alimentación con concentrado modifica las cantidades de ácido acético y propiónico en el rumen, lo que probablemente también contribuye a diferencias en el sabor de la leche y queso, además de disminuir la cantidad de grasa, a diferencia de una alimentación rica en forrajes que la aumentará.^{29,54,55}

I. 9.3 Raza

Dependiendo la raza podremos encontrar diferencias en la composición de la leche y por lo tanto del queso. Es reconocido que algunas razas lecheras poseen una baja cantidad de alfa-S₁ caseína debido a su tipo genético, lo que ocasiona tiempos largos de coagulación en la fabricación de queso, baja firmeza en el producto y menor rendimiento.^{37,52}

I.10 BENEFICIOS DE LA LECHE DE CABRA

La leche de cabra constituye una alternativa muy interesante, como lo señaló Park en 1994⁵⁶ mencionando algunas de las propiedades hipoalergénicas y terapéuticas de este producto en relación a la leche de vaca y fórmulas lácteas (soya). Este producto ha sido utilizado con frecuencia por sus méritos terapéuticos y nutricionales, en este sentido el gran contenido de ácidos grasos de cadena corta y mediana (C4:0-C12:0), y el tamaño del glóbulo de grasa (3.49 μm), contribuye a una rápida y fácil digestión.⁵⁶ El consumo continuo de este producto se ha asociado con un incremento en la ganancia de peso, estatura, mineralización esquelética, concentraciones adecuadas de vitamina A, Tiamina, Riboflavina, Niacina y Calcio en niños.^{51,57} También se ha utilizado en el tratamiento de úlceras gástricas debido a su excelente capacidad buffer, la cual está influenciada por la caseína y fosfatos.^{57,58,59}

I.11 EL QUESO

Para que la competitividad actual de las empresas queseras latinoamericanas (medianas y pequeñas) se incremente y consolide, hace falta recorrer un trecho considerable por el sendero del mejoramiento continuo de la calidad.³⁴

Es importante también que se modifique la imagen de las queserías artesanales; la cual equivocadamente es asociada con productos de baja calidad. Sin embargo, teniendo alta calidad como sucede en muchos países, los quesos regionales latinoamericanos pueden ser de mayor valor agregado que los quesos producidos por las grandes empresas, precisamente debido a que son únicos y diferentes entre sí.³⁴

En México el queso está definido de acuerdo a la NOM-121-SSA1-1994⁶⁰ como un producto elaborado a partir de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado.

I.12 CLASIFICACIÓN DEL QUESO

Los quesos se clasifican de acuerdo a su contenido de humedad y al método de coagulación.^{61,62,63}

I. 12.1 De acuerdo al contenido de humedad

- Duros, son productos de consistencia firme, compactos, secos y de sabor fuerte debido a la concentración de los elementos presentes en el producto, contienen entre 30 y 40% de humedad dentro de los que podemos encontrar el tipo Emmental y Gouda.
- Suaves y Semi-suaves, son productos caracterizados por su cremosidad con fino olor y sabor; el contenido de humedad oscila entre 50-75% y 39-50%, respectivamente; algunos ejemplos de éstos son Mozzarella, Feta y Cottage para los primeros y Edam, Roquefort y Camembert para los segundos.

I. 12.2 De acuerdo al método de coagulación de la caseína

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

Las principales enzimas coagulantes, utilizadas en la quesería se presentan en el Cuadro 9, forman parte importante en la elaboración de productos de coagulación mixta o enzimática. Tradicionalmente se utilizaba quimosina o renina de origen animal, sin embargo, actualmente se elabora por fermentación con microorganismos modificados genéticamente. Los cuajos microbianos son elaborados principalmente a partir de cultivos de mohos de la especie *Rhizomucor*.^{55,62,63,64}

Cuadro 9. Principales enzimas de uso en la quesería

| Grupo | Fuente | Componente enzimático activo |
|--------------------------------------|---|---|
| Animal | Estómago bovino, ovino o caprino | Quimosina A y B, Pepsina, Gastricina y Lipasa |
| | Estómago Porcino | Pepsina A y B, Gastricina |
| Microbiano | Rhizomucor miehe | |
| | Rhizomucor pusillus | Proteasa aspártica |
| | Cryphonectria parasitica | |
| Quimosina producida por fermentación | Aspergillus niger, Kluyveromyces lactis | Quimosina B |
| Vegetal | Cynara cardunculus | Cyprosina 1,2,y3 y/o Cardosina A y B |

Fuente: González, 2002; Rubino *et al.*, 1999.

En los quesos elaborados mediante coagulación láctica, la función principal de los cultivos iniciadores o fermentos (microorganismo) es la producción de ácido láctico a partir de la lactosa, este elemento promueve la formación y desuerado de la cuajada, evitando a su vez el desarrollo de algunos microorganismos patógenos (*Escherichia coli*), ya que el pH disminuye entre 5.2 y 5.0 confiriéndole un sabor ácido al producto. Así mismo los productos de la fermentación de estas bacterias dan lugar a sustancias responsables del aroma, contribuyendo a la maduración y textura del producto.⁶⁴

Tecnológicamente se menciona que el queso de leche de cabra tiene pobres propiedades mecánicas; ya que de forma general la cuajada de esta leche tiene menor firmeza con una limitada retención de proteína; debido a una elevada proporción de beta-caseína, afectando directamente el rendimiento y la diversidad del producto; Sin embargo en los últimos años se han realizado esfuerzos muy serios encaminados a la selección de diversos tipos raciales, donde el polimorfismo de la caseína este ligado a la presencia de la fracción alfa-s1.^{55,65}

1.13 QUESOS DE LECHE DE CABRA

En Francia, Grecia, España y Italia se produce la mayor cantidad de queso de leche cabra (Cuadro 10); la cual hasta el 2003 fue de 68,000 48,000 37,000 y 8,600 toneladas respectivamente, siendo la producción total de aproximadamente 182,545 miles de toneladas.⁹ En algunos casos el proceso de elaboración es estrictamente artesanal, generando un producto de alta calidad y que coexiste con la tecnología industrial moderna.⁶⁵

El queso de leche de cabra es altamente apreciado por los consumidores debido a su sabor y aroma típicos; además de características nutrimentales ligadas al sistema de alimentación que el animal recibe, las cuales poseen diversos efectos benéficos en la salud del consumidor, debido a que es bajo en grasa, en colesterol por lo tanto cardiosaludable y de fácil digestión. 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.^{53,54}

Cuadro 10. Principales países productores de queso de cabra (toneladas)

| País | Producción de queso | | |
|----------------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | 1990 | 2000 | 2003 |
| ÁFRICA | 45,098 | 122,010 | 122,950 |
| Marruecos | 3,650 | 3,500 | 3,400 |
| Níger | 8,858 | 10,800 | 11,340 |
| Sudan | 31,250 | 106,250 | 106,750 |
| Túnez | 1,340 | 1,460 | 1,460 |
| AMÉRICA | 16,465 | 17,685 | 18,096 |
| México | 12,525 | 13,694 | 13,861 |
| Bolivia | 1,270 | 1,248 | 1,380 |
| Chile | 1,700 | 1,738 | 1,795 |
| Perú | 970 | 1,005 | 1,060 |
| ASIA | 103,741 | 76,902 | 77,905 |
| Irán república islámica de | 80,586 | 44,837 | 45,090 |
| China | 4,600 | 6,000 | 6,750 |
| Siria república árabe | 4,036 | 4,808 | 4,000 |
| Yemen | 1,588 | 2,024 | 2,218 |
| Libano | 1,500 | 1,614 | 1,762 |
| EUROPA | 156,245 | 184,064 | 182,545 |
| Francia | 56,000 | 59,930 | 68,000 |
| Grecia | 48,000 | 48,000 | 48,000 |
| España | 28,061 | 36,000 | 37,000 |
| Italia | 7,760 | 8,580 | 8,600 |
| Bulgaria | 7,500 | 12,900 | 4,500 |
| OCEANÍA | S/P* | S/P* | S/P* |
| TOTAL MUNDIAL | 338,550 | 414,228 | 417,216 |

Fuente: FAOSTAT, 2004 *S/P sin producción registrada

En la Unión Europea existe un consumo *per cápita* de queso de 15.2 kg/año; siendo Grecia el más alto con 23.5 kg/año, donde el 40% del queso consumido es del tipo Feta. El consumo en Francia es de 22 kg/año. Por su parte en los Estados Unidos de América se registra un consumo de aproximadamente 15 kg/año, contrastando con el consumo de este producto en Chile el cual apenas alcanza los 270g por persona al año. Por otra parte según la FAO, 2004⁹ en México se producen 13,861 toneladas de queso de leche de cabra; sin embargo el consumo *per cápita* no se encuentra registrado; encontrándose valores únicamente para el consumo de queso de manera general, los cuales apenas alcanzan los 5 kg/año.^{65,66}

I. 13.1 Clasificación del queso de leche de cabra

En algunos países de Europa, la fabricación de queso de leche de cabra se encuentra regulada por denominaciones de origen (PDO) establecidas principalmente en el mediterráneo para definir y proteger la calidad de productos tradicionales. La denominación de origen se utiliza para describir alimentos producidos, procesados y preparados en regiones geográficas específicas, clasificándose de la siguiente manera.⁶⁵

- Fresco o blando.- son quesos no madurados con baja cantidad de materia seca (menos del 25%). En España se produce el queso Murcia y Gredos Itiétar o La Vera, productos típicamente frescos.
- Suaves.- tradicionalmente de cuajado láctico, con pequeñas cantidades de cuajo comercial, de tamaño pequeño con diversas formas y generalmente cubiertos, se caracterizan por tener del 48-60% de materia seca, un pH de 4.2-5.5. Predominado diversos tipos como Camembert, Saint Maure, Feta entre otros.
- Semiduros y duros.- predominantemente de cuajado enzimático que por lo general es de origen animal y de tamaño mayor en comparación con los anteriores; Algunos ejemplos de esta clasificación son el queso Transmontano, Rabacal, Majorero entre otras variedades.

I.14 ASPECTOS NUTRIMENTALES DEL QUESO SUAVE DE LECHE DE CABRA.

La fabricación del queso suave o de pasta blanda de leche de cabra se ha desarrollado a través del tiempo hacia una estandarización en la cual se tiene un método, donde el tiempo de maduración es variable desde unos días hasta 4 o 5 meses; por lo general son quesos de coagulación ácida o mixta y de textura untable (cremosa), con un contenido de humedad de entre 60 y 80%, de color blanco, olor y sabor característico.^{61,62} La maduración a la que éstos productos están sometidos, modificará el grado de lipólisis y proteólisis; estos procesos son influenciados por los cultivos iniciadores, los cuales están formados por microorganismos clasificados como mesófilos (*Lactococcus lactis subsp. Cremoris y lactis*, *Leuconostoc lactis* y *mesenteroides subsp. cremoris*) y termófilos (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*), utilizados dentro del proceso inicial de fermentación de la leche; siendo determinantes para éste ya que utilizarán los ácidos grasos y los recursos nitrogenados, para su metabolismo generando una gran cantidad de productos secundarios como (aldehídos, alcoholes, ácidos orgánicos y compuestos aromáticos). Sin embargo, la pasteurización de la leche reduce la actividad enzimática de estos microorganismos, impactando sobre el sabor y aroma del producto.^{65,67}

Los quesos de leche de cabra se caracterizan por ser pequeños; con un peso que oscila entre los 30 y 330 g, en algunas regiones del mundo, este producto es más apreciado debido al lugar de origen, al sistema de producción (artesanal) y alimentación (pastoreo), además si son elaborados a partir de leche cruda. Las formas del queso de leche de cabra son variadas, sensiblemente planas, de corteza lisa, cuyo color natural es blanco, pudiendo presentar diversas coloraciones desde el grisáceo hasta el anaranjado, pasando por el rojo, debido a la utilización de pigmentos. Además existen presentaciones con cubiertas basadas en cenizas vegetales y semillas (ajonjolí o nuez); así como mezclados con algunas especias y hierbas (pimienta, romero y laurel entre otras) las cuales brindan un sabor y olor agregado al producto.^{61,62}

En los Cuadros 11, 12, 13 y 14 se muestra la composición química general del queso suave de leche de cabra. En general se considera que éste producto, registra un contenido energético y proteico de 241.5 kcal y 15.5 g/100g, así como un contenido de grasa y ceniza de 19.9 y 1.7 g/100g respectivamente (Cuadro 11). Park, 1999⁶⁸, reportó la presencia de colesterol en 15 variedades de queso de cabra registrando una concentración de 80 a 147 mg/100 g de queso, incluyendo queso de suaves, semi-duros y duros.

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

| | 1 | 2 | 3 | 4 y 5 |
|---------------------|------|-------|--------------------|-------|
| Humedad | 67.0 | 67.5 | 59.8 | 60.7 |
| Salidos totales | 33 | 32.5 | 40.2 | 39.3 |
| Proteína (N x 6.38) | 9.0 | - | 18.9 | 18.5* |
| Grasa | 18.6 | 17.7 | 22.5 | 21.0 |
| Carbohidratos | 3.0 | - | - | 0.890 |
| Energía Kcal. | 215 | - | - | 268 |
| Cenizas | - | - | 1.74 | 1.58 |
| Colesterol mg/100g | 55.2 | 120.8 | 109.9 ⁶ | 46 |

¹Gambelli *et al.*, 1999; ²Park, 1999; ³Park, 2000; ⁴Kosikowski y Mistry, 1997; ⁵USDA, 1999; ⁶Chin *et al.*, 1991 *Proteína (N x 5.95).

La concentración de aminoácidos del queso suave de leche cabra (Cuadro 12) se encuentra marcadamente caracterizada por el contenido de prolina, ácido glutámico y leucina los cuales presentan una concentración promedio de 1.49, 2.5 y 1.18%, respectivamente. Con respecto a los aminoácidos esenciales para el hombre, éste producto contiene 0.35% de metionina, 1.03% de lisina y 0.14% de triptofano.

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

| Aminoácidos | 1 | 2 |
|----------------------------|-------------|--------------|
| Esenciales | | |
| Isoleucina | 0.50 | 0.76 |
| Leucina | 0.78 | 1.59 |
| Lisina | 0.73 | 1.33 |
| Metionina | 0.21 | 0.49 |
| Fenilalanina | 0.44 | 0.73 |
| Valina | 0.46 | 1.27 |
| Treonina | 0.38 | 0.69 |
| Histidina | 0.27 | 0.50 |
| Triptofano | 0.10 | 0.19 |
| Total | 3.87 | 7.55 |
| No esenciales | | |
| Ácido aspartico | 0.76 | 0.92 |
| Serina | 0.44 | 0.71 |
| Ácido glutámico | 1.64 | 3.45 |
| Prolina | 0.74 | 2.24 |
| Glicina | 0.19 | 0.21 |
| Alanina | 0.34 | 0.32 |
| Tirosina | 0.42 | 0.72 |
| Arginina | 0.29 | 0.54 |
| Cisteína | 0.06 | 0.08 |
| Total | 4.88 | 9.19 |
| Aminoácidos totales | 8.75 | 16.74 |

¹Gambelli *et al.*, 1999; ²Kosikowski y Mistry, 1997; USDA, 1999.

En la Cuadro 13 se presenta una revisión de diferentes autores que reportan el perfil de minerales para el queso suave de leche de cabra, donde se puede observar que éste producto es rico en calcio, registrando un promedio de 121.02 mg/100 g, cabe destacar que es un

producto pobre en hierro por lo que se ha asociado con anemias en niños que consumen productos caprinos como base de su alimentación.⁶⁸

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

| Minerales | 1 | 2 | 3 | 4 y 5 |
|-----------|------|------|------|-------|
| Sodio | 295 | 416 | 167 | 368 |
| Potasio | 11.8 | 25.8 | 10.4 | 26.0 |
| Magnesio | 10.6 | 14.6 | 5.87 | 16.0 |
| Calcio | 103 | 172 | 169 | 140 |
| Fósforo | - | 275 | 110 | 256 |
| Azufre | - | 3.54 | 14.2 | - |
| Hierro | - | 1.78 | 0.71 | 1.90 |
| Manganeso | - | 0.09 | 0.03 | 0.10 |
| Cobre | - | 0.70 | 0.29 | 0.73 |
| Zinc | - | 0.90 | 0.36 | 0.92 |
| Aluminio | - | 1.48 | 0.59 | - |
| Cloro | - | 293 | - | - |

¹Gambelli *et al.*, 1999; ²Park, 1990; ³Park, 2000; ⁴Kosikowski y Mistry, 1997; ⁵USDA, 1999

El queso suave de leche cabra contiene 14.57 mg/100g de ácidos grasos saturados, 4.80 mg/100g de ácidos grasos monoinsaturados y 0.50 g/100g de ácidos grasos poliinsaturados. (Cuadro 14)^{35,36,37,46,48}

En diversos estudios se señala que la cantidad de ácidos grasos, puede influir en el sabor a cabra característico de los productos de ésta especie; el sabor esta influenciado principalmente por los ácidos grasos hexanoico, octanoico, nonanoico, decanoico, 4-metil-octanoico y 4-etil-octanoico. Además se menciona que los procesos de pasteurización y/o termización de la leche pueden disminuir la concentración de éstos compuestos, reduciendo ligeramente el sabor.⁶⁹

Cuadro 14. Ácidos grasos en queso suave de leche de cabra.

| Símbolo y Nombre común | Nombre sistemático | Serie | mg/100g |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------|---------|
| Saturados (TOTAL) | | | 14.575 |
| 4:0 Butírico | Butanoico | - | 1.057 |
| 6:0 Caproico | Hexanoico | - | 0.463 |
| 8:0 Caprílico | Octanoico | - | 0.569 |
| 10:0 Cáprico | Decanoico | - | 2.033 |
| 12:0 Láurico | Dodecanoico | - | 0.931 |
| 14:0 Mirístico | Tetradecanoico | - | 2.137 |
| 16:0 Palmítico | Hexadecanoico | - | 5.515 |
| 18:0 Esteárico | Octadecanoico | - | 2.918 |
| Monoinsaturados (TOTAL) | | | 4.807 |
| 16:1 Palmitoleico | cis-9-Hexadecenoico | ω 7 | 0.501 |
| 18:1 Oleico | cis-9-Octadecenoico | ω 9 | 4.307 |
| 20:1 Gadoleico | cis-9-Eicosanoico | ω 11 | - |
| 22:1 Eúrico | cis-13-Docosenoico | ω 9 | - |
| Poliinsaturados (TOTAL) | | | 0.501 |
| 18:2 Linoleico | cis-9,12-Octadecadienoico | ω 6 | 0.501 |
| 18:3 α -Linolénico | cis-9,12,15-Octadecatrienoico | ω 3 | - |
| 20:4 Araquidónico | cis-5,8,11,14-Eicosatetraenoico | ω 6 | - |
| 20:5 Timnodónico (EPA) | cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico | ω 3 | - |
| 22:5 Clupanodónico | cis-7,10,13,16,19-Docosapentenoico | ω 3 | - |
| 22:6 Cervónico (DHA) | cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexanoico | ω 3 | - |

Kosikowski y Mistry, 1997; USDA, 1999 (g/100 g de muestra).

I.15 EL QUESO DE LECHE DE CABRA EN MÉXICO

En México existe una gran variedad de quesos de leche caprina los cuales tienen una estrecha relación con los de origen Europeo, principalmente con los de tipo Francés; además de incorporar algunas prácticas e ingredientes locales que les brindan una identidad

muy especial. En este sentido, Rubino y colaboradores (1999)⁵⁵ mencionan que algunos productos Mexicanos pudieran lograr el rango de “producto típico” ya que la leche con la que se elabora proviene de una raza animal endémica (Lacha de Chiapas), además de la utilización de leche entera, cuajo natural, con una tecnología de elaboración estrictamente artesanal.

El queso de leche de cabra en México es típicamente suave y característicamente untable; la información referente a los aspectos nutrimentales de este producto, está basada en la información que el productor difunde a través de la etiqueta y que se restringe a las características comerciales habituales (Cuadros 15 y 16).

A la fecha existen en el mercado 11 diferentes marcas comerciales, las cuales elaboran un producto que recuerda a su origen Francés; en México se consume un queso de leche de cabra con consistencia suave. Existen tres presentaciones conocidas como rollo, pirámide y boursin, las cuales de manera general se encuentran en sabor natural o asociado con diversos ingredientes, empleando leche entera de cabra pasteurizada con cultivos lácticos, cuajo natural, sal y algunos productos incorporan cloruro de calcio; su producción mayoritariamente es de tipo artesanal guardando una estrecha relación con la calidad sanitaria del producto.

En México es importante aprender a distinguir los quesos industriales de los artesanales. No es necesario ser experto o técnico para notar las enormes diferencias entre unos y otros; los primeros son mejor presentados, muchas veces importados. Si se comparan con los segundos, apreciando atentamente los sabores, uno se da cuenta de que estamos en presencia de dos polos opuestos: uno en pos de la utilidad económica y otro que persigue la calidad. La gran empresa produce, en grandísima escala y mediocridad cualitativa, lo que los artesanos hacen en cantidad limitada y cuidado personal.³⁴

Cuadro 15. Algunos aspectos comerciales de los quesos de leche de cabra en México

| Marca | Descripción | Distribuidor | Lugar de origen | Tipo | Presentación (g) | Precio por kg (USD\$)* |
|-------------------|---|-----------------|--------------------|-------|------------------|------------------------|
| El queso de cabra | Queso de textura compacta, aroma y sabor fuerte. Elaborado a partir de leche natural de cabra pasteurizada. | El cuervo sabio | León, Guanajuato | Suave | 230 | 18.37 |
| Queso de cabra | Queso de textura compacta, aroma y sabor fuerte. Elaborado a partir de leche natural de cabra pasteurizada. | Normandie | León, Guanajuato | Suave | SD | SD |
| Eiffel | Producto elaborado a partir de leche de cabra pasteurizada, su fabricación es artesanalmente bajo el método <i>Saint-Maure</i> emplea cultivos lácteos, cuajo animal y sal. | Mont Juic | Jalisco | Suave | 250 | 17.40 |
| Feta | Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, emplea fermentos lácteos, enzimas y sal. | Laclette | Marqués, Querétaro | Suave | 200 | 17.56 |
| Lanzarote | Producto elaborado a partir de leche entera de cabra pasteurizada, emplea fermentos lácteos, cloruro de calcio y cuajo. | Algil | Estado de México | Suave | 200 | 14.30 |
| Ste. Maure | Queso de leche de cabra con fermentos lácteos, enzimas cloruro de calcio y sal. | Laclette | Marqués, Querétaro | Suave | 230 | 15.27 |
| Chèvre | Queso de leche de cabra pasteurizado, con fermentos lácteos, cuajo y sal. Diferentes presentaciones; pueden combinar diversos ingredientes (chipotle, ajo, etc) y cubiertas (vucz, cenizas, pimienta, etc). | Granja Puma | Marqués, Querétaro | Suave | 250 | 7.04 |

SD= Sin Dato *precio equivalente en dólares americanos, calculado al tipo cambiario de \$11.36 dólar

Cuadro 15. Continuación

| | | | | | | |
|----------------|--|--------------------------|-------------------------------|-------|-----|-------|
| Caprina | Queso tipo Feta 100% de leche entera de cabra, pasteurizada, utilizando fermentos lácticos, cuajo y cloruro de sodio. | Caprina | Atotonilco, El Alto, Jalisco. | Suave | 250 | SD |
| Le Blanc | Queso elaborado con 100% de leche entera pasteurizada de cabra, emplea cultivos lácticos, cloruro de calcio, sal y natamicina como conservador, puede contener cenizas vegetales o hierbas finas | Ysenia Prieto Carnero | Xalapa, Veracruz | Suave | 200 | 21.12 |
| Queso de cabra | Queso de leche de cabra, utiliza cuajo natural, cultivos lácticos, cloruro de calcio y sal, puede contener chile, pimienta, ajonjolí, cenizas o hierbas finas | Santo Madero | Parras, Coahuila | Suave | 100 | 22.0 |

SD= Sin Dato

*precio equivalente en dólares americanos, calculado al tipo cambiario de \$11.36 dólar

Cuadro 16. Algunos aspectos nutricionales de los quesos suaves de leche de cabra en México (por cada 100 g)

| Queso | Humedad (%) | Proteína (%) | Carbohidratos (g) | Grasa (g) | Contenido energético (kcal) | Calcio (g) | Sodio (mg) | Cenizas (%) |
|-------------------------------|-------------|--------------|-------------------|-----------|-----------------------------|------------|------------|-------------|
| El queso de cabra | 55.0 | 23.0 | 1.2 | 26.0 | 336 | 1.1 | 800 | - |
| Eiffer | 52.6 | 14.42 | 9.68 | 20.76 | - | - | 209 | 2.53 |
| Feta | 50.0 | 17.0 | 5.5 | 21.0 | 292 | 0.35 | 900 | - |
| Lanzarote | 64.0 | 13.0 | - | 19.0 | - | - | - | - |
| Ste. Maure | 62.0 | 13.0 | 5.0 | 18.0 | 234 | 0.1 | 500 | - |
| Chevere | 58.0 | 18.0 | - | 20.0 | - | - | - | - |
| Caprina | 41 | 18 | 14 | 23 | - | - | - | 4 |
| Le Blanc | 59.0 | 15.0 | 5.0 | 20.0 | 255 | - | 330 | - |
| Queso de cabra (Santo madero) | 60.0 | 13 | 14 | 13 | 255 | 0.1 | 500 | - |

En nuestro país hay más y mejores quesos de lo que se cree; existen verdaderas maravillas culinarias (quesos artesanales) ignoradas que no llegan a la capital, a pesar de la fuerza centrípeta que llena sus mercados de alimentos internacionales. Los artesanos de los quesos están a la desesperante espera de quién los defienda. Hay muchas maneras de hacerlo, antes que los quesos artesanales mexicanos desaparezcan absorbidos por el pavoroso universo de la globalización de los gustos, antes que su calidad se derrumbe, antes que sus productores se rindan por aparente falta de clientes o problemas técnicos o de mercadeo.⁵⁵

Rubino et al (1999)⁵⁵ señalaron que en México se pueden encontrar productos de excelente calidad con características típicas y que los principales problemas de estos productos son relacionados a la distribución, difusión y mercadeo. Los pequeños productores se encuentran en todo el país, casi siempre tienen clientela totalmente local y serios problemas de distribución. Otra característica importante de gran relevancia es el precio del producto, el cual oscila entre los 14 y 22 dólares/kg, siendo más accesible cualquier producto fresco quesero de leche de vaca. Sin embargo el consumidor está dispuesto a pagar por un producto de excelente calidad; si se sensibiliza de la importancia del arraigo del productor al campo; además se pueden promover las fincas artesanales como atractivo turístico, con lo que posiblemente se elevaría la calidad de vida del pequeño productor.³

I.16 LÍPIDOS

Los lípidos son uno de los tres componentes básicos (proteína, carbohidratos y lípidos) de la alimentación, además de ser la principal forma en que la energía es almacenada. Se le denomina "grasa" a todos los triglicéridos sólidos de origen animal y "aceite" a las grasas líquidas que normalmente son de origen vegetal.⁷⁰

I. 16.1 Estructura

Los aceites y grasas están formados por triglicéridos, compuestos que representan más del 95% de su peso. Un triglicérido está formado por la condensación de una molécula de

glicerina con tres ácidos grasos (Figura 2); 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 en los triglicéridos.⁷⁰

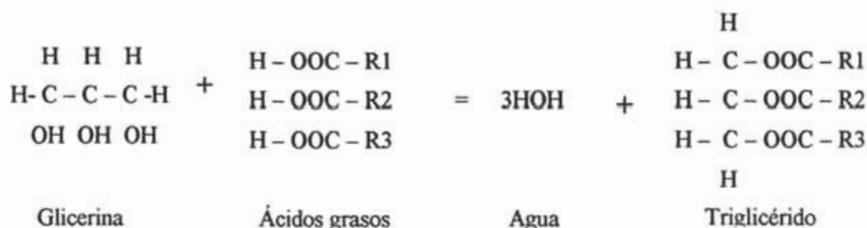


Figura 2. Estructura de un triglicérido.

I. 17 ÁCIDOS GRASOS (AG)

Los ácidos grasos son cadenas de hidrocarburos que presentan en un grupo carboxilo en un extremo y un grupo metilo en el otro. Se les puede clasificar por la longitud de su cadena en cortos con 4 a 6 átomos de carbono, medianos con 8 a 12 átomos de carbono y largos con 14 o más átomos de carbono. También se clasifican por el grado de saturación; agrupándose en ácidos grasos 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 poliinsaturados con dos o más dobles ligaduras en la cadena.^{71,72}

Para expresarlos se emplean notaciones cortas, indicando el número de carbonos, el número de enlaces y la posición en que se encuentra la primera doble ligadura. La letra griega omega (ω) es usada para indicar la localización de la primera doble ligadura a partir del carbón metílico (CH_3) terminal de la molécula del ácido graso (Figura 3). Las familias más importantes son los AG ω -3 y ω -6 debido a que tanto el ácido alfa-linolenico como el ácido linoleico son esenciales para los animales y el ser humano. Los AG ω -3 son el ácido alfa-linolenico 18:3 (ALA), ácido eicosapentaenoico 20:5 (EPA), el ácido docosapentaenoico 22:5 (DPA) y el ácido docosahexaenoico 22:6 (DHA); por su parte entre los AG ω -6 destacan el ácido linoleico 18:2 (LA) y el ácido araquidónico 20:4 (AA).^{72,73}

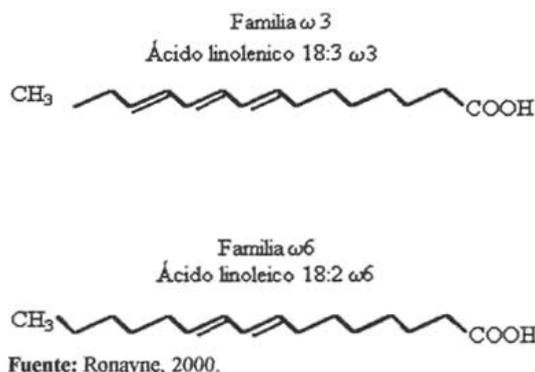


Figura 3 Ácidos grasos esenciales.

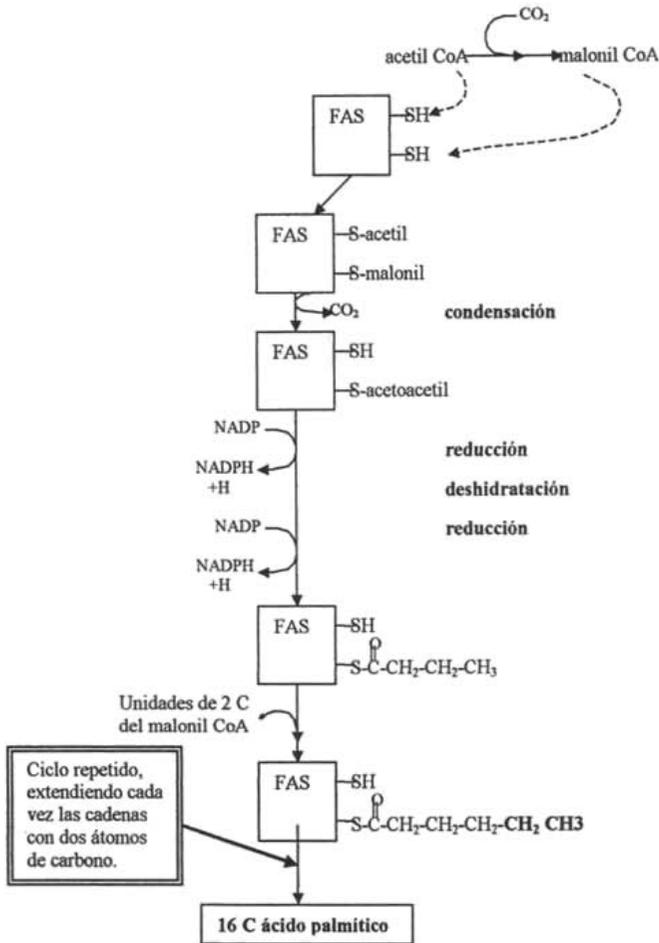
I. 17. 1 Síntesis de ácidos grasos

La síntesis de ácidos grasos o lipogénesis consiste en una serie de reacciones cíclicas en las que se construye una molécula de ácido graso mediante la adición secuencial de dos unidades de carbono derivadas de acetil CoA a una cadena de ácido graso en crecimiento.^{74,75}

Esta síntesis se lleva a cabo en el citosol celular, principalmente en el hígado, tejido adiposo y una pequeña parte en la glándula mamaria.^{74,75}

En la Figura 4 se muestra la biosíntesis de lípidos utilizando una molécula de ácido palmítico (16 carbonos) como ejemplo. La capacidad del organismo para sintetizar ácidos grasos de mayor tamaño o insaturados es reducida, sin embargo éstas funciones son llevadas a cabo por otras enzimas que tendrán la función de elongar y desaturar las cadenas.⁷⁴

La elongación de los ácidos grasos puede llevarse a cabo en el retículo endoplásmico y/o en la mitocondria añadiendo unidades de acetil CoA en lugar de malonil CoA, sin embargo sólo se podrá fabricar ácido estárico por éstas rutas.^{74,75}



Fuente: Roach y Benyon, 2004.

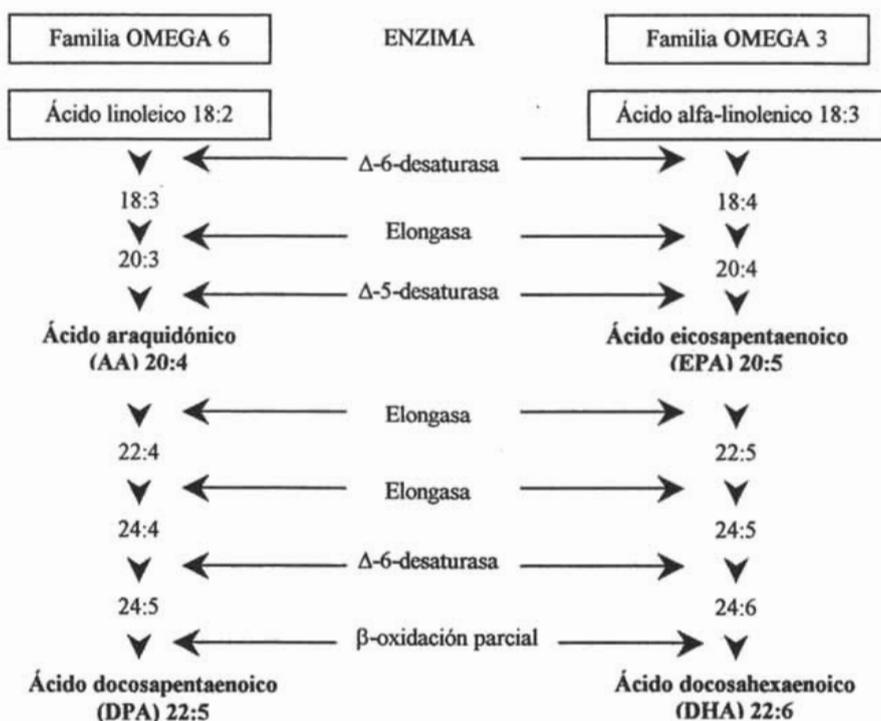
Figura 4. Síntesis de ácidos grasos.

I. 17.2 Metabolismo de los ácidos grasos ω -3 y ω -6

La desaturación de los ácidos grasos poliinsaturados se lleva a cabo en la membrana del retículo endoplásmico liso, en el hígado. Los sistemas de los mamíferos tienen cuatro enzimas desaturasas diferentes, capaces de producir dobles enlaces en los carbonos 4, 5, 6 y 9, careciendo de la posibilidad de crear dobles enlaces en otros carbonos. Por tanto algunos

ácidos grasos poliinsaturados no pueden ser sintetizados endógenamente y son esenciales.^{74,75}

Los ácidos grasos esenciales provenientes de la dieta son elongados y desaturados en el hígado, el LA es metabolizado hacia AA y DPA; por su parte a partir de ALA se formará EPA y DHA, aumentando el largo de la cadena y el grado de insaturación mediante agregación de dobles ligaduras al grupo carboxilo, como se observa en la Figura 5.⁷³ Como parte del metabolismo de los ácidos grasos esenciales se forman productos intermedios denominados eicosanoides (prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos). Existe una competencia entre LA y ALA en la formación de sus productos, por lo que se ha observado que la ingestión de ácidos grasos ω -6: ω -3 debe conservarse en una proporción de 2:1.⁷⁶



Fuente: Ronayne, 2000

Figura 5. Metabolismo de los ácidos grasos ω -3 y ω -6 (elongación y desaturación).

I. 17.3 Fuentes de ácidos grasos ω -3 y ω -6

El ALA está presente en el aceite de linaza y en los vegetales de hojas verdes. El EPA y el DHA se encuentran principalmente en peces de aguas frías, en sus aceites y en las algas marinas. El LA es abundante en el maíz, cacahuete, semillas de algodón, frijol de soya y casi todas las semillas de las plantas; es abundante por lo tanto, en aceites vegetales como maíz o girasol. El AA se encuentra principalmente en el cacahuete y es componente importante en los fosfolípidos de animales alimentados con granos.⁷⁶

I. 17.4 Efecto de los ácidos grasos ω -3 y ω -6 en la salud del hombre

El desbalance en la dieta entre los AG ω -3 y ω -6 altera el perfil de los eicosanoides formados y consecuentemente influye sobre la agregación plaquetaria, el tono de los vasos, la actividad trombogénica y sobre las funciones antiinflamatorias, antiinfecciosas e inmunoprotectoras.^{73,76} Ronayne, 2000 señaló que los AG ω -3 reducen la tendencia a la formación de trombos, disminuyen la agregación plaquetaria y la viscosidad sanguínea; por otra parte un exceso de AG ω -6 tendría un efecto contrario. Se menciona que los AG AA y el DHA son importantes para el crecimiento infantil, para el desarrollo neurológico y de las funciones visuales.^{73,76} Por su parte Castro, 2002 mencionó que los AG ω -3 tienen efectos hipocolesterolemicos, disminuyendo el colesterol total y las VLDL.⁷⁶

Se ha observado que la ingestión de ácidos grasos ω -6: ω -3 en una relación 10:1 puede paralizar la formación de EPA y DHA, favoreciendo los efectos de los AG ω -6, siendo importante tomar en consideración esta recomendación durante la formulación y administración de los alimentos.⁷⁶

I. 18 DIGESTIÓN Y METABOLISMO RUMINAL DE LOS LÍPIDOS

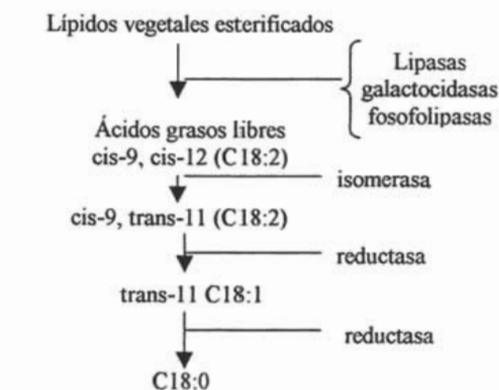
Existen dos fenómenos importantes en el rumiante con respecto a la grasa ingerida dentro de la ración: la lipólisis y la biohidrogenación. Dependiendo el grado de saturación de los ácidos grasos consumidos, éstos seguirán rutas diferentes en la digestión, los saturados sufrirán el proceso de lipólisis y seguirán su destino metabólico hasta el abomaso e

intestino, a diferencia de los poliinsaturados los cuales al inicio serán biohidrogenados por la microbiota ruminal con la consecuente reducción de dobles enlaces, para continuar con el mismo proceso que los ácidos grasos saturados.^{77,78}

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 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 saturados.^{77,79}

I. 18.1 Lipólisis

Después de la ingesta, los lípidos que se encuentran esterificados son hidrolizados por lipasas microbianas dentro del rumen, causando la liberación de ácidos grasos libres y glicerol (Figura 6) 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.⁷⁷



Fuente: Chilliard, 1993.

Figura 6. Lipólisis en rumiantes

I. 18.2 Biohidrogenación

Este proceso es el resultado de la adición de un hidrógeno a los AG con dobles enlaces, constituye un mecanismo importante a través del cual los microorganismos pueden disponer de hidrógeno. Si éste proceso se completa, todos los dobles enlaces se convierten en sencillos y los AG quedan saturados.⁸⁰

Casi todos los AG vegetales insaturados presentan configuración *cis* entre los átomos de carbono insaturados, sin embargo la microbiota ruminal produce una variedad de isómeros *trans* de los AG, así como alteraciones en el largo de la cadena, cambios en la posición de los dobles enlaces y producción de AG de cadenas impares o ramificadas, todos los cuales hacen que la grasa ingerida por un rumiante sea diferente de la depositada.⁸⁰

Los ácidos grasos 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.⁸¹ En este proceso, se puede dar origen a una serie de isómeros como productos intermedios; se considera que solamente un 10 a 30% de estos AG escapa al proceso de biohidrogenación; continuando su camino hacia el tracto gastrointestinal posterior, para ser metabolizados y absorbidos.^{77,78,82}

I. 18.3 Síntesis microbiana de ácidos grasos

Los microorganismos ruminales tienen la capacidad de realizar la síntesis de ácidos grasos saturados, principalmente ácido esteárico y palmítico; así como de monoinsaturados; donde, los más representativos son los ácidos palmitoléico y oleico. Este proceso es conocido como síntesis *de novo* y es considerado como un aporte lipídico endógeno. Los ácidos grasos poliinsaturados no son sintetizados por los microorganismos ruminales, éstos provienen de la dieta básicamente.^{78,82}

I. 18.4 Digestión y absorción intestinal

La digestión de los ácidos grasos en el duodeno, se inicia con su disociación a partir de las partículas del alimento por medio de la acción detergente de las sales biliares, en un medio relativamente ácido. En ausencia de la formación de monoglicéridos, la lisolecitina y el ácido oleico funcionan como sustancias anfipáticas que causan la formación de micelas solubles. Por otra parte, se ha observado que la actividad lipolítica de la lipasa pancreática es suficiente, y no constituye un factor limitante en la digestión de triglicéridos que escapan del rumen.^{82,83}

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, aunque se ha observado que existe absorción de AG en el rumen, su importancia fisiológica en comparación con el grado de absorción que ocurre en el yeyuno, es muy limitada. A este respecto se ha identificado a la región intermedia y distal del yeyuno como el principal sitio de absorción de lípidos.^{82,83}

I. 18.5 Transporte sérico de lípidos en el rumiante

A nivel intestinal, una vez realizada la absorción de las micelas. Los AG de más de 14 carbonos son re-esterificados, por la vía del glicerofosfato, siendo la glucosa el precursor del glicerol; dando origen a los triglicéridos (TG), iniciando su transporte en pequeñas cantidades de mono y di glicéridos, además de fosfolípidos y colesterol uniéndose a las apoproteínas, saliendo por la base y lados de la célula intestinal hacia la lámina propia, conductos linfáticos y finalmente hacia los vasos sanguíneos portales.^{73,82} Por su parte los AG inferiores a esta longitud, entran directamente al torrente sanguíneo y son transportados en forma libre hacia el músculo, tejido adiposo y/o glándula mamaria.⁸²

Estos elementos en el torrente sanguíneo son transportados en asociación con proteínas, debido a su baja solubilidad, formándose complejos denominados lipoproteínas; Las cuales de acuerdo a su densidad, se dividen en 5 clases: quilomicrones, lipoproteínas de muy baja,

intermedia, baja y alta densidad, siendo también conocidas como VLDL, IDL, LDL y HDL por su siglas en inglés, respectivamente.⁸²

Los quilomicrones transportan AG libres; siendo sintetizados en el intestino, aumentan su concentración cuando la dietas es rica en AG poliinsaturados y disminuyen con la presencia de grasas saturadas. Por su parte, las lipoproteínas VLDL son las principales transportadoras de lípidos hacia hígado, tejido adiposo y glándula mamaria en los rumiantes a pesar de su baja concentración.⁸²

Por otra parte, las lipoproteínas conocidas como IDL, se generan a partir de la lipólisis de las VLDL, como producto intermedio en la formación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Estas últimas están directamente implicadas en la distribución del colesterol a los tejidos; incluyendo a la glándula mamaria.⁸⁰ Por su parte, las lipoproteínas de alta densidad (HDL) se encuentran en mayor proporción que las anteriores, son sintetizadas y secretadas por el hígado e intestino encargándose de incorporar el exceso de colesterol circulante hacia el hígado, para su excreción biliar y subsecuente síntesis de VLDL.⁸²

I. 19 SÍNTESIS DE LÍPIDOS LÁCTEOS

Aunque existen informes contradictorios sobre la síntesis de grasa de la leche realizados en diferentes tipos de animales y con diferentes dietas, parece ser que los quilomicrones y las VLDL son los principales agentes transportadores de los AG; aproximadamente un 50% de éstos son sintetizados *de novo* en la glándula mamaria y de ellos la sexta parte es a partir de beta-hidroxibutirato, siendo la mayoría a partir de acetato.⁸³

Así mismo, se considera que aproximadamente el 44% de los AG de origen dietario, principalmente palmítico (C:16) y esteárico (C:18) se obtienen a partir de los triglicéridos de la sangre por medio de la lipoprotein-lipasa, siendo desaturados en la glándula mamaria (Figura 7). Por otra parte, se ha señalado que 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 lipoprotein-lipasa, lo que aumentará la captación de AG de cadena larga.^{79,82,83}

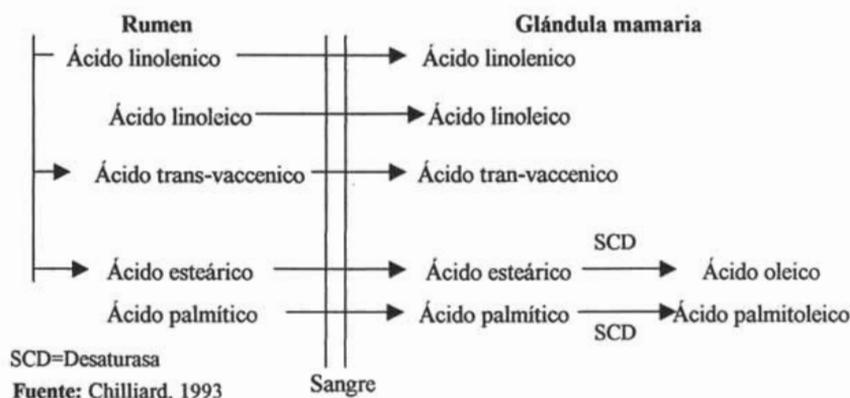


Figura 7. Desaturación de ácidos grasos en la glándula mamaria.

Aunque podría parecer que puede aumentarse la grasa de la leche con el simple consumo de una mayor cantidad de grasa. La captación de grasa por la glándula mamaria inhibe la síntesis *de novo*, impidiendo de forma efectiva cualquier incremento en la grasa total de la leche. Probablemente la única excepción suceda cuando se consume grasa protegida que eleva los contenidos de VLDL en plasma lo suficiente para exceder la retroalimentación negativa de grasas de cadena larga para la síntesis de grasa mamaria. En este caso suele aumentar la grasa total de la leche.^{78,84}

Se ha observado que los derivados lácteos, fabricados a partir de leche rica en ácidos grasos de cadena larga, en especial C18:2 (ácido linoleico), presentan oxidación más rápida y por lo tanto se observan cambios en las características físicas de éstos.⁸⁵

I. 20 COLESTEROL

El colesterol pertenece al grupo esteroide de las grasas, es una molécula de 27 carbonos que estructuralmente es un núcleo derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno (Figura 8).⁷⁴

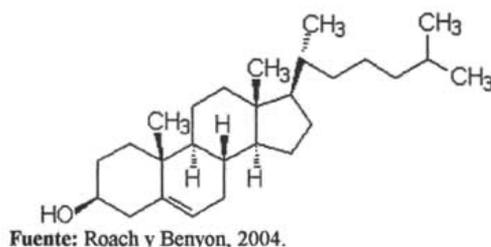


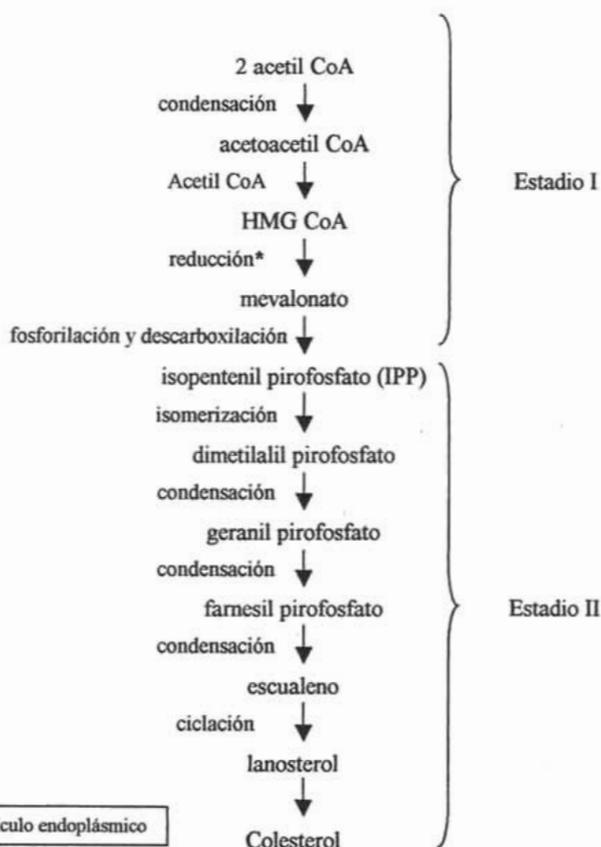
Figura 8. Estructura del colesterol.

Puede ser de origen exógeno principalmente de los fosfolípidos de las plantas o endógeno. El colesterol es sintetizado por el mismo organismo principalmente en el hígado, aunque se sabe que otros tejidos como intestino, piel, corteza adrenal y pared arterial entre otros, también participan en éste proceso. Es un componente esencial de las membranas celulares, precursor de la vitamina D, de los ácidos biliares, de adrenocorticoides y de algunas hormonas como los andrógenos, estrógenos, etc. El 75% es transportado en la sangre a través de lipoproteínas de las cuales las LDL son las que llevan a cabo esta acción en mayor proporción; las HDL eliminan el colesterol de las paredes arteriales, devolviéndolo al hígado donde es degradado por los hepatocitos siendo utilizado para la síntesis de ácidos biliares, también puede ser transformado a ésteres de colesterol por medio de la LCAT (lecitina colesterol acil transferasa) para volver a sintetizar lipoproteínas.⁷⁴

La dieta influirá en el contenido de colesterol en leche debido al balance energético en el que se encuentren los animales. Es decir, si un rumiante se encuentra en balance energético negativo debido a un deficiente aporte nutricional, iniciará la movilización de lípidos almacenados, causando elevación en sangre y leche, tanto de AG como del colesterol.⁷⁴

I. 20.1 Síntesis de colesterol

La síntesis de colesterol se realiza en el citosol celular, aunque algunas enzimas se encuentran en el retículo endoplásmico. La manera más sencilla de entender éste proceso es separándolo en dos estadios esquematizándose en la Figura 9.⁷⁴



Fuente: Roach y Benyon, 2004.

Figura 9. Síntesis de colesterol

I. 21 PROTEÍNAS

Las proteínas son complejos orgánicos de alto peso molecular que contienen nitrógeno y azufre. Existen proteínas simples son aquellas que por hidrólisis producen únicamente aminoácidos y se encuentran en la leche, huevo, sangre así como en las semillas de diversos vegetales o proteínas conjugadas son aquellas que por hidrólisis producen no solamente aminoácidos, sino también otros compuestos orgánicos e inorgánicos llamados grupos prostéticos.^{75,86}

I. 22 AMINOÁCIDOS (AA)

Los aminoácidos son compuestos simples de bajo peso molecular, caracterizados por la presencia de un grupo amino y un grupo carboxilo, que difieren entre sí en la estructura de sus grupos R o cadenas laterales (Figura 10).⁸⁶

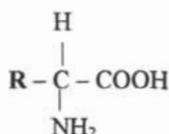
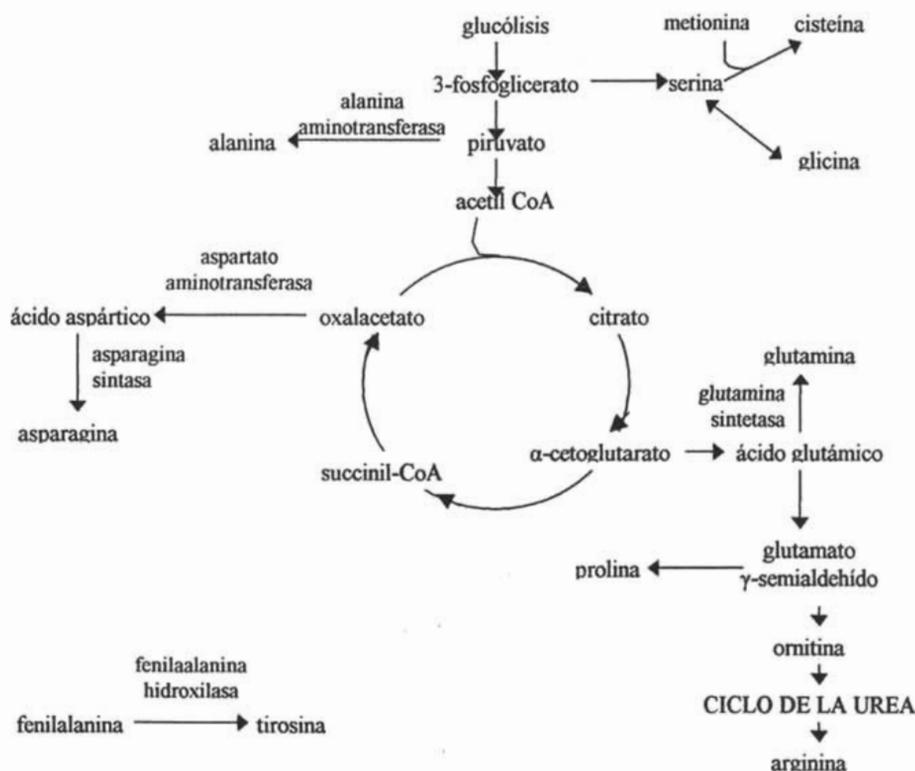


Figura 10. Fórmula estructural de un aminoácido

En general, solamente se encuentran 20 aminoácidos distintos en la naturaleza, los cuales se clasifican de acuerdo a la polaridad del grupo R en no polares o hidrófobos, polares o sin carga, con carga positiva o con carga negativa; así como de acuerdo a la capacidad del organismo para sintetizarlos, en esenciales y no esenciales. Los organismos animales no son capaces de sintetizar el grupo amino por lo que requieren ingerirlo en la dieta mediante las proteínas, algunos aminoácidos pueden ser producidos en el organismo a partir de otros por medio de la transaminación, a éstos se les denomina no esenciales, dentro de éste grupo encontramos a la tirosina, glicina, alanina, cisteína, serina, ácido aspártico, asparagina, ácido glutámico, glutamina, arginina y prolina. Aquellos aminoácidos que no pueden ser fabricados a partir de otros son denominados esenciales, entre los que se encuentran la histidina, valina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, treonina, fenilalanina y triptofano.^{74,75}

I. 22.1 Síntesis de aminoácidos

Las proteínas son sintetizadas a partir de aminoácidos, los cuales se encuentran como productos finales de la digestión o como parte del metabolismo ruminal. La síntesis de aminoácidos no tiene un precursor común, a diferencia de los ácidos grasos; se puede realizar por reacciones de transaminación o a partir de otros aminoácidos que reaccionan con ceto-ácidos (piruvato, oxalacetato o α -cetoglutarato), amoníaco o urea, incluso se pueden encontrar como productos del ciclo de éste compuesto, como se esquematiza en la Figura 11.^{74,75,86}



Fuente: Roach y Benyon, 2004.

Figura 11. Síntesis de aminoácidos

I. 23 DIGESTIÓN Y METABOLISMO RUMINAL DE LAS PROTEÍNAS

Las proteínas de los alimentos son hidrolizadas hacia aminoácidos por los microorganismos ruminales, a su vez éstos son degradados (desaminación) hasta ácidos orgánicos, amoníaco y dióxido de carbono. El amoníaco producido es absorbido en el rumen y transportado en la sangre hacia el hígado para ser convertido en urea. La pérdida de aminoácidos a causa del metabolismo de los microorganismos ruminales, es compensada por la síntesis que estos realizan, por lo que los rumiantes obtienen proteína tanto de la dieta como de los microorganismos.^{86,87,88}

En el rumen, la flora es capaz de sintetizar aminoácidos esenciales, logrando un aporte constante para el rumiante de éstos compuestos, convirtiéndolo en un organismo casi autosuficiente al respecto.^{86,87,88}

Cole y Van Lunen, 1994⁸⁸ señalaron que la metionina, lisina y treonina son los aminoácidos más limitantes en la alimentación de los rumiantes debido a que los requerimientos no son cubiertos por el metabolismo ruminal, siendo necesario el aporte en la dieta. Por otro lado destacaron la necesidad de administrar alimentos con proteína no degradable evitando la acción microbiana sobre ésta y la modificación de los aminoácidos, para asegurar la entrada de éstos al tracto gastrointestinal. Por su parte Matthews, 2000⁸⁹ señaló que no se ha documentado completamente la modificación de la proteína y los aminoácidos encontrados en la leche por efecto de la dieta, probablemente debido a la transformación que sufren en el rumen, señalando que infusiones en la yugular de aminoácidos si modifican la proteína láctea debido a que escapan del metabolismo ruminal.

La absorción de aminoácidos es llevada a cabo en el intestino, principalmente en el yeyuno, se ha observado la capacidad del intestino delgado para absorber aminoácidos esenciales, en mayor proporción que los no esenciales.⁸⁹ La absorción se verá influenciada por la proteína de la dieta, por la degradación que ésta sufra en el rumen y por la síntesis microbiana. Matthews, 2000⁸⁹ señaló que la cantidad de proteína que pasa hacia el intestino

en animales con dietas bajas en proteína, supera la ingesta debido a que se promueve la síntesis microbiana. Por otra parte comentó que las dietas con un alto contenido de granos y proteína tienden a disminuir la acción de los microorganismos ruminales sobre éstos sustratos, reflejándose en una menor cantidad de aminoácidos en el contenido intestinal.

I. 24 SÍNTESIS DE PROTEÍNA LÁCTEA

La caseína, β -lactoglobulina y la α -lactoalbúmina conforman entre el 90 y 95% de la proteína total de la leche, éstas proteínas son sintetizadas en la glándula mamaria, por su parte la seroalbúmina, las inmunoglobulinas y la caseína y no son sintetizadas en la mama; parece que son, simplemente incorporadas a la leche desde la circulación sanguínea. Los tres precursores sanguíneos de las proteínas sintetizadas en la mama son: péptidos, proteínas del plasma y aminoácidos libres siendo éstos últimos los que se ha observado participan más activamente. Las proteínas del plasma únicamente aportan el 10% de los precursores para la formación de proteína láctea.^{90,91}

Los aminoácidos esenciales se absorben en cantidades suficientes para formar las moléculas de síntesis mamaria, sin embargo en ausencia de éstos la proteína de la leche se ve disminuida, en especial cuando se observan niveles bajos de lisina y metionina. Por su parte los aminoácidos no esenciales proceden de la circulación sanguínea y de síntesis mamaria; el 70% de la glutamina, ácido glutámico y tirosina, y el 50% de la prolina y asparagina que se encuentran en la caseína, proceden de aminoácidos libres absorbidos del torrente sanguíneo y menos del 20% de glutamina, ácido glutámico y prolina y asparagina se sintetizan en la glándula mamaria, por su parte la glicina, serina y alanina pueden ser sintetizados en su totalidad por éste órgano a partir del metabolismo de hidratos de carbono (glucosa) y ácidos grasos volátiles (ácido acético).^{89,90}

II. JUSTIFICACIÓN

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

Asimismo, es importante conocer el efecto del sistema de alimentación y el tratamiento de la leche en la composición nutrimental del queso para poder hacer recomendaciones a los productores en relación a las mejores opciones de fabricación, que contribuyan en la disminución de los costos de producción mejorando la economía de las pequeñas empresas.

Debido a que en anteriores estudios se ha evaluado el efecto de la alimentación sobre la composición de la leche de vaca, se hacen necesarios estudios en específico sobre productos caprinos, ya que ésta especie tiene características distintas de los bovinos, si bien, existe una amplia investigación en el campo de la leche, poco se ha avanzado con respecto al queso, producto importante que da un valor agregado a la leche.

El queso de leche de cabra en México, es mayoritariamente artesanal y actualmente cuenta con un mercado en constante crecimiento. La caracterización de este producto en este sentido podrá a mediano plazo encaminar los esfuerzos para brindar un producto con identidad regional y de alta calidad sanitaria; contribuyendo en el desarrollo del sector.

III. HIPÓTESIS

El sistema de alimentación influirá sobre el valor nutricional del queso de leche de cabra.

El proceso térmico de la leche de cabra influirá sobre el valor nutricional del queso.

IV. OBJETIVOS

IV.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluación nutricional del queso de leche de cabra cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación.

IV.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar el contenido de proteína cruda, energía, cenizas, materia seca, lípidos totales, colesterol, ácidos grasos, aminoácidos y minerales del queso de leche de cabra, cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

V.1 LUGAR DE TRABAJO

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”. Así como en la “Granja Puma” situada en Cerro Prieto, Querétaro, México a los 20° 39' 19" latitud Norte y 100° 17' 51" longitud Oeste, con una altura de 1950 msnm. El clima esta clasificado como BS Ikw (w) (e), descrito como seco, estepario, semiárido con lluvias escasas, con precipitación media anual en verano de 460 mm, así como un periodo de sequía de 6 a 8 meses.⁹²

V.2 ANIMALES EXPERIMENTALES

Se formaron dos grupos (A y B) cada uno con 10 cabras de la raza Alpina francesa con un peso vivo promedio de 50 ± 5 kg, de primer y segundo parto (entre 2 y 3 años), entre 70 y 80 días de lactación. Los animales fueron albergados en corrales separados. El grupo A, fue conducido en pastoreo durante el mes de febrero del 2004; sobre un agostadero clasificado como Bosque espinoso caducifolio⁹³ caracterizado por la presencia de gramíneas (*Bouteloua curtipendula*, *Chloris virgata*, *Bothriochloa saccharoides*, *Leptochloa dubia*, *Rhyncheltythurum roseum*, *Panicum obtusum*, *Bouteloua repens*, *Aristida adscensionis*, *Setaria parviflora*, *Urochloa fasciculata*), leguminosas arbóreas (*Prosopis leavigata*, *Acacia farnesiana*, *Acacia schaffneri*, *Mimosa biuncifera*), arbustos (*Celtis pallida*, *Jatropha dioica*, *Zalazania augusta*, *Verbasina serrata*) y cactáceas (*Opuntia affasiacantha*, *O. amyctaea*, *O. cretochaeta*, *O. hytiacantha*, *O. robusta*, *O. streptacantha*, *O. tomentosa*) las cuales fueron identificadas por Delgadillo en (1998)²¹. La conducción del pastoreo se realizó de forma tradicional (pastoreo libre) bajo un esquema de libre acceso, con un tiempo aproximado 6 horas al día; cabe señalar que durante esta etapa las condiciones climáticas son muy adversas debido a la sequía y a los intensos fríos. Al final del pastoreo los animales fueron estabulados, ofreciéndoles 2 kg por animal de una ración con 60% de heno de alfalfa y 40% de concentrado a base de cereales (Cuadro 17), con un contenido proteico de 16.2% y 2.6 Mcal de ED/kg de MS aproximadamente. Este sistema de

alimentación fue denominado “mixto”. El grupo B, fue alimentado únicamente con concentrado de cereales y heno de alfalfa en la proporción antes mencionada, recibiendo 2.5 kg de la mezcla por animal en dos periodos uno por lo mañana (9:00 a.m) después del ordeño y otro por la tarde (4:00 p.m.), los animales permanecieron en estabulación durante todo el periodo experimental.

Cuadro 17. Ingredientes del concentrado.

| Ingrediente | Porcentaje de inclusión |
|-----------------------|-------------------------|
| Maíz rolado | 52.04 |
| Salvado | 7.45 |
| Cebada | 11.15 |
| Soya y gluten | 3.71 |
| Fósforo al 18% | 8.92 |
| Sal | 7.43 |
| Minerales y vitaminas | 9.30 |

Los animales fueron adaptados durante 15 días al manejo y sistema de alimentación; ordeñándose manualmente una vez al día (7:30 a.m). A partir del día 16 y hasta el 20, las cabras fueron ordeñadas en grupo de acuerdo al tipo de alimentación, la leche de cada grupo fue colectada y filtrada mediante un paño desechable en recipientes por separado, formándose un “pool” el cual fue subdividido dentro de la quesería para seguir el procesamiento en crudo o con pasteurización.

V.3 ELABORACIÓN DEL QUESO EXPERIMENTAL

Dentro de la quesería, el total de la leche obtenida (20 litros) de cada grupo (A y B) fue dividida en dos; una primera porción (10 litros) de cada grupo fue pasteurizada a una temperatura de 63° C por 30 minutos, enfriándose rápidamente hasta 10° C. La segunda porción (10 litros) se procesó en crudo, colocándose la leche en recipientes por separado. Para iniciar el proceso de coagulación la leche se encontró a 28° C, se añadieron 260 ml de cultivo iniciador (suero de leche del día anterior) el cual contenía *Lactobacillus brevis* y

Lactobacillus plantarum en una concentración no conocida, además de 1 ml de cuajo enzimático comercial (Cuamex) y se mezcló vigorosamente. Después de 24 horas de haber cuajado la leche, se inició la separación del precipitado de caseína del suero (desuerado), a través de un paño de tela filtrando lentamente el material; el contenido total se dejó reposar por 72 horas; posteriormente la pasta resultante fue salada con 14 gramos de cloruro de sodio yodatado comercial (“La fina”) amasándose para permitir la distribución uniforme de la sal, finalmente se pesaron porciones de 100 g de queso, moldeándose manualmente en forma circular; este producto fue envasado con una envoltura doble de celofán y papel aluminio, rotulado y conservado en congelación a (- 4° C) por aproximadamente 15 días, para su posterior análisis (Figura 12). Al final de este proceso se obtuvieron cuatro tipos de quesos de 5 lotes diferentes (días de ordeño).

Tipo 1: queso de leche pasteurizada de animales alimentados en pastoreo con suplementación.

Tipo 2: queso de leche cruda de animales alimentados en pastoreo con suplementación.

Tipo 3: queso de leche pasteurizada de animales alimentados en estabulación.

Tipo 4: queso de leche cruda de animales alimentados en estabulación.

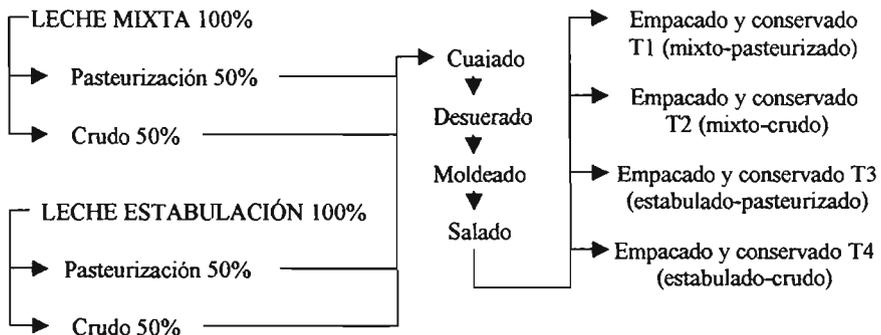


Figura 12. Elaboración de queso.

V.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Todos los análisis de laboratorio fueron trabajados por duplicado. La composición química del queso (humedad, proteína cruda y cenizas) fue determinada según la metodología del AOAC (1997).⁹⁴ El valor energético de las muestras fue determinado a través de calorimetría (1990).⁹⁵

V.5 DETERMINACIÓN DE MINERALES

La determinación de minerales fue realizada de acuerdo a la metodología señalada en el manual Perkin-Elmer 2000,⁹⁶ y a la metodología del AOAC (1997)⁹⁴ utilizando los Métodos Oficiales 969.32 para zinc, 985.35 para sodio, así como 991.25 para magnesio y calcio. Estas técnicas están basadas en la digestión húmeda de la muestra la cual se realizó sometiéndola a ebullición secuencial con ácido nítrico, perclórico y por último clorhídrico, con el propósito de extraer o desprender todos los minerales ligados a la materia orgánica, misma que debe ser oxidada por completo hasta CO₂ y óxidos de nitrógeno, para lograr así disolverlos totalmente promoviendo una recuperación eficaz. Posteriormente las muestras fueron leídas por medio de espectrofotometría de absorción atómica. Para la lectura de los minerales se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con detector de ionización de flama (FID), "PerkinElmer", modelo AAnalyst 800, con automuestreador. Las concentraciones finales fueron obtenidas a través de la sustitución de los valores de absorbancia y los factores de dilución dentro de una ecuación para regresión lineal.

V.6 DETERMINACIÓN DE AMINOÁCIDOS

La concentración de aminoácidos fue obtenida a través del Método ACCQ-TAG de Waters por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC).⁹⁷ Este método está basado en un reactivo derivatizador desarrollado específicamente para análisis de aminoácidos. El AccQ-tag fluor es un 6-aminoquilonil-N-hidroxisuccimonilil carbamato o AQC (reactivo derivatizante) que convierte aminoácidos primarios y secundarios en derivados estables de

ureas que fluorescen fuertemente a 395 nm, para la lectura se utilizó un cromatógrafo de líquidos marca Waters equipado con 2 bombas 510, automuestreador 717, un controlador de temperatura Millipore y un horno para columna con las siguientes características: Columna AccQ-TAG de alta eficiencia NOVA-PAK C18 de 4 μm ; se empleó una fase móvil con tres eluyentes buffer waters accq-tag, acetonitrilo y agua milli-Q grado HPLC. El tiempo total de la corrida fue de 60 min, los aminoácidos se leyeron con un detector de fluorescencia waters 470 con filtro 0.5, a una longitud de excitación de 250 nm, con una longitud de emisión de 395 nm, la temperatura de la columna fue de 37° C. El volumen de inyección fue de 5 μl . Los datos obtenidos fueron analizados con una estación de trabajo Millenium 2010.

V.7 DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS TOTALES

La determinación de lípidos totales se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Folch *et al.*, (1957)⁹⁸, La cual tiene como objetivo llevar a cabo una extracción de lípidos de la muestra con solventes orgánicos (cloroformo-metanol); seguida de una filtración y una serie de lavados utilizando nuevamente solventes; para posteriormente ser evaporados a sequedad con nitrógeno gaseoso, quedando únicamente el contenido graso de la muestra; para la cuantificación de este compuesto es necesario registrar el peso inicial y final de la muestra; siendo un resultado gravimétrico. El procedimiento se resume en la Figura 13.

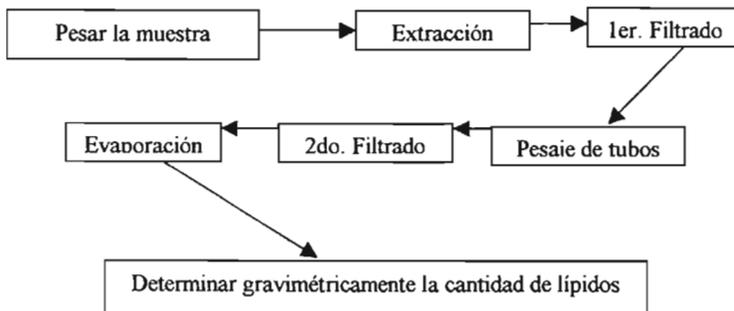


Figura 13. Determinación de lípidos totales

V.8 DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

Para esta determinación se emplea la muestra reconstituida que se obtuvo a través de la extracción propuesta por Folch (1957)⁹⁸; A partir de este paso se inició la metodología para ácidos grasos descrita en el método oficial 969.33 del AOAC (1997)⁹⁴. Donde plantea una saponificación inicial, seguida de una metilación empleando trifluoruro de boro en metanol al 14% para agregar un grupo metilo a cada ácido graso, finalmente se separan los compuestos (orgánico e inorgánicos) a través del uso de un solvente orgánico (hexano) y una solución saturada (NaCl) la cual favorece la separación de dichas fases, el proceso continua con tres lavados empleando hexano, es importante señalar que durante este proceso se agrega 1 ml de estándar interno (ácido miristólico a una concentración conocida), para finalmente evaporar el solvente con nitrógeno gaseoso y obtener los ácidos grasos metilados, los cuales son reconstituidos con hexano y colocados en viales de 1 ml para cromatografía de gases previamente identificado. Este proceso se ilustra en la Figura 14. Para la lectura del perfil de ácidos grasos se inyectó 1 µl en un cromatógrafo de gases marca Varian CP-3380 con detector de ionización de flama (FID) con las siguientes características: con columna capilar DB 23 con una película PEG como fase estacionaria de 0.25 µm, una longitud de 30 m y diámetro interno de 0.25 mm, automuestreador CP 8400, con una temperatura de inyección de 250° C, la temperatura del detector fue de 300° C; la temperatura de la columna inicia a 120° C, va aumentando 10° C por minuto hasta 200° C; continuando con un incremento de 5° C hasta los 220° C para finalmente alcanzar 230° C, pero esta vez con un incremento de 4° C /min. El tiempo total de retención es de 20 minutos. Se utiliza como gas acarreador nitrógeno y una de mezcla de estándares Supelco FAME mix C4-C24 #18919-1AMP.

La mezcla de estándares (Supelco FAME mix C4-C24 #18919-1AMP) fue empleada con la finalidad de conocer los tiempos de retención de cada compuesto, para poder identificar los picos de la muestra expresados a través de un cromatograma, los cuales deben coincidir con el estándar, este procedimiento fue integrado en el programa Star Chromatography workstation versión 6.30 Varian Associates, Inc.

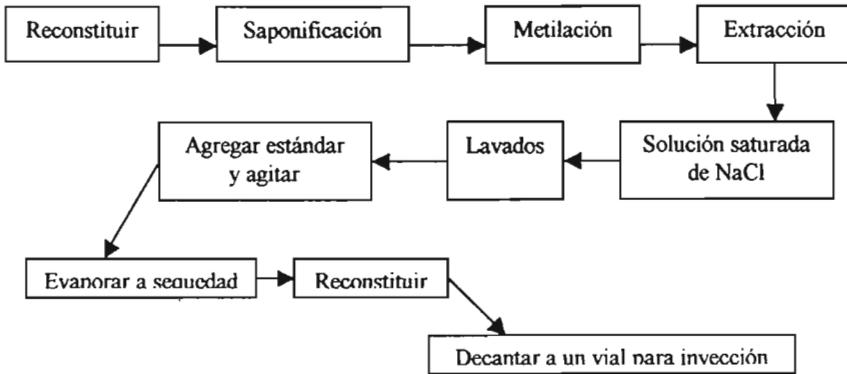


Figura 14. Determinación de ácidos grasos

V.9 DETERMINACIÓN DE COLESTEROL

La determinación de colesterol se llevó a cabo mediante la técnica propuesta por Fenton y Sim (1991)⁹⁹ la cual tiene como fundamento la saponificación directa de éste esterol utilizando etanol, hidróxido de potasio (KOH) al 40% y 100 μ l de estándar interno (α -colestano a una concentración conocida); seguida de la extracción del compuesto con el uso de agua desionizada y hexano, se realizan 2 lavados con el mismo solvente, una vez terminados se evapora con nitrógeno gaseoso. Finalmente se reconstituye la muestra con heptano °HPLC como se resume en la Figura 15.

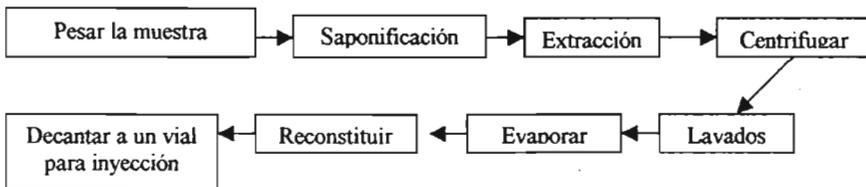


Figura 15. Determinación de colesterol

Para la lectura se inyectó 1 µl en un cromatógrafo de gases marca Varian 3,400x con detector de ionización de flama (FID) con las siguientes características: columna capilar DB-5 con una película de 1 µm de 5% de fenil-metil polisiloxanos, con una longitud de 3 metros y un diámetro interno de 0.25 mm; un automuestrador 8200CX. La temperatura del inyector fue de 280° C, la temperatura del detector de 300° C y la de la columna inició a 180° C con un incremento de 40° C por minuto hasta alcanzar los 290° C, manteniéndose esta temperatura por 1.25 minutos teniendo un tiempo de retención total de 5 minutos. Se utilizó como gas acarreador Nitrógeno. Los datos obtenidos fueron procesados en una estación de trabajo equipada con un software Chromatography workstation versión 4.51,1996 Varian Associates, Inc.

V.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos (proteína, ceniza, energía, colesterol, aminoácidos, lípidos totales, minerales y ácidos grasos) de los quesos, se analizaron a través de un análisis de varianza, con un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 2x2, con dos tipos de alimentación (mixto y estabulado), dos diferentes tipos de tratamientos en la leche (pasteurizado y crudo) y 5 repeticiones. Las diferencias entre promedios fueron establecidas con una probabilidad de error menor al 0.05, mediante la prueba de Tukey. El análisis estadísticos de las variables estudiadas se realizó mediante los procedimientos PROC GLM, con apoyo del programa Statical Analysis System.¹⁰⁰

El modelo empleado fue:

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

Donde:

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

μ = media general

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

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

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

E_{ijk} = error aleatorio

VI. RESULTADOS

En el Cuadro 18 se presentan los valores proteicos, energéticos y de humedad entre otros, de los diferentes tipos de queso estudiados.

Cuadro 18. Algunos valores nutrimentales del queso de leche de cabra (g/100g de muestra fresca).

| Variables | Tipos de Quesos | | | |
|---------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Humedad | 54.2b ±2.48 | 59.5a ±2.40 | 58.8ab ±2.49 | 59.4a ±2.67 |
| Proteína cruda (N x 6.38) | 16.6* ±0.5 | 14.8 ±1.3 | 15.8 ±1.1 | 15.1 ±1.2 |
| Nitrógeno | 2.60 ± 0.08 | 2.48 ± 0.20 | 2.37 ± 0.18 | 2.33 ± 0.18 |
| Cenizas | 1.62 ±0.51 | 1.61 ±0.39 | 1.61 ±0.39 | 1.93 ±0.30 |
| Energía bruta (Mcal/ kg) | 2.49a ±0.06 | 2.24b ±0.15 | 2.28ab ±0.11 | 2.27ab ±0.12 |
| Lípidos | 15.33 ±2.06 | 12.90 ±2.57 | 13.60 ±2.13 | 12.50 ±1.62 |

a, b: literales distintas en la misma hilera indican diferencia estadísticas significativa ($P < 0.05$).

* Sin literal en la misma hilera indica que no existió diferencia estadística significativa ($P > 0.05$).

El contenido de humedad en el queso tipo 2 (59.4%) fue 9.6% superior al registrado en el queso tipo 1 (54.2%), siendo estadísticamente diferente ($P < 0.05$); afectando el contenido de materia seca, observándose que la pasteurización afectó esta variable. En este sentido, la concentración de proteína (16.6%) y lípidos totales (15.3%) en el queso T1 tendieron a ser superiores al resto de los productos, sin ser estadísticamente diferentes ($P > 0.05$).

Al analizar el contenido energético mediante el análisis de la varianza (Anexo 1), se encontró que existe interacción entre los factores ($P < 0.03$) con un bajo nivel de significancia, donde el queso T1 registró un contenido de 2.49 Mcal/kg siendo mayor

($P < 0.05$) respecto al tipo 2. Sin embargo, no fue diferente al resto de los productos. En este sentido, se observó marcadamente que la pasteurización elevó el valor energético ($P < 0.02$), sin observarse efecto del sistema de alimentación en los quesos tipo 1 y 2.

En el Cuadro 19. Se presenta el perfil de aminoácidos de los quesos estudiados; los resultados se encuentran distribuidos en aminoácidos esenciales y no esenciales, así como totales para cada grupo.

Cuadro 19. Aminoácidos en el queso de cabra (g/100g).

| Aminoácidos | Tipos de quesos | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Esenciales | | | | |
| Isoleucina | 0.66* | 0.58 | 0.64 | 0.60 |
| Leucina | 1.23 | 1.07 | 1.17 | 1.05 |
| Lisina | 1.27a | 1.06ab | 1.18ab | 1.04b |
| Metionina | 0.34 | 0.29 | 0.32 | 0.29 |
| Fenilalanina | 0.70 | 0.63 | 0.65 | 0.62 |
| Valina | 0.86 | 0.77 | 0.82 | 0.78 |
| Treonina | 0.51 | 0.43 | 0.44 | 0.44 |
| Histidina | 0.44a | 0.34b | 0.37ab | 0.33b |
| Triptofano | ND | ND | ND | ND |
| Total | 6.01 | 5.17 | 5.59 | 5.16 |
| No esenciales | | | | |
| Cisteína | 0.07a | 0.05b | 0.05b | 0.05b |
| Tirosina | 0.73a | 0.61b | 0.67ab | 0.64ab |
| Arginina | 0.55a | 0.47b | 0.51ab | 0.47b |
| Alanina | 0.41a | 0.34b | 0.36ab | 0.33b |
| Ácido aspártico | 1.04a | 0.85b | 0.98a | 0.88b |
| Ácido glutámico | 2.55a | 2.31ab | 2.43ab | 2.21b |
| Glicina | 0.26a | 0.19b | 0.24a | 0.17b |
| Prolina | 1.59a | 1.12c | 1.36b | 1.30bc |
| Serina | 0.70a | 0.58b | 0.63ab | 0.58b |
| Total | 7.90a | 6.52b | 7.23ab | 6.64b |
| Aminoácidos totales | 13.91a | 11.69b | 12.82ab | 11.80b |

a, b, c: literales distintas en la misma hilera indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

*Sin literal en la misma hilera indica que no existió diferencia estadística significativa ($P > 0.05$).

ND=No determinado

En este sentido se observa que para los aminoácidos esenciales, únicamente se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en lisina e histidina, sin embargo en el análisis de varianza no se observó interacción de los factores. La concentración de lisina fue más alta en el queso tipo 1 (1.27%); que en el queso tipo 4 (1.04%). La histidina fue mayor ($P < 0.05$) en el queso tipo 1 (0.44%) respecto al queso tipo 2 (0.34%).

Por otra parte, la concentración de aminoácidos no esenciales fue más dinámica, mostrando diversas variaciones; las cuales a través del análisis estadístico pudieron agruparse mayoritariamente a favor del queso tipo 1, sobre todo cuando se comparan con los quesos tipo 4 y 2; donde la leche no fue pasteurizada. Sin embargo, es importante observar con detenimiento los resultados, ya que estos son muy similares a los encontrados en el queso tipo 3, donde el manejo alimenticio fue en estabulación y la leche pasteurizada.

Mediante el análisis de la varianza se encontró interacción de los factores en las concentraciones de cisteína ($P < 0.0001$) y prolina ($P < 0.0004$); además se observó que el sistema de alimentación mixto modificó el primer aminoácido, por su parte la pasteurización eleva significativamente los valores de ambos elementos (Anexo 1).

Al analizar la concentración total de aminoácidos; se pudo observar que en promedio los quesos analizados registraron un valor de 12.55 mg/100g. Se observó que la concentración en el queso T1 (13.90 mg/100g), fue superior y estadísticamente diferente ($P < 0.05$) a los valores del queso tipo 2 y 4.

A continuación se presentan las concentraciones de zinc, calcio, sodio y magnesio de los cuatro tipos de quesos estudiados (Cuadro 20). Los mayores resultados se registraron en los quesos T2 y T4, los cuales fueron elaborados con leche cruda; Al analizar individualmente los resultados de sodio, podemos observar que éstos oscilaron en un intervalo de 419 y 577 mg/100g de muestra, registrando diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) a favor del T4 sobre el queso T1 y T3, pero no sobre el queso T2.

Cuadro 20. Algunos elementos minerales en el queso de cabra (mg/100g)

| Elementos | Tipos de quesos | | | |
|-----------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Zinc | 0.50b ±0.08 | 0.58ab ±0.01 | 0.50b ±0.02 | 0.60a ±0.04 |
| Calcio | 81.3b ±5.2 | 95.0a ±3.4 | 84.7b ±2.2 | 100a ±2.9 |
| Magnesio | 10.8b ±0.4 | 10.9ab ±0.2 | 11.4ab ±0.3 | 11.4a ±0.3 |
| Sodio | 419.1c ±35.2 | 557.1ab ±52.9 | 502.9b ±23.3 | 577.8a ±9.3 |

a, b, c: literales distintas en la misma hilera indican diferencia estadísticas significativa ($P < 0.05$).

En los Cuadros 21, 22, 23 y 24, se presentan los resultados de la composición lipídica del queso de cabra.

Las concentraciones totales de ácidos grasos se resumen en el Cuadro 21; se encuentran clasificados en saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y las proporciones correspondientes a las series omega 3 y 6, además del contenido de colesterol. En el Anexo 1 se muestran los cuadros del análisis de varianza, donde se observan las interacciones de los factores con diferente nivel de significancia en las concentraciones de los elementos del Cuadro 21, excepto para el colesterol.

Cuadro 21. Concentración total de ácidos grasos en los quesos de cabra (g/100g)

| Variables | Tipos de quesos | | | |
|--|-----------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ácidos grasos totales | 4.63ab | 4.33c | 4.55b | 4.69a |
| Saturados | 3.18ab | 2.96c | 3.13b | 3.25a |
| Monoinsaturados | 1.21a | 1.12c | 1.14bc | 1.18ab |
| Poliinsaturados | 0.24c | 0.24c | 0.27a | 0.25b |
| Omega 3 | 0.057a | 0.050b | 0.051b | 0.050b |
| Omega 6 | 0.16c | 0.17b | 0.19a | 0.17b |
| Relación entre $\omega 6$: $\omega 3$ | 2.77* | 3.33 | 3.81 | 3.38 |
| Colesterol (mg/100g) | 93.2a | 80.4b | 87.5ab | 82.1ab |

a, b, c: literales distintas en la misma hilera indican diferencia estadísticas significativa ($P < 0.05$).

* Sin literal en la misma hilera indica que no existió diferencia estadística significativa ($P > 0.05$).

El queso T4 (4.63%) obtenido de estabulación con leche cruda, donde el análisis de varianza muestra efecto tanto del sistema de alimentación como del tratamiento de la leche, fenómeno que se observa al comparar éste tipo con los quesos tipos 2 y 3, los cuales fueron inferiores ($P < 0.05$).

Con respecto a los ácidos grasos saturados y monoinsaturados el queso T4 y T1 mostraron las mayores concentraciones, siendo similares ($P > 0.05$), por su parte, el queso T2 mostró la

menor concentración, siendo inferior a los demás tipos. A través del análisis de la varianza se observó que el sistema de alimentación sólo modificó la concentración de AG saturados ($P<0.0002$), por el contrario los AG monoinsaturados solamente fueron afectados ($P<0.01$) por el tratamiento de la leche.

Con respecto a los ácidos grasos poliinsaturados, el queso tipo 3 tuvo el mayor ($P<0.05$) contenido (0.27 g/100g), siendo superior a los demás tipos. Se observó efecto significativo ($P<0.0001$) tanto del sistema de alimentación como del tratamiento de la leche sobre éstos elementos.

Con relación al total de AG $\omega 3$ el queso tipo 1 (0.057%) fue superior ($P<0.05$) a los demás tipos; en contraste, se encontró en el mismo producto la menor concentración de ácidos grasos $\omega 6$, observándose que el queso obtenido de un sistema mixto y pasteurizado tiene una menor proporción de ácidos grasos $\omega 6$ por cada $\omega 3$. A través del análisis de varianza se observó que existe interacción de los factores ($P<0.0001$) sobre el contenido de AG $\omega 3$, $\omega 6$, así como en la relación que guardan éstos elementos, además de efecto por el sistema de alimentación y el tratamiento de la leche.

Al analizar el contenido de colesterol en los diferentes tipos de quesos el T1 registró un contenido de 93.2 mg/100g, siendo mayor ésta concentración ($P<0.05$) respecto al tipo 2. Sin embargo, al resto de los productos no registro diferencia estadística ($P>0.05$). En este sentido el sistema de alimentación no ejerce efecto sobre éste parámetro, en cambio la pasteurización aumenta la concentración de éste significativamente ($P<0.008$) sin que exista interacción entre los factores principales.

En el Cuadro 22 se muestra la concentración de ácidos grasos saturados de los cuatros tipos de quesos.

Cuadro 22. Ácidos grasos saturados en los quesos de cabra (mg/100g)

| No. de carbonos y Nombre común | Nombre sistemático | Tipos de quesos | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4:0 Butírico | Butanoico | 0.38c | 0.57b | 0.78a | 0.84a |
| 6:0 Caproico | Hexanoico | 0.79a | 0.634b | 0.34c | 0.24c |
| 8:0 Caprílico | Octanoico | 6.1b | 8.7a | 4.9c | 4.4d |
| 10:0 Cáprico | Decanoico | 268.1a | 164.5c | 234.6b | 226.4b |
| 11:0 Undecilico | Undecanoico | 1.7c | 1.9c | 2.5a | 2.3b |
| 12:0 Láurico | Dodecanoico | 261a | 220bc | 201c | 235b |
| 13:0 Tridecilico | Tridecanoico | 3.1a | 2.5c | 2.7b | 2.4c |
| 14:0 Mirístico | Tetradecanoico | 476b | 460b | 611a | 627a |
| 15:0 Pentadecilico | Pentadecanoico | 43bc | 41c | 48a | 45ab |
| 16:0 Palmítico | Hexadecanoico | 1603b | 1551b | 1584b | 1668a |
| 17:0 Margárico | Heptadecanoico | 45a | 43ab | 39c | 42b |
| 18:0 Estearico | Octadecanoico | 437a | 440a | 369b | 367b |
| 20:0 Araquídico | Eicosanoico | 17a | 15b | 16a | 16a |
| 21:0 Heneicosanoico | Heneicosanoico | 4.7a | 3.5c | 3.3c | 3.8b |
| 22:0 Behenico | Docosanoico | 7.3a | 5.6b | 5.9b | 5.6b |
| 23:0 Tricosanoico | Tricosanoico | 4.4a | 3.6b | 4.7a | 3.2b |
| 24:0 Lignocerico | Tetracosanoico | 4.5a | 3.6b | 3.4b | 3.6b |

a, b, c: literales distintas en la misma hilera indican diferencia estadísticas significativa ($P < 0.05$).

Con relación a la concentración de los ácidos grasos C4:0-C10:0; se encontró que existe una gran variación; la cual se vió reflejada en el análisis estadístico, ya que no hubo un patrón constante a favor de ningún tipo de queso. Sin embargo mediante el análisis de la varianza (Anexo 1) se encontró que existe interacción de los factores para el ácido butírico

($P < 0.026$) así como para los ácidos caproico, caprílico y cáprico ($P < 0.0001$), mostrándose que para el primer ácido grasos existió además efecto tanto por el sistema de alimentación como por el tratamiento de la leche, a diferencia de los últimos tres que sólo registraron efecto por el tratamiento de la leche

Al analizar el comportamiento de los ácidos grasos saturados del carbono 12 al 18; se pueden señalar algunas características principalmente en las concentraciones de los ácidos grasos láurico, mirístico, palmítico y esteárico. Los resultados para el primero fueron más altos en el queso mixto-pasteurizado (tipo 1), siendo estadísticamente diferente ($P < 0.05$) al resto de los quesos, observándose interacción ($P < 0.0001$) de los factores (Anexo 1). En relación a los ácidos mirístico a través del análisis de varianza (Anexo 1) se observó que no existe interacción de los factores ($P > 0.05$), en contraste con el ácido palmítico ($P < 0.0001$); las concentraciones más altas fueron encontradas en el queso tipo 4, siendo estadísticamente diferente ($P < 0.05$) a los quesos tipo 1 y 2. Por su parte, al analizar la concentración de esteárico, se puede observar que este comportamiento es inverso, donde los quesos 1 y 2 registraron los valores más altos ($P < 0.05$), siendo diferentes a los quesos tipo 3 y 4, elaborados con leche de animales alimentados en estabulación.

Las concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados detectados en los quesos estudiados (Cuadro 23), muestran una tendencia a favor del queso tipo 1. Al observar particularmente la concentración de ácido oleico el análisis de varianza (Anexo 1) muestra que existe interacción de los factores ($P < 0.0001$); se destaca que los quesos tipo 1 y 4 tuvieron la mayor cantidad, siendo estadísticamente similares ($P > 0.05$), entre sí y distintos ($P < 0.05$) de los quesos T2 y T3.

Cuadro 23. Ácidos grasos monoinsaturados en los quesos de cabra (mg/100g)

| No. de carbonos y Nombre común | Nombre sistemático | Tipos de quesos | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15:1 | cis10-pentadecenoico | 18.5a | 14.7c | 17.3b | 17.1b |
| 16:1 Palmitoleico | cis9-hexadecenoico | 37.8a | 32.2c | 37.7a | 35.1b |
| 17:1 | cis10-heptadecenoico | 16.2b | 18.4a | 14.6c | 15.2c |
| 18:1 Oleico | cis9-octadecenoico | 1134a | 1054c | 1068bc | 1105ab |
| 20:1 Eicosanoico | cis11-eicosanoico | 5.3b | 3.9c | 5.8a | 5.4b |
| 22:1 Erucico | cis-13-docosenoico | 1.7a | 1.4b | 1.3c | 1.3bc |
| 24:1 Nervónico | cis-tetracosenoico | 0.60b | 0.47c | 0.61b | 0.67a |

a, b, c: literales distintas indican diferencia estadísticas significativa ($P < 0.05$).

Como parte del perfil lipídico del queso de cabra, a continuación se presentan los resultados de los ácidos grasos poliinsaturados (Cuadro 24).

Cuadro 24. Ácidos grasos poliinsaturados en los quesos de cabra (mg/100g)

| No. de carbonos y nombre común | Nombre sistemático | Serie | Tipos de quesos | | | |
|-----------------------------------|--|-------|-----------------|------|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18:2 Linoleico (LA) | cis-9,12-octadecadienoico | ω6 | 131c | 142b | 163a | 140b |
| 18:2 Linoleaidico | trans-9,12-octadecadienoico | - | 15c | 15c | 24b | 28a |
| 18:3 Alfa-linolénico (ALA) | cis-9,12,15- octadecatrienoico | ω3 | 40a | 38b | 35c | 36c |
| 18:3 Gama-linolenico | cis-6,9,12-octadecatrienoico | ω6 | 9.2a | 8.4b | 8.5b | 7.9b |
| 20:2 | cis-11,14-eicosadienoico | - | 4.6a | 3.5c | 4.3b | 4.7a |
| 20:3 homo-γ-linolenico | cis-8,11,14-eicosatrienoico | ω6 | 4.1a | 3.4c | 3.6b | 3.3c |
| 20:3 | cis-11,14,17-eicosatrienoico | ω3 | 8.5a | 5.9c | 7.5b | 6.1c |
| 20:4 Araquidónico (AA) | cis-5,8,11,14- eicosatetraenoico | ω6 | 13c | 13c | 17a | 14b |
| 20:5 Timnodónico (EPA) | cis-5,8,11,14,17- eicosapentaenoico | ω3 | 5.4a | 3.6d | 4.7b | 4.3c |
| 22:2 | cis-13,16-docosadienoico | - | 4.2a | 1.5d | 3.8b | 3.5c |
| 22:6 Cervónico (DHA) | cis-4,7,10,13,16,19- docosahexaenoico | ω3 | 3.1b | 2.7c | 3.5a | 3.4a |

a, b, c, d: literales distintas en la misma hilera indican diferencia estadísticas significativa (P<0.05).

Los productos más relevantes en esta clasificación son los ácidos grasos omega 3 y 6; en éstos la mayor concentración se encontró en los quesos tipo 1 y 3. Entre los omegas 3, se encontraron interacciones con diferentes niveles de significancia (Anexo 1) para todos los ácidos que conforman ésta familia. Los ácidos alfa-linolénico (ALA) y timnodónico (EPA) registraron las más altas concentraciones en el queso tipo 1; siendo estadísticamente diferentes (P<0.05) al resto de los productos. En relación al ácido cervónico (DHA), la cantidad fue más alta (P<0.05) en los quesos tipos 3 y 4, respecto del tipo 1 y 2. A través del análisis de varianza se observó que los productos obtenidos a partir del sistema mixto presentarán mayor cantidad de ALA, sin embargo éste ácido graso no se verá afectado por

RESULTADOS

el tratamiento de la leche; a diferencia de éste el contenido de EPA mejoró en los quesos obtenidos de leche pasteurizada. Con respecto a las concentraciones de DHA éstas fueron afectadas por el sistema de alimentación en estabulación y por el tratamiento térmico.

La mayor cantidad de linoleico (LA), gama-linoleico, homo-gama-linolenico, y araquidónico (AA) correspondientes a la serie omega 6, se encontró en los quesos tipo 1 y 3. Con respecto al contenido de LA y AA se encontró a través del análisis de varianza que los productos obtenidos de estabulación y pasteurizados (tipo 3) tuvieron la mayor concentración ($P < 0.05$), además de observarse interacción entre los factores (Anexo 1), en contraste el ácido gama-linoleico y homo-gama-linolenico se presentaron en mayor proporción en productos de sistema mixto, encontrándose únicamente interacción en el caso del ácido homo-gama-linolenico, como se señala en el Anexo 1.

VII. DISCUSIÓN

El contenido de humedad de las muestras estudiadas, fue en promedio de 57.9%, valor que permite identificar a estos productos como quesos suaves; de acuerdo con la clasificación de Norma Oficial Mexicana 121⁶⁰; Haenlein, 1992⁶¹; Kosikowski y Mistry, 1997⁶²; Madrid, 1996⁶³.

Buffa y colaboradores, 2001⁶⁹ no encontraron efecto sobre el contenido de humedad del queso al ser elaborado con leche cruda (52.6%) y pasteurizada (53.0%) a pesar de ser productos madurados por 60 días, tiempo en el cual se observa gran pérdida de agua; a diferencia de lo encontrado en éste estudio, en el cual a través del análisis de varianza se pudo encontrar que si existe efecto debido a éste factor.

Por su parte, Kosikowski y Mistry, 1997⁶², Park, 2000³⁸, Soryal *et al.* 2004¹⁰¹ y Mehaia, 2002¹⁰² reportaron un porcentaje de humedad promedio 61.4% para el queso de cabra clasificado como suave; resultado cercano al encontrado en los quesos tipo 2 y 4.

Asimismo Park en 1999⁶⁸, analizó cinco variedades de quesos de cabra nacionales e importados dentro de los E.U., encontrando para esta variable un valor promedio de 67.5%, superior a cualquiera de los productos estudiados. Esta variación, se debió quizá a los tiempos de maduración, así como al tipo y tiempo de desuerado.³⁷

Con relación a la concentración de proteína y lípidos, Soryal y colaboradores en 2004¹⁰¹, determinaron éstas variables en dos tipos de queso de cabra clasificados como suaves, comparando el efecto de diferentes sistemas de alimentación. Formaron dos grupos de animales, el primero fue alimentado en estabulación con una dieta a base de heno de alfalfa y concentrado de cereales; el segundo grupo fue conducido en pastoreo sobre 8 variedades de forrajes (trigo, centeno, trébol, pasto sudan y pasto nativo), además de recibir concentrado, sistema que denominaron “dieta mixta”. A través del análisis de las variables encontraron una concentración de proteína de 15.0 y 14.0% para cada dieta, así como un 14.5 y 14.0% de grasa respectivamente, sin registrarse efecto significativo, concluyeron que el sistema de alimentación no ejerce efecto sobre éstas variables. En este sentido, al analizar los resultados obtenidos para los quesos tipo 1 (mixto-pasteurizado) y 3 (estabulado-

pasteurizado), el contenido proteico fue de 16.6 y 15.8%, sin ser estadísticamente diferentes. En relación al contenido de lípidos esta tendencia fue similar, ubicándose en 15.3 para el queso tipo 1 y en 13.6% para el queso tipo 3; en éste estudio se encontró que el sistema de alimentación no afecta la concentración de proteína y grasa, en concordancia con Soryal *et al*, 2004.¹⁰¹ Por su parte Mehaia, 2002¹⁰² al estudiar quesos suaves de cabra tipo “Domiat”, reportó valores muy similares a los encontrados por Soryal *et al*, 2004¹⁰¹ y por éste estudio para las mismas variables, sin embargo no describe el sistema de alimentación de los animales. En contraste Park en 1990¹⁰³ y 1999⁶⁸, obtuvo un contenido de grasa y proteína en queso de cabra fresco de 20.1 y 18.9% respectivamente, siendo valores superiores a los reportados en los tres estudios anteriores.

Ramanzin y colaboradores, 1997¹⁰⁴ señalaron que el sistema de alimentación modifica el contenido de grasa, debido al incremento en la cantidad de concentrado dentro de la ración, en contraste con lo reportado por Soryal *et al*, 2004¹⁰¹ y con lo obtenido en éste estudio.

Por otra parte, en relación con el contenido de grasa en los productos lácteos caprinos Andrikopoulos *et al*. 2003¹⁰⁵ señalaron, que los quesos grasos, son aquellos que tienen una relación grasa:proteína mayor a 1.5; denotando que los quesos de origen griego en general se clasifican dentro de éstos parámetros, especialmente el queso Manouri el cual es adicionado con crema, registrando una relación de 6.77, en contraste con los quesos Feta y Teleme ambos suaves, que conservan una relación de 1.29-1.68. En los quesos estudiados, se encontró una relación de entre 0.82 y 0.92; caracterizándose como productos con un bajo contenido de grasa, siendo el T1 el que muestra la mayor relación en comparación con los otros tipos.

Del contenido energético, de los 4 tipos de quesos estudiados, se puede comentar que la concentración más elevada T1 (2.49 Mcal/kg), fue muy inferior en comparación con los productos estudiados por Posati y Orr, 1976³⁹; Kosikowski y Mistry, 1997⁶² donde el queso de cabra fresco registra un contenido energético de 2.68 Mcal/kg. Por su parte Andrikopoulos *et al*. 2003¹⁰⁵ señaló que los quesos tipo Teleme y Feta registraron un valor energético de entre 2.7 y 3.5 Mcal/kg, en contraste Gambelli, *et al*. 1999¹⁰⁶ reportó que el

queso fresco de cabra contiene 2.15 Mcal/kg, siendo un valor inferior al encontrado en los cuatro tipos de queso estudiados, así como en los reportes de los anteriores autores.

La concentración promedio total de aminoácidos en este estudio fue de 12.55 g/100, resultando muy inferior al compararla con los reportes de Kosikowski y Mistry, 1997⁶² quienes señalaron una concentración total de 16.7 g/100g de muestra. Al comparar el promedio obtenido de los cuatro tipos de quesos con lo reportado por Gambelli *et al.* 1999¹⁰⁶ y Franco *et al.* 2003¹⁰⁷; 8.75 y 9.03 g/100 g respectivamente, éstos últimos fueron muy inferiores. El mismo comportamiento se observó al estudiar los aminoácidos esenciales y no esenciales, donde Posati y Orr, 1976³⁹, así como Kosikowski y Mir 1997⁶² reportaron concentraciones de 7.5 y 9.2 g/100g respectivamente, siendo superiores a lo observado por Gambelli *et al.* 1999¹⁰⁶ y Franco *et al.* 2003¹⁰⁷, quienes reportaron 3.63 y 5.24 g/100g de aminoácidos esenciales y no esenciales. Esta variación se debió quizás a los diferentes niveles de proteína encontrados por cada autor.

De acuerdo con Franco *et al.* 2003¹⁰⁷ la degradación de proteína en aminoácidos, se lleva a cabo por acción enzimática de las bacterias presentes en el queso (proteolisis). Donde, la leucina, valina, prolina y el ácido glutámico son los aminoácidos más abundantes, cuando los lactobacilos y lactococos inducen la cuajada. Fenómeno que se presenta en este estudio, de acuerdo con los valores del Cuadro 19.

Inda en 2000³⁴, señaló que durante la pasteurización, se da un proceso normal de descalcificación parcial de las caseínas, disminuyendo la concentración de calcio, entre otros elementos, fenómeno que se presentó en los quesos tipo 1 y 3 elaborados con leche pasteurizada; los cuales en comparación con los quesos tipo 2 y 4 son inferiores en la concentración de calcio y zinc como se observa en el Cuadro 20. Con respecto a la concentración de calcio Park, 2000³⁸, 1990¹⁰³, Posati y Orr, 1976³⁹; Kosikowski y Mir, 1997⁶² así como Gambelli *et al.* 1999¹⁰⁶, señalaron que el queso de cabra suave presenta concentraciones en promedio de 146 mg/100g valores muy superiores a los encontrados en éste estudio para los cuatro tipos de queso. Con respecto al contenido de zinc, magnesio y sodio éstos mismos autores obtuvieron concentraciones similares a las encontradas en éste estudio (0.8, 12.21 y 354 mg/100 g respectivamente).

Por su parte González, 2002⁶⁴ señaló, en relación al contenido de sodio en el queso, que éste puede presentar gran variabilidad debido a que es generalmente añadido para mejorar algunas características del producto, además menciona que las concentraciones se encontrarán influenciadas a causa de la distribución de dicho elemento dentro de la cuajada, procedimiento que es llevado a cabo manualmente durante el amasado de la pasta.

Acerca del contenido de colesterol en los quesos de cabra, se puede mencionar que estas concentraciones presentan variaciones de acuerdo con el tipo de clasificación del producto (suaves, semi-duros y duros). En este sentido Park, 1999⁶⁸ analizó 15 variedades de quesos de cabra, encontrando concentraciones de colesterol de 81, 125 y 146 mg/100g, respectivamente. Un año más tarde este mismo autor, señaló que el queso natural contiene 121 mg/100g; además comenta que estos resultados fueron obtenidos, a través de colorimetría señalando que esta técnica puede sobre estimar dichas concentraciones, sugiriendo el análisis a través de cromatografía de gases. Dicha recomendación fue seguida en este estudio, obteniendo concentraciones de 80 y 90 mg de colesterol por cada 100 gramos de producto fresco; estos valores fueron similares a los reportados por Ulberth y Reich, 1992¹⁰⁸ al investigar el queso Emmental (89 mg/100g). Por el contrario, Chin en 1991¹⁰⁹ señala que el contenido de este tipo de productos es de 110 mg/100g.

De manera contrastante, se observa que las concentraciones en el queso Cheddar, reportadas por Hamill y Soliman, 1994¹¹⁰ y Stewart *et al.* 1992¹¹¹ fueron inferiores, con valores de entre 71 y 77 mg/100g de colesterol. Por su parte, Andrikopoulos *et al.* 2003¹⁰⁵ hallaron un contenido de 68 mg /100g de colesterol en los quesos suaves tipo Feta y Teleme, valores muy inferiores frente al queso tipo 1 (93.2 mg/100g)

Andrikopoulos *et al.* 2003¹⁰⁵ señalaron que no existe una relación directamente proporcional entre el contenido de grasa y la cantidad de colesterol. Reportando que los quesos suaves Feta y Teleme presentan una relación colesterol:grasa de 2.87 y 2.47 respectivamente. Al comparar estos resultados con los obtenidos en este estudio, se observa que la relación fue de 6.08-6.58, siendo el T1 el que presenta la menor relación. A pesar de que el contenido de lípidos en los quesos griegos, es superior al obtenido en éste estudio, la

relación colesterol:grasa es inferior, observándose que el queso con una elevada cantidad de grasa no necesariamente tendrá una elevada concentración de colesterol y viceversa.

Asimismo estos autores mencionaron, que el contenido de grasa y colesterol pueden variar debido al proceso y tratamiento que sufra la leche durante la elaboración del queso, en particular por la cantidad de suero que se pierda.

Park, 1999⁶⁸; Jensen, 2001¹¹²; Chapkin, 2001¹¹³; Bauchart, 1993⁸² y Banskalieva *et al.* 2000¹¹⁴; señalaron que a nivel mundial el consumo de grasa y colesterol se ha incrementado, en los últimos años convirtiéndose en un riesgo para la salud, debido a que eleva la probabilidad de enfermedades coronarias; por su parte, la organización mundial de la salud, reporta que un consumo de 300 mg de colesterol al día, no aumenta los niveles del esteroles en sangre, señalando que el consumo de quesos frescos no representa un riesgo en el incremento de estos padecimientos; los cuales están estrechamente vinculados con otros trastornos como el tabaquismo, hipertensión y obesidad entre otros.

Carpino *et al.* 2004¹¹⁵ no encontraron diferencias significativas en el total de ácidos grasos; a diferencia éstos autores, Soryal *et al.* 2004¹⁰¹ encontraron que el queso de cabra obtenido de un sistema de alimentación mixto contenía mayor concentración de ácidos grasos totales (0.44 g/100g) en comparación con el obtenido de estabulación (0.42 g/100g). En contraste, en éste estudio se observó que la mayor concentración de éstos elementos se encuentra en los quesos tipo 3 y 4, ambos obtenidos de estabulación.

Elliott *et al.* 1989¹¹⁶ y Kin y Lindsay 1990¹¹⁷ mencionaron que las concentraciones de ácidos de cadena corta (C:4 a C:11) se pueden ver afectadas dentro del análisis de laboratorio, debido a algunos factores en la preparación de la muestra, además cabe mencionar que son muy volátiles y por lo tanto se encontrarán valores poco consistentes, sin embargo, señalan que se han desarrollado técnicas para mejorar la extracción de dichos compuestos, logrando disminuir el error hasta un 10%. En este sentido las concentraciones encontradas por Kin y Lindsay, 1990¹¹⁷ fueron de 0.98 g/100g siendo muy superiores a los resultados de éste estudio, que estuvieron entre 0.18 y 0.28 g/100g. En contraste Martín-Hernández, *et al.* 1992¹¹⁸ reportaron concentraciones de 0.12 g/100g para queso de cabra fresco, valor inferior al reportado en éste estudio.

Carpino *et al.* 2004¹¹⁵ señalaron que las concentraciones de ácidos grasos de cadena mediana (C12 a C18) en queso de vacas alimentadas bajo pastoreo se vieron influenciadas significativamente debido al sistema de alimentación señalando que la razón de éstas diferencias aún no es clara; en éste estudio se observó un comportamiento similar, en el cual en general el queso T1, presentó mayor concentración de éstos elementos.

Franco *et al.* 2003¹⁰⁷ y Mallatou *et al.* 2003¹¹⁹ evaluaron el contenido de ácidos grasos en el queso Babia-Laciana y Teleme ambos elaborados con leche de cabra pasteurizada, con la adición de cultivos iniciadores, cuajo sintético además de la inmersión del queso en una solución de cloruro de sodio por más de 16 horas; obteniendo una concentración de 4.9 y 4.6 mg/100g de ácido láurico (C:12), 2.3 y 5.4 mg/100g de ácido mirístico (C:14), así como 7.3 y 8.9 mg/100g de ácido palmítico (C:16), respectivamente. En este sentido, al observar los resultados obtenidos en los 4 tipos de quesos en éste estudio; las concentraciones de láurico, mirístico y palmítico fueron superiores a las reportadas por los anteriores autores, probablemente debido al tipo de salado que se utilizó, como lo señalaron Pavia *et al.* 2000¹²⁰ quienes mencionaron que la sal reduce e incluso llega a inhibir la actividad de la lipoprotein lipasa, enzima involucrada en la lipólisis del producto, reflejándose en una baja concentración de ácidos grasos libres, fenómeno observado principalmente en quesos salados mediante inmersión.

En contraste Martín-Hernández y colaboradores en 1992¹¹⁸ evaluaron queso fresco elaborado con leche de cabra pasteurizada, con la adición de cuajo natural; encontrando concentraciones de 37.5, 50.7 y 135.4 mg/100g para láurico, mirístico y palmítico respectivamente, siendo muy superiores a las reportadas por Franco *et al.* 2003¹⁰⁷ y Mallatou *et al.* 2003¹¹⁹. Martín-Hernández y colaboradores en 1992¹¹⁸ mencionaron que el cuajo natural, contiene una gran cantidad de esterasas, lo que puede incrementar la concentración de ácidos grasos, debido a la intensa actividad lipolítica.

Por su parte Urbach, 1997¹²¹ señaló que la lipólisis puede disminuirse mediante la pasteurización además del proceso de salado, siempre y cuando ésta sea realizada a temperaturas menores o iguales a 78°C, disminuyendo la producción de ácidos grasos

libres; sin embargo éste efecto no es observado en los quesos del presente estudio, ya que no existe evidencia estadística significativa ($P>0.05$) por efecto de la pasteurización.

Park, 1999⁶⁸; Jensen, 2001¹¹²; Chapkin, 2001¹¹³; Bauchart, 1993⁸² y Banskalieva *et al.* 2000¹¹⁴ señalaron que el consumo de ácidos grasos saturados, en especial láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) se encuentran relacionados con un incremento en los niveles de colesterol en sangre, ya que son caracterizados como productos hipercolesterolémicos debido que pueden incrementar las concentraciones de LDL en plasma y esto puede desencadenar diversos padecimientos de importancia cardiovascular en el consumidor.

Zlatanos *et al.* 2002¹²², obtuvieron un perfil completo de ácidos grasos en queso feta y tipo feta elaborados con una combinación de leche de cabra y oveja, los productos fueron obtenidos del mercado por lo que no se detalla la alimentación de los animales, sin embargo, señalaron que ésta variable puede afectar las concentraciones de éstos compuestos. Con respecto a la presencia de ácido esteárico reportaron concentraciones de 9.8% siendo valores similares a los encontrados en éste estudio para los quesos tipo 1 y 2 (Cuadro 22) observando que el sistema de alimentación influye sobre los niveles del compuesto, en concordancia con lo señalado por Carpino *et al.* 2004¹¹⁵ y reafirmando lo indicado por Zlatanos y colaboradores en 2002.¹²²

En relación al ácido oleico Zlatanos *et al.* 2002¹²², señalaron una concentración de 14.8%, siendo valores inferiores a los encontrados en éste estudio para el queso tipo 1 (Cuadros 23). Por su parte Park, 1999⁶⁸; Jensen, 2001¹¹²; Chapkin, 2001¹¹³; Bauchart, 1993⁸² y Banskalieva *et al.* 2000¹¹⁴ señalaron que el consumo de ácido esteárico (C18:0) y oleico (C18:1) disminuyen los niveles de colesterol en sangre, debido a que reducen los niveles de LDL e incrementan los de HDL, fomentando el retorno de los excedentes de dicho esteroles hacia el hígado, para ser utilizado en la formación de sales biliares o en la síntesis de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL).

Con respecto a los ácidos grasos poliinsaturados precursores de las familias $\omega 6$ y $\omega 3$; se observó que los niveles de ácido linoleico (LA) y alfa-linolenico (ALA) son afectados por el sistema de alimentación como lo señalaron Zlatanos *et al.* 2002¹²² y Carpino *et al.*

2004¹¹⁵. En relación al LA, el queso tipo 3 registró la mayor concentración (2.85%), a diferencia del ALA donde el tipo 1 fue superior al resto de los quesos (0.9%). Estos resultados fueron muy similares a los reportados por Zlatanos *et al.* 2002¹²² quienes obtuvieron un 2% y 1% respectivamente, señalando que además de la alimentación, estas concentraciones pueden verse afectadas por el proceso de manufactura.

En relación con el ácido araquidónico (AA) producto final de la elongación del ácido linoleico se encontró que el queso tipo 3 (0.36%) obtuvo la mayor concentración, al respecto Jensen, 2001¹¹²; Chapkin, 2001¹¹³ y Banskalieva *et al.* 2000¹¹⁴ señalaron que un consumo elevado de AA es poco recomendable ya que a partir de éste se sintetizan prostaglandinas 12 y 1 y tromboxanos A2 que se han relacionado con desórdenes cardiovasculares y condiciones inflamatorias no deseables.

Por su parte los niveles de los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) fueron de 0.11 y 0.07% respectivamente; encontrándose en la mayor concentración en los quesos tipo 1 y 3. Estas proporciones fueron muy similares a los datos obtenidos por Zlatanos *et al.* 2002¹²² quienes registraron concentraciones del 0.1% para éstos compuestos.

Castro, 2002⁷⁶ señaló que el EPA y DHA presentan funciones muy variadas, así como diversos efectos positivos sobre la salud del consumidor, disminuyendo la agregación plaquetaria e incrementando la permeabilidad y contractilidad de los vasos sanguíneos, además de atenuar los procesos inflamatorios e incrementar la respuesta del sistema inmunológico. En este sentido Park, 1999⁶⁸; Jensen, 2001¹¹²; Chapkin, 2001¹¹³; Bauchart, 1993⁸² y Banskalieva *et al.* 2000¹¹⁴, comentaron que cuando una dieta contiene altos niveles de LA, bajos niveles de ALA y muy bajos de EPA y DHA, la conversión de LA a AA dentro del cuerpo compite con la conversión de ALA a EPA y a DHA, generándose un exceso relativo de AA produciendo mayor cantidad de prostaglandinas y tromboxanos, debido a la competencia que existe para la síntesis de AA, EPA y DHA.

En este sentido Castro, 2002⁷⁶ considera que la proporción óptima de ácidos grasos $\omega 6:\omega 3$, debe ser en torno a 5:1. Al analizar dicha recomendación en los quesos aquí estudiados se observa que tienen una relación promedio de 3.2:1, siendo productos ricos en $\omega 6$, pero que no sobrepasan la relación propuesta anteriormente.

VIII. CONCLUSIÓN

Tanto el sistema de alimentación como la pasteurización de la leche afectaron la composición química, produciendo cambios nutrimentales en el queso suave de leche de cabra.

Los quesos fabricados con leche pasteurizada (tipo 1 y 3), en general tuvieron las mayores concentraciones de nutrimentos, además son productos que a través del proceso térmico ofrecen una mejor calidad sanitaria, con lo que se asegura inocuidad.

La fabricación del queso tipo 1 y 2 ofrece beneficios al productor ya que llevar a cabo la alimentación bajo un sistema mixto, permite reducir los insumos necesarios para cubrir las necesidades de los animales, disminuyendo los gastos por éste concepto, mejorando así la economía de los propietarios, además fomentará el establecimiento, manejo y utilización de las especies forrajeras; así como el aprovechamiento y tratamiento de esquilmos agrícolas; por otro lado se favorece el reciclaje de nutrientes a través del depósito de estiércol por el pastoreo, directamente sobre el agostadero.

Los quesos estudiados ofrecen beneficios a los consumidores ya que tienen un perfil nutrimental bastante completo, siendo los quesos tipo 1 y 3, los de mejor calidad proteica ya que contienen la mayor concentración de aminoácidos. Por otra parte el queso tipo 1 presentó la mayor concentración de colesterol, sin embargo tuvo el mejor perfil de lípidos; con una elevada concentración de ácidos grasos de cadena corta que son los principales responsables del olor y sabor de éstos productos; registra la mayor concentración de ácido esteárico y oleico ambos hipocolesterolemicos; tuvo una reducida cantidad de ácido palmítico y mirístico, reconocidos por sus efectos hipercolesterolemicos. Con respecto a los ácidos poliinsaturados, en éste producto se encontró la mejor relación $\omega 6:\omega 3$, siendo el que registró los mejores niveles de ácidos grasos $\omega 3$, reconocidos por sus efectos benéficos sobre la salud del consumidor.

Con respecto a los minerales los quesos tipo 2 y 4 mostraron las mejores concentraciones, sin embargo son productos procesados en crudo, para mejorar éstos parámetros en quesos pasteurizados, se puede llevar a cabo un proceso de pasteurización más eficiente, así como la adición de cloruro de calcio con la finalidad de reducir las pérdidas de éstos elementos.

IX. RECOMENDACIONES

El desarrollo de la industria caprina quesera en México, se ha visto frenado por diversos factores, entre ellos la falta de adopción de una tecnología adecuada que permita al productor realizar una empresa rentable y los mitos que existen alrededor de productos artesanales. Sin embargo la fabricación de éste tipo de productos brinda un valor agregado a la leche y fomenta la mano de obra familiar generando empleos. Será tarea importante de los productores destacar los beneficios que trae para los consumidores el queso de cabra, así como llevar a cabo producciones sanitarias y de buena calidad encaminando los esfuerzos hacia mejoras en el sabor así como a la creación de nuevos productos que satisfagan las demandas del mercado para fomentar el consumo de éstos productos.

Será de gran importancia organizar a los productores, investigadores y a las personas que estén incidiendo en éste mercado para mejorar la industria, organizarla y así lograr beneficios en común. De igual forma será importante continuar investigando sobre éste tema para generar información nacional que hasta el momento es muy escasa.

X. LITERATURA CITADA

1. Galina M A. Los productores de queso de cabra en México. Fortalezas y Debilidades. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. 2002 Septiembre 30 al 2 de Octubre; Querétaro (Qro) México. México (Qro): International Goat Association y Unión Regional Ganadera, 2002a.
2. Galina M A. 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, 2002b.
3. Puga D C y Galina M A. Relación entre la calidad del queso de cabra y el sistema de alimentación. XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición. 2003 Noviembre 9 al 13; Acapulco (Gro) México. México (Gro): Sociedad Latinoamericana de Nutrición, 2003: 207.
4. Hatziminaoglou Y y Boyazoglu J. The goat in ancient civilizations: from the Fertile Crescent to the Aegean Sea. *Small Rumin Res* 2004; 51:123-129.
5. Lebbie S H B. Goats under household conditions. *Small Rumin Res* 2004; 51: 131-136.
6. Arbiza S I. La leche caprina y su producción. México: Editores Mexicanos Unidos, S.A. 2001.
7. Dubeuf J P, Morand-Fehr P y Rubino R. Situation, change and future of goat industry around the world. *Small Rumin Res* 2004 ; 51:165-173.
8. Boyazoglu J y Morand-Fehr P. Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review. *Small Rumin Res* 2001; 40:1-11.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAOSTAT). URL February, En: http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production_Livestock_Stocks&Domain=Production&script=1&hasbulk=0&version=ext&language=ES 2004.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

10. Morand-Fehr P, Boutonnet J P, Devendra C, Dubeuf J P, Haenlein W G F, Holst P, Mowlem y Capote J. Strategy for goat farming in the 21 st century. *Small Rumin Res* 2004; 51: 175-183.
11. Anuario Pecuario. Leche de Caprino 2001-2002. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_compec_principal.html 2002.
12. Juárez L A. La ganadería caprina como factor de desarrollo en las zonas áridas. El desarrollo de las zonas áridas. Simposio especializado Número 24. 1973; (D.F) México. México (D.F): Reunión Continental sobre la ciencia y el hombre, 1973.
13. Juárez L A y Peraza C. Systèmes d'alimentation en élevages caprin semintensif, intensif et extensive au Mexique. *Nutrition et systèmes d'alimentation de la chèvre. Symposium International*. 1981; Tours Francia. Francia (Tours): Institut National de la Recherche Agronomique (ITOVIC-INRA), 1981: 467-477.
14. Ramírez R G. Feed value of browse. En: *Proceedings of the VI International Conference on Goat Production*. 1996, Beijing, China. China (Beijing): International Conference on Goat Production, 1996: 510-527.
15. Ramírez R G, Saucedo J G, Narro J A, Aranda J. Preference indices for forage species grazed by Spanish goats on a semiarid shrubland in Mexico. *J. Appl. Anim. Res* 1993: 55-66.
16. Ramírez R G, Mireles E, Huerta J M y Aranda J. Forage selection by range sheep on a buffelgrass *Cenchrus ciliaris* pasture. *Small Rumin Res* 1995: 129-135.
17. Arbiza A S. Sistemas de producción caprina en México: características comunes y factores limitantes. *Memorias del Congreso Interamericano de Producción Caprina*. 1998; Torreón (Coah) México. México (Coah): Asociación Mexicana de Producción Caprina- FES Cuautitlán, 1998: 36-50.
18. Baumont R, Prache S, Meuret M y Morand-Fehr P. How forage characteristics influence behavior and intake in small ruminants: A review. *Livest. Prod. Sci.* 2000: 15-28.
19. Iruegas E L, Castro C J y Ávalos L F. Oportunidades de desarrollo en la industria de la leche y carne de cabra en México. *FIRA Boletín Informativo*. México 1999; 32: 55-99.

20. Juárez L A. Producción caprina en México. Estructura productiva y perspectivas de modernización. Productividad Caprina. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. 1984.
21. Delgadillo P C. Mejoramiento de un sistema de alimentación parcialmente biosostenible en cabras bajo pastoreo racional tecnificado móvil. (tesis de maestría). Colima (México): Universidad de Colima, 1998.
22. López R. Historias de la agricultura y de la ganadería. México: Herrero. 1996.
23. Morand-Fehr P y Sauvant D Cap 14: Alimentación en los caprinos. 1990; En Jarrige J editor. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa 1990; 253-274.
24. Ramírez R G, Haenlein G F W, García-Castillo G C y Núñez-González M A. Protein, lignin and mineral contents and *in situ* dry matter digestibility of native Mexican grasses consumed by range goats. *Small Rumin Res* 2004; 52: 261-269.
25. Ramírez R G. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Rumin Res* 1999; 34: 215-230.
26. Ramírez R G Haenlein G F W y Núñez-González M A. Seasonal variation of macro and trace mineral content in 14 browses species than grow in northeastern Mexico. *Small Rumin Res* 2001; 39:153-159.
27. Galina M A, Puga D C, Hernández A y Haenlein G F W. Biodiverse and biosustainable production system with goats in Mexico: importance of a forage bank. *Small Rumin Res* 1998; 27: 19-23.
28. Flath R A, Richard T M, Gabrielle L, James W C y Mackley W J. Volatile Components of *Acacia blossoms*. *J. Agric. Food Chem.* 1983; 31: 1167-1170.
29. Rubino R. Producción de quesos artesanales en relación a la calidad de la leche. Simposio Internacional sobre Caprinocultura. 2002 Septiembre 30 al 2 de Octubre; Querétaro (Qro) México. México (Qro): International Goat Association y Unión Regional Ganadera, 2002.
30. Galina M A, Guerrero C M, Serrano G, Morales R y Haenlein G. Effect of complex catalytic supplementation with non protein nitrogen on ruminal ecosystem of growing goats pasturing shrub land in Mexico. *Small Rumin Res* 2000; 36: 33-42.

31. Morales A R, Galina M A, Jimenez S y Haenlein G F W. Improvement of biosustainability of a goat feeding system with key supplementation. *Small Rumin Res* 2000; 35: 97-105.
32. SIACON. SAGARPA. Dirección de integración de información estadística 2003.
33. NORMA Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994, Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México: Diario Oficial de la Federación 1994.
34. Inda C A. Proyecto de calidad y productividad en la pequeña y mediana empresa. México: Organización de los Estados Americanos OEA. En: http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/QUESO/Quezo_all.pdf 2000.
35. Maree H P. Goat milk production and its use as a Hypo-allergenic infant food. *Dairy Goat Journal*. En: http://goatconnection.com/articles/publish/article_152.shtml 1978.
36. Haenlein, G F W. Past, present and future perspectives of small ruminant dairy research. *J. Dairy Sci* 2001; 84: 2097 – 2115.
37. Haenlein, G F W. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin Res* 2004; 51: 155-163.
38. Park W Y. Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA. *Small Rumin Res* 2000; 37:115-124.
39. Posati O L y Orr L M. Composition of foods. Dairy and egg products, Raw-Processed-Prepared. United States Department of Agriculture-Agriculture Research Service, Consumer and Economics Inst., Agriculture Handbook, No. 8-1, Washington D.C 1976.
40. Muñoz C M, Ledesma S J A, Chávez V A, Pérez-Gil R F, Mendoza M E, Castañeda L J, *et al.* Los alimentos y sus nutrientes. Tablas de valor nutritivo de alimentos Edición Internacional. México D. F: Mc Graw Hill 2002.
41. Morales L J, Babinsky V, Bourges R H y Camacho P M. Tablas de composición de alimentos mexicanos. México D.F: INCMNSZ 2000.
42. Simos E, Voutsinas L P y Pappas C P. Composition of milk of native Greek goats in the region of Metsovo. *Small Rumin Res* 1991; 4:47-60.

43. Anjaneyulu A S R, Lakshmanan V y Kesava R V. Status of meat and milk production from Indian goats. *J. Food Sci and Technol* 1985; 22: 151-160.
44. Saini A L y Gill R S. Goat milk: An attractive alternate. *Indian Dairyman* 1991; 42: 562-564.
45. Mir Z, Goonewardene L A, Okine E, Jaegar S y Scheer H D. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acid in goat milk. *Small Rumin Res* 1999; 33:137-143.
46. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA Nutrient Database for Standard Reference. Release 13. USA. En: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR13/reports/sr13page.htm> Food group 01 Dairy and Egg products NDB No.01159 1999.
47. Agnihotri M K y Prasad V S. Biochemistry and processing of goat milk and milk products. *Small Rumin Res* 1993; 12: 151 – 170.
48. Gervilla R. Estudio de los tratamientos por alta presión hidrostática en la leche de oveja. (tesis de doctorado). Barcelona (España): Universidad Autónoma de Barcelona, 2001.
49. O'Connor D L. Folate in goat milk products with reference to other vitamins and minerals: A review. *Small Rumin Res* 1994; 14:143-149.
50. Bruhn C J. Dairy goat composition source. En: <http://www.goatworld.com/articles/goatmilk/goatmilkcomposition.shtml> 2004.
51. Park W Y, Mahoney A W y Hendricks D C. Bioavailability of iron in goat milk compared with cow milk fed to anemic rats. *J. Dairy Sci* 1986; 69: 2608-2015.
52. Haenlein, G F W. Nutritional value of dairy products of ewe and goats milk. 1996. En: Dairy Federation Publications editors. *Proceeding of the IDF/CIRVAL seminar production and utilization of ewes' and goats' milk*. Creta, Grecia: Internat. 1996a; 159-178.
53. Haenlein, G F W. Status and prospects of the dairy goat industry in the United States. *J Anim. Sci.* 1996b; 74: 1173.
54. Arbiza A S. Producción de caprinos. México: AGT Editor. S. A. 1986.

55. Rubino R, Morand-Fher P, Renieri C, Peraza C y Sarti F M. Typical products of the small ruminants sector and the factors affecting their quality. *Small Rumin Res* 1999; 34: 289-302.
56. Park W Y. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Rumin Res* 1994; 14: 151-159.
57. Jandal J M. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Rumin Res* 1996; 22: 177 – 185.
58. Park W Y. Relative buffering capacity of goat milk, cow, milk, soy-based infant formulas, and commercial non-prescription antacid drugs. *J. Dairy Sci* 1991; 74: 3326-3333.
59. Park W Y. Comparison of buffering components in goat and cow milk. *Small Rumin Res* 1992; 8: 75-81.
60. NORMA Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias. México: Diario Oficial de la Federación 1994.
61. Haenlein, G F W. Chevres for gourmet. Goat handbook. USA. En : http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/goat/CHEVRES_FOR_GOURMET.html 1992.
62. Kosikowski F V y Mistry V V. Cheese and fermented milk foods. Origins and principles. USA: Edwards Brothers, INC 1997.
63. Madrid V A. Curso industrias lácteas. España: AMV Ediciones Mundi-Prensa 1996.
64. González V M. Tecnología para la Elaboración de Queso Blanco, Amarillo y Yogurt. En: http://www.senacyt.gob.pa/g_innovacion/facitec/docs/ft-12.pdf 2002.
65. Medina M y Núñez M. Cheeses made from Ewes' and goats' milk. 2004. En: Fox F P, McSweeney L H P, Coga M T and Guinee P T editors. CHEESE: Chemistry, Physics and Microbiology. Major Cheeses Groups. London (United Kingdom): Elsevier Academic Press 2004; 279-299.
66. Ministerio. de Agricultura. Secretaria Regional Ministerial “Del Maule”. Prospección de mercados para exportaciones agropecuarias y agroindustriales chilenas en el MERCOSUR 9 al 14 de julio 2001. En: http://www.iris.cl/Articulos/ComentariosVII/Articulo28_2001.htm 2001.

67. Marrilley L y Casey M G. Flavour of cheese products: Metabolic pathway, and analytical tools and identification of producing strains. *Int. J. Food Microbiol.* 2004; 90: 139-159.
68. Park W Y. Cholesterol contents of U. S. and imported goat milk cheeses as quantified by different colorimetric methods. *Small Rumin Res* 1999; 32: 77-82.
69. Buffa M N, Trujillo A J, Pavia M y Guamis B. Changes in textural, microstructural, and color characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goat's milk. *Int. Dairy J.* 2001; 11: 927-934.
70. Voet D y Voet J G. *Bioquímica*. Barcelona (España): Ediciones Omega. 1992.
71. Lobb K y Chow C. Fatty acid classifications and nomenclature. 2002. En Chow C editor. *Fatty acid in foods and their health implications USA*: Marcel Dekker, 2000; 1-15.
72. Chow C. *Fatty acids in foods and their health implications*. USA: Marcel Dekker. 2000.
73. Ronayne F P. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Arch. Argent. Pediatr.* 2000; 98: 231-238.
74. Roach J O y Benyon S. *Lo esencial en metabolismo y nutrición*. USA: ELSEVIER. 2004.
75. Lehninger A.L. *Bioquímica*. 2ª. ed. Barcelona (España): Ediciones Omega. 1995.
76. Castro G M. Ácidos grasos ω 3: beneficios y fuentes. *Interciencia* 2002; 27: 128-136.
77. Jenkins T C. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. *J. Dairy Sci.* 1993; 76:3851-3863.
78. Chilliard Y, Ferlay A, Rouel J y Lamberet G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 2003; 86: 1751- 1770.
79. Aro A, Antoine J M, Pizzoferrato L, Reykdal O y Van Poppel G. Trans fatty acids in dairy and meat products from European countries: the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal* 1998; 11:150-160.
80. Byers F M y Schelling G T. Capítulo 15. Los lípidos en la nutrición de los rumiantes. 1993. En: Church D C editor. *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. España: Acribia, 1993; 339-356.

81. Fedele V, Claps S, Rubino R, Calandrell M y Pilla A. M. Effect of free choice and traditional feeding systems on goat feeding behavior and intake. *Livest. Prod. Sci.* 2002; 74: 19-31.
82. Bauchart D. Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci* 1993; 76: 3864-3881.
83. Guevara A E. Utilización de ácidos grasos saponificados en la alimentación de ovinos. (tesis de maestría). Distrito Federal (México):Universidad Nacional Autónoma de México 1994.
84. Palmquist D L, Beaulieu A D y Barbano D M. ADSA Foundation Symposium: Milk fat synthesis and modification. *J. Dairy Sci* 1993; 76: 1753 – 1771.
85. Parodi P W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *J. Dairy Sci* 1999; 82: 1339 – 1349.
86. Mc Donald P, Edwards R. A y Greenhalgh J. F. D. *Animal Nutrition*. 5ª. ed. London (United Kingdom): Oliver & Boyd Edinburgh. 1995.
87. Biotechnology and Biological Sciences Research Council. Responses in the yield of milk constituents to the intake of nutrients by dairy cows. Estados Unidos: CABI Publishing. 2000.
88. Cole D. J. A y Van Lunen T. A. Ideal Amino Acid Patterns. En: D'Mello editor. *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. 2ª. ed. United Kingdom: CAB International. 2003.
89. Matthews, J. C. Amino acid and peptide transport systems. En: D'Mello editor. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Nueva York (USA): CAB International. 2000; 18-21.
90. Schmidt, G. H. *Biología de la lactación*. Zaragoza (España): Acribia. 1991.
91. Akers, M. R. *Lactation and mammary gland*. Iowa (USA): Iowa State Press. 2002.
92. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 1973.
93. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1980.

94. AOAC Official Methods of Analysis, 17th ed. Washington, D.C. USA: Association of Official Analytical Chemists 1997.
95. Calorimetría. Manual de operación de la bomba de combustión con oxígeno Parr Modelo 1108. 1990.
96. Manual Perkin-Elmer. Analytical Methods for atomic absorption spectrometry Perkin-Elmer. Standard conditions.
97. Waters. Manual de Waters Acc-QTAG, No. WATO52874. USA 1993.
98. Folch J, Lees M y Sloane-Stanley G. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957; 226: 497.
99. Fenton M y Sim J S. Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography. *J. Chromatog.* 1991; 540: 323-329.
100. SAS. Institute Inc. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistics. Version 6.12. Edition. Cary, North Carolina. USA 1996.
101. Soryal K A, Zeng S S, Min B R y Hart S P. Effect of feeding treatments and lactation stages on composition and organoleptic quality of goat milk Domiati cheese. *Small Rumin Res* 2004; 52: 109-116.
102. Mehaia M A. Manufacture of fresh soft white cheese (Domiati-type) from ultrafiltered goat's milk. *Food Chem.* 2002; 79: 445-452.
103. Park W Y. Nutrient profiles of commercial goat milk cheeses manufactured in the Unites States. *J. Dairy Sci* 1990; 73: 3059-3067.
104. Ramanzin M, Bailoni M, Schiavon L S y Bittantte G. Effect of monensin on milk production and efficiency of dairy cows fed two diets differing in forage to concentrate ratios. *J. Dairy Sci* 1997; 80: 1136-1142.
105. Andrikopoulos N K, Kalogeropoulos N, Zerva A, Zerva U, Hassapidou M y Kapoulas V M. Evaluation of cholesterol and other nutrient parameters of Greek cheese varieties. *J. Food Comp. Anal.* 2003; 16: 155-167.
106. Gambelli L, Manzi P, Panfili G, Vivanti V y Pizzoferrato L. Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialized in Italy. *Food Chem.* 1999; 6: 353-358.

107. Franco I, Prieto B, Bernardo A, González J P y Caballo J. Biochemical changes throughout the ripening of traditional Spanish goat variety (Babia-Laciana). *Int. Dairy J.* 2003; 13: 221-230.
108. Ulberth F y Reich H. Gas chromatographic determination of cholesterol in processed foods. *Food Chem* 1992; 43:387-391.
109. Chin B K, Washington C y Park W Y. Cholesterol concentrations in commercial goats milk cheeses of domestic and foreign imported origins. 86th Annual Meeting of American Dairy Science Association. 12-15 August. Logan, Utah USA. *J. Dairy Sci* 1991; 74: 89.
110. Hamill T W y Soliman H A. Determination of cholesterol by p-Nitroenzoate. Derivatization and liquid chromatography. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 1994; 77:1190-1196.
111. Stewart G, Gosselin C y Pandian S. Selected ion monitoring of tert-butylmethylsilyl cholesterol ethers for determination of total cholesterol content in foods. *Food Chem* 1992; 44:377-380.
112. Jensen R G. Fatty acids in milk and dairy products. 2002. En: Chow C editor. *Fatty acid in foods and their health implications USA: Marcel Dekker* 2002; 109-124.
113. Chapkin R S. Reappraisal of the essential fatty acids. 2000. En: Chow C editor. *Fatty acid in foods and their health implications USA: Marcel Dekker* 2002; 557-568.
114. Banskalieva V, Sahlu T y Goetsch A L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: A review. *Small Rumin Res* 2003; 7: 255-268.
115. Carpino S, Mallia S, La Terra S, Melilli C, Licitra G, Acree T E, Barbano D M y Van Soest P J. Composition and aroma compounds of ragusano cheese: native pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci* 2004; 87:816-830.
116. Elliott J M, Haan B y Parkin K L. An improved liquid chromatographic method for the quantitative determination of free fatty acids in milk products. *J. Dairy Sci* 1989; 72: 2478-2482.
117. Kin H J y Lindsay R C. Method for the quantitative analysis of volatile free and total branched-chain fatty acids in cheeses and milk fat. *J. Dairy Sci* 1990; 78: 1988-1999.

LITERATURA CITADA

118. Martín-Hernández M C y Juárez M. Biochemical characteristics of three types of goat cheese. *J. Dairy Sci* 1992; 75:1747-1752.
119. Mallatou H, Pappa E, y Massouras T. Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk. *Int. Dairy J.* 2003; 13:211-219.
120. Pavia M, Trujillo A J, Sendra E, Guamis B y Ferragut V. Free fatty acids content of Manchego-Type cheese salted by brine vacuum impregnation. *Int. Dairy J.* 2000; 10:563-568.
121. Urbach G. The flavour of milk and dairy products. II. Cheese: Contribution of volatile compounds. *Int. J. Dairy Technol.* 1997; 50:79-89.
122. Zlatanov S, Laskaridis K, Feist C y Sagredos A. CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. *Food Chem.* 2002; 78:471-477.

ANEXO 1

Cuadro 25. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de energía en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|-------|--------------------------------|--------|-------|-------|
| <u>Energía</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 0.04 | 0.013 | 3.10 | 0.098 | 0.21 | 0.41 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 0.09 | 0.013 | 6.61 | 0.021* | 0.21 | 0.41 |
| A*B | 2 | 0.07 | 0.013 | 5.12 | 0.038* | 0.21 | 0.41 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 26. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de cisteína en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|---------|--------------------------------|----------|--------|-------|
| <u>Cisteína</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 0.0003 | 0.00001 | 22.37 | 0.0002* | 0.0002 | 0.002 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 0.0007 | 0.00001 | 54.23 | 0.0001** | 0.0002 | 0.002 |
| A*B | 2 | 0.0005 | 0.00001 | 36.56 | 0.0001** | 0.0002 | 0.002 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 27. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de prolina en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|-------|--------------------------------|----------|-------|-------|
| <u>Prolina</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 0.002 | 0.011 | 0.22 | 0.6450 | 0.18 | 0.84 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 0.34 | 0.011 | 30.85 | 0.0001** | 0.18 | 0.84 |
| A*B | 2 | 0.22 | 0.011 | 19.58 | 0.0004* | 0.18 | 0.84 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 28. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos totales en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|---------|--------------------------------|----------|----------|-----------|
| <u>AG totales</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 96954.20 | 4177.31 | 23.21 | 0.0002* | 66837.04 | 444088.16 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 38838.36 | 4177.31 | 9.30 | 0.0077* | 66837.04 | 444088.16 |
| A*B | 2 | 241459.10 | 4177.31 | 57.80 | 0.0001** | 66837.04 | 444088.16 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 29. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos saturados en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|---------|--------------------------------|----------|----------|-----------|
| <u>AG saturados</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 72251.49 | 2989.57 | 24.17 | 0.0002* | 47833.21 | 274210.36 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 11637.51 | 2989.57 | 3.89 | 0.0660 | 47833.21 | 274210.36 |
| A*B | 2 | 142488.13 | 2989.57 | 47.66 | 0.0001** | 47833.21 | 274210.36 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 30. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos monoinsaturados en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|--------|--------------------------------|----------|---------|----------|
| <u>AG monoinsaturados</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 222.35 | 519.92 | 0.43 | 0.522 | 8318.75 | 31479.72 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 3782.18 | 519.92 | 7.27 | 0.015* | 8318.75 | 31479.72 |
| A*B | 2 | 19156.44 | 519.92 | 36.84 | 0.0001** | 8318.75 | 31479.72 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 31. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos poliinsaturados en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|-------|--------------------------------|----------|--------|---------|
| AG poliinsaturados | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 3304.97 | 17.77 | 185.95 | 0.0001** | 284.37 | 4956.63 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 767.11 | 17.77 | 43.16 | 0.0001** | 284.37 | 4956.63 |
| A*B | 2 | 600.17 | 17.77 | 33.77 | 0.0001** | 284.37 | 4956.63 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 32. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de $\omega 3$ en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|-------|--------------------------------|----------|-------|-------|
| $\omega 3$ | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 63.79 | 1.402 | 45.50 | 0.0001** | 22.43 | 212.0 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 82.33 | 1.402 | 58.72 | 0.0001** | 22.43 | 212.0 |
| A*B | 2 | 43.44 | 1.402 | 30.98 | 0.0001** | 22.43 | 212.0 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 33. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de $\omega 6$ en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|-------|--------------------------------|----------|--------|---------|
| $\omega 6$ | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 1515.56 | 15.73 | 96.34 | 0.0001** | 251.69 | 3616.94 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 375.83 | 15.73 | 23.89 | 0.0002* | 251.69 | 3616.94 |
| A*B | 2 | 1473.85 | 15.73 | 93.69 | 0.0001** | 251.69 | 3616.94 |
| A*B= Interacción de los factores | | GL = Grados de Libertad | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 34. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de relación w6:w3 en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|------|--------|-------|----------|-------|-------|
| <u>w6: w3</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 1.49 | 0.0164 | 90.35 | 0.0001** | 0.26 | 3.01 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 0.02 | 0.0164 | 1.08 | 0.3137 | 0.26 | 3.01 |
| A*B | 2 | 1.24 | 0.0164 | 75.33 | 0.0001** | 0.26 | 3.01 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error | | | | | | | |
| * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada | | | | | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 35. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido butírico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|------|--------|--------|----------|-------|-------|
| <u>Acido Butírico</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 0.54 | 0.0036 | 147.75 | 0.0001** | 0.059 | 0.70 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 0.08 | 0.0036 | 21.63 | 0.0003* | 0.059 | 0.70 |
| A*B | 2 | 0.02 | 0.0036 | 6.00 | 0.0262* | 0.059 | 0.70 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error | | | | | | | |
| * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada | | | | | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 36. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácidos grasos C:6-C:10 en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|----------|--------|-------|----------|---------|----------|
| <u>C:6-C:10</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 606.06 | 171.32 | 3.54 | 0.0783 | 2741.09 | 29078.55 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 15100.37 | 171.32 | 88.14 | 0.0001** | 2741.09 | 29078.55 |
| A*B | 2 | 10631.03 | 171.32 | 62.05 | 0.0001** | 2741.09 | 29078.55 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error | | | | | | | |
| * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada | | | | | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 37. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido láurico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|---------|--------|-------|----------|---------|----------|
| Ácido Láurico | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 2582.26 | 108.30 | 23.84 | 0.0002* | 1732.87 | 11296.80 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 75.85 | 108.30 | 0.070 | 0.4150 | 1732.87 | 11296.80 |
| A*B | 2 | 6905.81 | 108.30 | 63.76 | 0.0001** | 1732.87 | 11296.80 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error | | | | | | | |
| * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada | | | | | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 38. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido palmítico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|----------|---------|-------|---------|----------|----------|
| Ácido Palmítico | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 12137.47 | 1260.95 | 9.63 | 0.0068* | 20175.27 | 56563.08 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 1332.14 | 1260.95 | 1.06 | 0.3193 | 20175.27 | 56563.08 |
| A*B | 2 | 22918.21 | 1260.95 | 18.18 | 0.0006* | 20175.27 | 56563.08 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error | | | | | | | |
| * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada | | | | | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 39. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido oleico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|----------|--------|-------|----------|---------|----------|
| Ácido Oleico | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 261.69 | 523.25 | 0.50 | 0.4896 | 8371.97 | 28213.35 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 2379.23 | 523.25 | 4.55 | 0.0488* | 8371.97 | 28213.35 |
| A*B | 2 | 17200.46 | 523.25 | 32.87 | 0.0001** | 8371.97 | 28213.35 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error | | | | | | | |
| * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada | | | | | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 40. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido linoleico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|---------|-------|-------|----------|--------|---------|
| <u>Ácido Linoleico</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 1083.32 | 18.66 | 58.06 | 0.0001** | 298.53 | 2986.40 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 200.35 | 18.66 | 10.74 | 0.0047* | 298.53 | 2986.40 |
| A*B | 2 | 1404.20 | 18.66 | 75.26 | 0.0001** | 298.53 | 2986.40 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 41. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido alfa-linolenico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| <u>Ácido Alfa-Linolenico</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 67.35 | 1.103 | 61.05 | 0.0001** | 17.65 | 99.19 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 2.62 | 1.103 | 2.37 | 0.1430 | 17.65 | 99.19 |
| A*B | 2 | 11.57 | 1.103 | 10.49 | 0.0051* | 17.65 | 99.19 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 42. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido cis 11-14-17 eicosatrienoico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|---|----|-------|--------|--------|----------|-------|-------|
| <u>Ácido Cis-11-14-17 eicosatrienoico</u> | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 0.72 | 0.0617 | 11.66 | 0.0035* | 0.99 | 24.24 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 20.81 | 0.0617 | 336.96 | 0.0001** | 0.99 | 24.24 |
| A*B | 2 | 1.72 | 0.0617 | 27.85 | 0.0001** | 0.99 | 24.24 |
| A*B= Interacción de los factores GL = Grados de Libertad CME = Cuadrado Medio del Error * = Baja significancia CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento F.C = F Calculada ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 43. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido homo- γ -linolenico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|--|--------------------------------------|------|-------|--------------------------------|----------|-------|-------|
| Ácido homo-γ-linolenico | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 0.41 | 0.013 | 31.82 | 0.0001** | 0.20 | 2.10 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 1.32 | 0.013 | 103.67 | 0.0001** | 0.20 | 2.10 |
| A*B | 2 | 0.17 | 0.013 | 13.24 | 0.0022* | 0.20 | 2.10 |
| A*B= Interacción de los factores | GL = Grados de Libertad | | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 44. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido araquidónico en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------|------|--------------------------------|----------|-------|-------|
| Ácido Araquidónico | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 38.09 | 0.25 | 149.91 | 0.0001** | 4.06 | 59.95 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 8.68 | 0.25 | 34.17 | 0.0001** | 4.06 | 59.95 |
| A*B | 2 | 9.11 | 0.25 | 35.88 | 0.0001** | 4.06 | 59.95 |
| A*B= Interacción de los factores | GL = Grados de Libertad | | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 45. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido cis-8,5,11,14,17-icosapentaenoico (EPA) en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|----------------------------------|--------------------------------------|------|-------|--------------------------------|----------|-------|-------|
| EPA | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 0.01 | 0.034 | 0.19 | 0.666 | 0.54 | 8.92 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 5.87 | 0.034 | 172.61 | 0.0001** | 0.54 | 8.92 |
| A*B | 2 | 2.50 | 0.034 | 73.48 | 0.0001** | 0.54 | 8.92 |
| A*B= Interacción de los factores | GL = Grados de Libertad | | | CME = Cuadrado Medio del Error | | | |
| * = Baja significancia | CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento | | | F.C = F Calculada | | | |
| ** = Alta significancia | | | | | | | |

Cuadro 46. Análisis de varianza de un arreglo factorial 2x2 del contenido de ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (DHA) en los diferentes tipos de queso.

| | GL | CMT | CME | F.C | P>F | Error | Total |
|-----------------------------|----|--------|--------|--------|----------|-------|-------|
| DHA | | | | | | | |
| Sistema de alimentación (A) | 1 | 3.4047 | 0.0203 | 167.36 | 0.0001** | 0.27 | 1.90 |
| Tratamiento de la leche (B) | 1 | 11.561 | 0.0203 | 568.29 | 0.0001** | 0.27 | 1.90 |
| A*B | 2 | 7.080 | 0.0203 | 348.04 | 0.0001** | 0.27 | 1.90 |

A*B= Interacción de los factores

* = Baja significancia

** = Alta significancia

GL = Grados de Libertad

CMT = Cuadrado Medio del Tratamiento

CME = Cuadrado Medio del Error

F.C = F Calculada