



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO  
EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE *QUESO COTIJA REGIÓN  
DE ORIGEN* EN FUNCIÓN DE CONDICIONES DE  
PRODUCCIÓN Y MADURACIÓN**

TESIS  
PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
**MAESTRA EN CIENCIAS**

PRESENTA  
**Q.A. VERÓNICA HERNÁNDEZ BRIONES**



**TUTOR: DRA. AMELIA MARÍA DE GUADALUPE FARRÉS GONZÁLEZ-SARABIA**

2010



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.

El trabajo experimental de este proyecto se realizó en los laboratorio 312 y 322,  
Departamento de Alimentos y Biotecnología. Conjunto E de la Facultad de Química de la  
Universidad Nacional Autónoma de México y en los laboratorios 1 y 2 del Instituto  
Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán



Con profundo amor, respeto y admiración a: mi esposo, padres, hermanos, amigos y todas aquellas personas que caminan conmigo a través de este largo y sinuoso camino. A Ustedes que han contribuido en mi superación personal, académica y profesional.

---



## AGRADECIMIENTOS

A la UNAM por proporcionarme el conocimiento necesario y las herramientas adecuadas para concluir un ciclo más en mi vida.

A la Dra. Amelia Farrés González-Saravia por ser la responsable de que este proyecto se convirtiera en una realidad. Gracias por sus consejos, apoyo y dedicación en la realización de esta investigación.

A la Dra. Maricarmen Quirasco Baruch por brindarme la oportunidad de seguir aprendiendo. Gracias por el apoyo y la disposición para la realización de trabajo.

A la Dra. Amanda Gálvez Mariscal y a la M. en C. Marcela Castillo Figa por contribuir en mi superación profesional y personal durante este proyecto.

A la Dra. Claudia Delgadillo Puga y a la M en C. Ángeles Valdivia López, a quienes agradezco, de manera especial, por su apoyo en la realización de este estudio.

A la M. en C. Rosa María Castillo Domínguez, a la Q.F.B. Sara Montaña Benavides y a la Q.F.B. Bertha Julieta Sandoval Guillén por su dedicación, apoyo y contribución en el desarrollo de esta investigación.

A la M. en B. Rebeca Ramírez C. por sus enseñanzas y sabidos consejos en el análisis estadístico de los resultados de este trabajo.

A la Dra. Carolina Peña por su apoyo técnico general durante mi estancia en la maestría.

A los miembros del jurado por su compromiso, dedicación y valiosas aportaciones para el mejoramiento de este escrito.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de mis estudios de posgrado

A mi familia, amigos y compañeros por compartirme su experiencias y sabiduría. Gracias por los consejos, apoyo, cariño y amistad que me han brindado a lo largo de mi existir.

---

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	iii
<b>ABREVIATURAS</b>	iv
<b>RESUMEN</b>	1
<b>INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	
1.1. Producción mundial y nacional de leche de ganado bovino	4
1.2. Queso	5
1.2.1 Características nutrimentales	6
1.2.2. Factores que afectan la calidad del queso	22
1.2.3. Maduración del queso	27
1.3. Queso <i>Cotija Región de Origen</i>	29
1.3.1. Proceso de elaboración del queso <i>Cotija Región de Origen</i>	32
1.3.2. Antecedentes del queso <i>Cotija Región de Origen</i>	34
<b>2. HIPÓTESIS</b>	36
<b>3. OBJETIVOS</b>	
3.1. Objetivo general	36
3.2. Objetivos particulares	36
<b>4. ESTRATEGÍA EXPERIMENTAL</b>	37
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
5.1. Datos de la muestra	39
5.2. Tratamiento de la muestra	39
5.3. Análisis químico proximal	39
5.4. Determinación de compuestos nutrimentales	42
5.5. Determinaciones fisicoquímicas	45
5.6. Análisis estadístico	46
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
6.1. Análisis químico proximal	48
6.2. Perfil lipídico	51

	<b>Pág</b>
6.3. Perfil de aminoácidos	68
6.4. Perfil de vitaminas	75
6.5. Perfil de nutrimentos inorgánicos	79
6.6. Parámetros fisicoquímicos	82
6.7. Resumen de la caracterización del QCRO	86
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>9. PERSPECTIVAS</b>	<b>90</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS</b>	
Anexo A. Resumen de las Reglas de Uso	99
Anexo B. Procedimiento experimental	101
Anexo C. Diseño estadístico	109

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág</b>
<b>Cuadro 1.</b> Producción mundial de leche de distintas especies animales 2000-2008	4
<b>Cuadro 2.</b> Estructura química de algunos ácidos grasos de interés en alimentos	9
<b>Cuadro 3.</b> Composición promedio de la leche cruda de algunas razas vacunas	22
<b>Cuadro 4.</b> Datos generales de las muestras de QCRO	39
<b>Cuadro 5.</b> Composición química de ocho muestras de QCRO	48
<b>Cuadro 6.</b> Composición química promedio del QCRO y otros quesos tipo Cotija	50
<b>Cuadro 7.</b> Perfil lipídico de ocho muestras de QCRO	52
<b>Cuadro 8.</b> Ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados del QCRO y otros quesos de vaca	54
<b>Cuadro 9.</b> Contenido promedio de CLA en el QCRO y otros productos lácteos	55
<b>Cuadro 10.</b> Contenido promedio de colesterol en el QCRO y otros quesos de leche de vaca	56
<b>Cuadro 11.</b> Contenido de ácidos grasos de cadena par presentes en ocho muestras de QCRO	57
<b>Cuadro 12.</b> Contenido promedio de ácidos grasos de cadena par en el QCRO y otros quesos de vaca	59
<b>Cuadro 13.</b> Contenido de ácidos grasos de cadena impar en ocho muestras de QCRO	60
<b>Cuadro 14.</b> Contenido promedio de ácidos grasos de cadena impar en el QCRO y otros quesos de vaca	60
<b>Cuadro 15.</b> Contenido de ácidos grasos monoinsaturados en ocho muestras de QCRO	62
<b>Cuadro 16.</b> Contenido promedio de ácidos grasos monoinsaturados en el QCRO y otros quesos de vaca	63
<b>Cuadro 17.</b> Contenido de algunos ácidos grasos poliinsaturados en ocho muestras de QCRO	64
<b>Cuadro 18.</b> Perfil de ácidos grasos omega presentes en ocho muestras de QCRO	65
<b>Cuadro 19.</b> Perfil de ácidos grasos omega 3 presentes en ocho muestras de QCRO	66
<b>Cuadro 20.</b> Contenido de distintos isómeros de CLA en ocho muestras de QCRO	67
<b>Cuadro 21.</b> Aminoácidos totales en ocho muestras de QCRO	69
<b>Cuadro 22.</b> Aminoácidos no esenciales en ocho muestras de QCRO	70
<b>Cuadro 23.</b> Aminoácidos esenciales en ocho muestras de QCRO	71
<b>Cuadro 24.</b> Calificación química promedio de ocho muestras de QCRO	73
<b>Cuadro 25.</b> Contenido de aminoácidos presentes en el QCRO y otros quesos de pasta dura.	74
<b>Cuadro 26.</b> Contenido de amoníaco presente en ocho muestras de QCRO	75
<b>Cuadro 27.</b> Contenido de vitaminas liposolubles ocho muestras de QCRO	76
<b>Cuadro 28.</b> Contenido de vitaminas hidrosolubles ocho muestras de QCRO	78
<b>Cuadro 29.</b> Contenido de nutrimentos inorgánicos (Ca, Na, K, P, Zn y Fe) de ocho QCRO	80



	<b>Pág</b>
<b>Cuadro 30.</b> Contenido de nutrientes inorgánicos presentes en el QCRO y otros quesos de pasta dura.	82
<b>Cuadro 31.</b> Valor de actividad acuosa de ocho QCRO	82
<b>Cuadro 32.</b> Valores de pH y acidez de ocho muestras de QCRO	84
<b>Cuadro 33.</b> Resumen de la composición química del QCRO y porcentaje de IDR	86
<b>Cuadro 34.</b> Gradiente de la fase móvil para la determinación de aminoácidos	105
<b>Cuadro 35.</b> Análisis de varianza para el contenido de humedad de ocho QCRO	109
<b>Cuadro 36.</b> Prueba Duncan ( $P < 0.01$ ) para el contenido de humedad de ocho QCRO	109
<b>Cuadro 37.</b> Contenido promedio y ANOVA de la composición proximal	110
<b>Cuadro 38.</b> Contenido promedio y ANOVA de la fracción lipídica	110
<b>Cuadro 39.</b> Contenido promedio y ANOVA de los ácidos grasos de cadena par	110
<b>Cuadro 40.</b> Contenido promedio y ANOVA del contenido de ácidos grasos de cadena impar	111
<b>Cuadro 41.</b> Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos monoinsaturados	111
<b>Cuadro 42.</b> Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos poliinsaturados	111
<b>Cuadro 43.</b> Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos omega 6	111
<b>Cuadro 44.</b> Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos omega 3	112
<b>Cuadro 45.</b> Contenido promedio y ANOVA de los distintos isómeros del CLA	112
<b>Cuadro 46.</b> Contenido promedio y ANOVA de aminoácidos esenciales y no esenciales	112
<b>Cuadro 47.</b> Contenido promedio y ANOVA de las distintas vitaminas liposolubles	113
<b>Cuadro 48.</b> Contenido promedio y ANOVA de distintos nutrientes inorgánicos	113
<b>Cuadro 49.</b> Valores promedio y ANOVA de los parámetros fisicoquímicos	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
<b>Figura 1.</b> Producción nacional de leche de vaca 2000-2008	5
<b>Figura 2.</b> Producción nacional de quesos 2000-2008	6
<b>Figura 3.</b> Proporción de los isómeros vaccénico en la grasa de leche de ganado bovino	8
<b>Figura 4.</b> Estructura de dos ácidos grasos esenciales	11
<b>Figura 5.</b> Metabolismo de los ácidos grasos $\omega$ -3 y $\omega$ -6	12
<b>Figura 6.</b> Estructura química del AL y los dos isómeros principales del CLA	13
<b>Figura 7.</b> Vías metabólicas para la biosíntesis del CLA	14
<b>Figure 8.</b> Rutas metabólicas durante la maduración de un queso	27
<b>Figura 9.</b> Formación de compuestos del sabor en los quesos por la proteólisis	29
<b>Figura 10.</b> Sierra de Jalmich Región Origen del queso Cotija	30
<b>Figura 11.</b> Diagrama experimental para la caracterización química proximal y fisicoquímica del queso <i>Cotija Región de Origen</i>	37
<b>Figura 12.</b> Diagrama experimental para la caracterización nutrimental del queso <i>Cotija Región de Origen</i>	38
<b>Figura 13.</b> Reacción de derivatización de aminoácidos	43
<b>Figura 14.</b> Reacción de hidrólisis de AMQ	43
<b>Figura 15.</b> Degradación oxidativa de la vitamina E	77

**ABREVIATURAS**

AL	ácido linoleico
AA	ácido araquidónico
AAL	ácido $\alpha$ -Linolénico
AccQ-Fluor	6-aminoquilonil-N-hidroxisuccimanolil carbamato
ADH	ácido docosaheptaenoico
ADP	ácido docosapentaenoico
AEP	ácido eicosapentaenoico
AGL	ácido $\gamma$ -Linolénico
Ala	alanina
AMQ	6-aminoquinolina
ANOVA	análisis de varianza
Arg	arginina
ARPQC	Asociación Regional de productores de Queso Cotija
AQC	AccQ-Fluor
$a_w$	actividad acuosa
B <sub>1</sub>	tiamina
B <sub>2</sub>	riboflavina
B <sub>6</sub>	piridoxina
BS	base seca
Ca	calcio
Cl	cloro
CLA	ácido Linoleico Conjugado
Co	cobalto
CP1	productor 1 de Cotija de la Paz
CP2	productor 2 de Cotija de la Paz
Cu	cobre
CV	coeficiente de variación
DE	desviación estándar
DFA	diseño factorial aleatorio
DO	Denominación de Origen
Eh	Potencial de hidrógeno
FAO	Organización de la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas
FAOSTAT	Base de datos estadísticos de la Organización de la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas
Fe	hierro
HCl	ácido clorhídrico
HDL	lipoproteínas de alta densidad
His	histidina
HPLC	cromatografía de líquidos de alta resolución
I	yodo



K	potasio
kcal	kilocalorías
L	litro
LDL	lipoproteínas de baja densidad
MC	Marca Colectiva
Mg	magnesio
Mn	manganeso
Mo	molibdeno
Na	sodio
NH <sub>3</sub>	amoniac
NHS	N-hidroxisucciminida
NS	No existe diferencia significativa
OMS	Organización Mundial de la Salud
P	fósforo
pH	potencial de hidrógeno
ppm	partes por millón
Pr	productor
PrxTm	interacción productor y tiempo de maduración
Q	productor de Quitupán
QCRO	queso <i>Cotija Región de Origen</i>
S	azufre
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Se	selenio
SMO	productor de Santa María del Oro
T	temperatura
Tm	tiempo de maduración
VLDL	lipoproteínas de muy baja densidad
Zn	zinc
$\alpha$ -TTP	$\alpha$ -tocoferol
$\Delta 9$	delta 9
mL	mililitro
$\mu$ m	micrómetro
mm	mililitros
mV	Milivolts
nm	nanometro
$\omega$	omega
$\omega$ -3	omega 3
$\omega$ -6	omega 6



## RESUMEN

El queso Cotija es uno de los pocos quesos madurados elaborados y consumidos en nuestro país. Existe el propósito de fomentar su consumo y una de las limitantes para lograrlo es que su caracterización nutrimental a la fecha es incompleta. Al tratarse de un queso artesanal, se presenta una alta variabilidad. Este trabajo tuvo el propósito de evaluar las diferencias en la composición química de acuerdo al productor y al tiempo de maduración, así como a la posible interacción entre los dos factores. Se hizo especial énfasis en la búsqueda de elementos con posible poder nutraceutico. En los resultados se observó una humedad de  $32.2 \pm 0.7\%$ ,  $43.3 \pm 1.0\%$  BS (g/100 g queso seco),  $37.9 \pm 1.1\%$  BS de proteína y  $14.2 \pm 1.1\%$  BS de cenizas, en promedio. Las diferencias más importantes están entre los productores, más que en el tiempo de maduración. El contenido lipídico, elemento más variable tradicionalmente en todo tipo de producto lácteo, varió tanto en función de productor como de tiempo de maduración, y se encontró que entre los ácidos grasos los saturados representaban el 55%, los monoinsaturados, el 32.4% y los poliinsaturados, el 7%. Entre estos compuestos, destaca la presencia del ácido linoleico conjugado, por su valor como compuesto funcional, pues se encontraron concentraciones apreciables ( $0.054 \pm 0.011\%$  BS). En el mismo tamaño de muestra, se encontró que de los ácidos grasos  $\omega$  6, que también poseen valor nutraceutico, el más abundante fue el linoleico ( $0.94 \pm 0.02$  g) y el  $\gamma$ -linolénico fue el que se encontró en menor concentración ( $0.020 \pm 0.003$  g). De los ácidos grasos  $\omega$  3 destacó el  $\alpha$ -linolénico ( $0.400 \pm 0.008$  g). La relación  $\omega$  6:3 fue  $1.8 \pm 0.06$ , ligeramente inferior al nivel de consumo recomendado.

Por otro lado, en 100 g de queso seco se encontraron los aminoácidos esenciales valina ( $3.9 \pm 0.2$  g), leucina ( $3.7 \pm 0.2$  g) y fenilalanina ( $3.3 \pm 0.3$  g), principalmente. Entre los no esenciales destacan el ácido glutámico ( $6.5 \pm 0.3$  g), tirosina ( $4.6 \pm 0.3$  g) y asparagina ( $4.4 \pm 0.2$  g). De las vitaminas liposolubles, la A fue la que se encontró en mayor concentración ( $0.651 \pm 0.098$  mg) y entre las hidrosolubles, la B<sub>3</sub> fue la más abundante ( $21.26 \pm 1.47$  mg). El calcio y el sodio fueron los nutrimentos inorgánicos que se encontraron en mayor contenido ( $1341 \pm 21$  y  $1944 \pm 37$  mg, respectivamente).

Es de destacar que en casi todos los nutrimentos analizados hay diferencias significativas entre productores, tiempo de maduración y la interacción entre ambos factores, siendo la fuente de variación de productor la que presenta mayor impacto sobre la composición final del producto.



## INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, la leche y sus derivados han sido considerados alimentos básicos en la dieta del ser humano. Contienen proteínas de excelente calidad, vitaminas liposolubles e hidrosolubles, así como minerales indispensables para el buen desarrollo y funcionamiento del organismo. A pesar de estas virtudes cierto sector de la población los considera un factor de riesgo para la salud por el tipo de grasa que presenta y su relación con diversas enfermedades crónicas (Haug *et al.*, 2007). En contraparte, existen evidencias científicas de la presencia de compuestos constituyentes de la grasa láctea que proporcionan beneficios a la salud del consumidor, como es el caso del ácido linoleico conjugado y de diversos ácidos grasos esenciales como el  $\alpha$ -linolénico, eicosapentaenoico, docosapentaenoico, docosahexaenoico y el araquidónico, compuestos que el organismo no puede sintetizar y que, al ser indispensables, se deben obtener por medio de la dieta (Ip *et al.*, 1995; Haug *et al.*, 2007).

Existe una gran diversidad de productos lácteos al alcance del consumidor, y se destacan a las leches fermentadas, el yogurt y el queso. Este último conserva las características nutrimentales de la leche de forma concentrada por un periodo prolongado. Existen muchos tipos de queso que se adecuan al gusto del consumidor, cuya diversidad se origina en prácticas locales y características de la leche de cada región. En México se han reportado alrededor de 30 distintos tipos, tanto industriales como artesanales, entre los que se encuentra el *Cotija*, uno de los pocos quesos madurados que se consumen en el país y altamente apreciado a nivel nacional e internacional.

El queso Cotija es un producto artesanal que se originó hace más de 400 años, en la serranía limítrofe entre los estados de Jalisco y Michoacán. Se elabora a partir de leche cruda entera, de ganado criollo, alimentado por el sistema de libre pastoreo y madurado por un mínimo de 3 meses (Álvarez *et al.*, 2005) con lo que se logra la obtención de un producto con características nutrimentales y sensoriales distintivas, altamente apreciado nacional e internacionalmente. Es importante especificar que la zona de producción de la materia prima, la leche, y la zona de elaboración del queso Cotija es la misma. De hecho, el queso se caracteriza por ser producido por los mismos ganaderos, únicamente a partir de su propia producción de leche (Pomeón, 2007). Su calidad, tradición y autenticidad son resguardadas bajo la Marca Colectiva *Región de Origen*. La Marca Colectiva sirve para la protección comercial de los productos cuya calidad se vincula con el origen (Álvarez *et al.*, 2005). Se están impulsando proyectos de investigación, desarrollo y mejoramiento tecnológico para apoyar a los productores en la obtención de la Denominación de Origen, con el objetivo de ampliar su distribución y así llegar a nuevos mercados, además de darle una protección ante los quesos imitación y/o *tipo* Cotija, principalmente por tratarse de un producto obtenido por procesos y en condiciones de respeto a la biodiversidad del medio ambiente ya que las



particularidades de la zona, de sus recursos y del proceso de producción confieren a ese queso una calidad específica, que lo distingue de las numerosas imitaciones, los quesos *tipo Cotija*.

El queso Cotija no cuenta con un proceso de elaboración totalmente estandarizado, ni se lleva a cabo en condiciones de maduración y almacenamiento controladas. Tampoco cuenta con una Norma Oficial que se aplique en el ámbito nacional. Existen diversos estudios sobre el queso Cotija dentro de los que destacan el mejoramiento higiénico, estandarización del proceso de elaboración, detección de la microbiota presente (Bravo, 2007; García, 2006; Hernández, 2007; Hernández, 2007; Martínez, 2009; Zuñiga, 2009). En términos de composición, Hernández (2007) realizó un estudio con diversos quesos *Cotija Región de Origen* y concluyó que este producto se caracterizaba por presentar un alto contenido de sal, proteína y grasa, además de un bajo contenido de agua. En ese estudio se planteaba la posibilidad de que contuviera elementos de tipo funcional o nutracéutico, debido a la alimentación del ganado, de libre pastoreo.

Al día de hoy, se desconoce el tipo y contenido de microconstituyentes que están presentes y que podrían darle un mejor posicionamiento en el mercado y valor agregado, al contribuir a la salud de los consumidores (O'Connell, 2001). Por todo lo anterior, surgió el interés de realizar una tipificación en cuanto al perfil de ácidos grasos, aminoácidos, vitaminas y minerales presentes en este producto, lo cual aportaría mayor información para la definición del auténtico queso Cotija proveniente de Región de Origen y así facilitar la distinción con los quesos imitación y/o *tipo Cotija*.

Un aspecto importante a estudiar es la homogeneidad de los distintos quesos Cotija que se comercializan cada año por los distintos productores de la región de Jalisco. Con los resultados obtenidos se podría sugerir a los fabricantes enfocarse en operaciones específicas durante el proceso de elaboración del Cotija con el fin de obtener un producto más constante en sus características finales, lo que también podría resultar en una mejora de la comercialización del producto. Es por ello que en ese trabajo, se analizaron distintas muestras provenientes de los dos estados que conforman a la región de Jalisco, de los principales productores y de distintos tiempos de maduración, que cumplieran con el requisito mínimo de tres meses de maduración.



## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. PRODUCCIÓN MUNDIAL Y NACIONAL DE LECHE DE GANADO BOVINO

La leche es un alimento considerado básico en la dieta occidental y su producción a nivel mundial ha mostrado un incremento en los últimos años, tanto para ganado bovino como para otras especies (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Producción mundial de leche de distintas especies animales 2000-2008**

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>LECHE</b>	<i>( x 10<sup>3</sup> Toneladas)</i>								
<b>Total</b>	578,591	589,024	604,547	615,330	627,725	647,225	665,147	680,660	693,707
<b>Vaca</b>	489,964	497,175	510,631	518,006	527,354	543,347	558,826	571,403	578,450
<b>Búfala</b>	66,500	69,267	70,859	73,504	76,098	78,889	81,077	83,626	89,277
<b>Cabra</b>	12,651	12,918	13,345	13,858	14,077	14,559	14,605	14,976	15,215
<b>Oveja</b>	8,035	8,203	8,233	8,441	8,644	8,859	9,045	9,037	9,129
<b>Camella</b>	1,441	1,461	1,478	1,521	1,553	1,571	1,594	1,618	1,635

Fuente: FAOSTAT, 2010

Los principales países productores son Estados Unidos, India, China, la Federación Rusa, Alemania y Francia y destaca el incremento reciente de Brasil y China. México está en los primeros 20 países productores de leche de vaca. En nuestro país se observa que la producción nacional de leche de ganado bovino ha mostrado un crecimiento en los últimos años (Figura 1). Los avances alcanzados en la tecnificación de la producción lechera, las mejoras genéticas y en el equipamiento de las explotaciones, han sido las principales razones que han permitido el crecimiento de la producción de leche en nuestro país (Gallardo *et al.*, 2005).

A pesar de esta buena producción de leche fluida, el consumo *per capita* de los mexicanos es muy reducido (113 litros/habitante/año). Esto podría deberse a que la población prefiere consumir diferentes variedades y presentaciones de los derivados lácteos, como son: leches condensadas, evaporadas o fermentadas, yogurt, cajeta, helado, mantequilla y queso (SAGARPA, 2010). Este último, además de conservar mejor los sólidos de la leche fluida y presentar una mayor vida de anaquel, es ampliamente aceptado y consumido de forma masiva debido a su amplia variedad, en cuanto a composición, proceso de elaboración y características organolépticas, los cuales son determinantes para su consumo en el mercado, principalmente si se trata de quesos frescos, de sabor suave y de precios accesibles (Gallardo *et al.*, 2005).



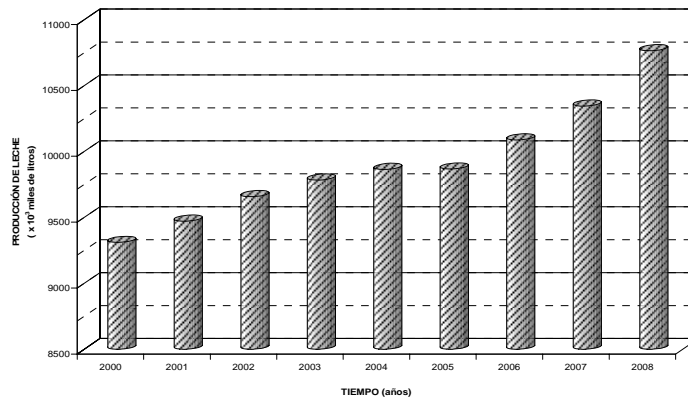


Figura 1. Producción nacional de leche de vaca 2000-2008 (FAOSTAT, 2010)

## 1.2. QUESO

Se piensa que el queso es el lácteo más antiguo en la historia del consumo humano. Algunos autores afirman que existen más de 1000 tipos diferentes de queso (Fox *et al.*, 2000). En México, el queso se ha elaborado desde tiempos de la Colonia, cuando los conquistadores españoles trajeron a la Nueva España los primeros hatos de ganado criollo. Pronto se desarrollaron zonas de fuerte actividad ganadera, tal como la de Los Altos de Jalisco, que desde antaño ha estado vinculada a la actividad productora del queso (Villegas de Gante, 2003).

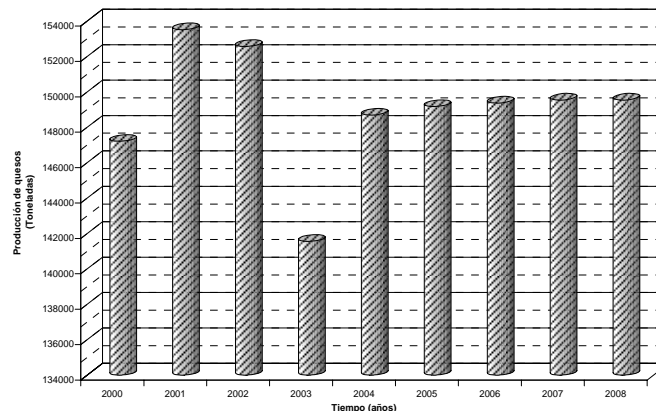
En nuestro país, el término *queso* está definido de acuerdo a la NOM-121-SSA1-1994, como al producto resultante de la concentración selectiva de las proteínas de la leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, para la formación de la cuajada, obtenida por la coagulación de la caseína por acción de cuajo, microorganismos lácticos, enzimas o ácidos orgánicos comestibles; con o sin tratamiento ulterior por calentamiento. La cuajada obtenida puede ser cortada, desuerada, salada, prensada y sometida o no a un proceso de maduración bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar cambios físicos y bioquímicos característicos del producto del que se trate, lo que permite prolongar la vida de anaquel del producto, el cual puede o no requerir condiciones de refrigeración para su almacenamiento.

Las modificaciones realizadas durante el proceso de elaboración del queso dan lugar a una amplia variedad de quesos, los cuales se ajustan al gusto de cada consumidor. Su clasificación depende de sus características de composición o de elaboración, la cual depende del criterio de cada autor. Algunos autores (Alais, 1985; Amiot, 199; Web *et al.*, 1978 y Álvarez *et al.*, 2005), los clasifican por: i) tipo de leche (de vaca, cabra, oveja); ii) tipo de coagulación (acidificación, adición de cuajo o la combinación de ambos); iii) contenido de grasa (doble crema, graso, semigraso, magros); iv) contenido de humedad (fresco, blando, semiduro, duro, extraduro); v) tipo de pasta (untable, friable, hilada); vi) tipo de



maduración (bacterias, mohos o la combinación de éstos); y vii) grado de maduración (fresco, oreado, seco).

Según FAOSTAT, (2010) aproximadamente el 34% de la producción nacional de leche se destina a la fabricación de quesos (Figura 2).



**Figura 2. Producción nacional de quesos 2000-2008 (FAOSTAT, 2010)**

En México se pueden encontrar, aproximadamente 20 tipos de quesos populares diferentes y más de 30 variedades genuinas<sup>1</sup> desconocidas por la población en general (Villegas de Gante, 2003). La mayoría de estos quesos genuinos son elaborados de manera artesanal y para el consumo en la región, a partir de leche cruda como son el Oaxaca, el Molido y el Cotija, entre otros.

### 1.2.1. CARACTERÍSTICAS NUTRIMENTALES

La importancia nutricional del queso radica en su capacidad por conservar las características nutritivas de la leche por un periodo prolongado, por lo tanto, el valor nutricional del queso depende del de la leche, el cual está influenciado por los efectos del proceso tecnológico sobre los nutrientes, así como por el manejo y conservación del producto. Por lo anterior, para entender el valor nutritivo del queso es indispensable hablar de las características nutrimentales de la leche.

En términos generales la leche contiene un 88% de agua y un 12% de materia sólida, de la cual el 4.5% son hidratos de carbono (lactosa), el 3.3% proteínas de alto valor nutritivo, principalmente la caseína y, un 3% de grasas. El resto está formado por vitaminas y minerales. Entre éstos, el contenido de lactosa

<sup>1</sup> Quesos elaborados a partir de leche fluida de vaca, con el empleo mínimo de aditivos, incorporando los permitidos por las normas vigentes. No incluyen grasa vegetal, ni derivados proteicos, a excepción de pequeñas cantidades, solamente para estandarizar el porcentaje grasa/proteínas.



en quesos es casi despreciable, ya que se pierde en el lactosuero y el remanente se convierte en ácido láctico o lactatos durante su elaboración y maduración, lo que lo convierte en un producto adecuado para ser consumido por personas intolerantes a la lactosa.

## LÍPIDOS

Los lípidos (del griego *lipos* que significa grasa) son los componentes más variables en la leche y los más controvertidos desde el punto de vista nutricional. Su contenido influye en aspectos económicos, nutritivos, características físicas y organolépticas. Se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que comparten la característica de su insolubilidad en agua y solubilidad en disolventes orgánicos (acetona, benceno, éter y cloroformo). Tienen propiedades comunes y similitudes en su composición, sin embargo algunos triglicéridos son muy hidrofóbicos, otros como los di y monoglicéridos tienen movilidad hidrofóbica e hidrofílica en su molécula por lo que pueden ser solubles en disolventes relativamente polares (Nielsen, 2003).

La leche de vaca contiene entre 3 y 6% de material lipídico. Esta grasa se encuentra, mayoritariamente entre 97–98% de su peso, en forma de triglicéridos y, el resto minoritario, en forma de colesterol (0.2–0.4%), fosfolípidos (0.2–1%) y trazas de ácidos grasos libres (0.2–0.5%). Los triglicéridos son ésteres de glicerol y ácidos grasos. Estos últimos son cadenas hidrocarbonadas que terminan en un grupo carboxilo (-COOH) en un extremo y un grupo metilo (-CH<sub>3</sub>) en el otro. Se pueden clasificar por la longitud de su cadena hidrocarbonada en ácidos grasos de cadena corta (4 a 6 átomos de carbono), mediana (8 a 12 átomos de carbono) y larga (14 ó más átomos de carbono), o bien, se pueden clasificar de acuerdo al grado de saturación de sus cadenas: saturados (sin dobles ligaduras), monoinsaturados (una doble ligadura) y los ácidos grasos con dos o más dobles ligaduras denominados poliinsaturados (Voet y Voet, 1995; Mataix, 2004).

En los ácidos grasos insaturados, la disposición espacial de los hidrógenos en las insaturaciones de las cadenas pueden presentarse en la conformación *trans* (opuestos) o *cis* (mismo lado), dependiendo de la orientación de dichos hidrógenos.

Los lípidos pueden desempeñar varias funciones: sirven directamente como fuente de energía (9 kcal/g), la cual puede variar de acuerdo a la concentración de este componente, o bien, puede ser almacenada en los tejidos grasos. Forman parte de la estructura de las membranas que constituyen la envoltura de células y elementos subcelulares y modulan su actividad como los fosfolípidos, participan en el control metabólico del colesterol y en la composición de hormonas y son transportadores de las vitaminas liposolubles A, D, E, K (Amiot, 1991). En el Cuadro 2 se muestra la estructura química de los principales ácidos grasos. Es importante mencionar que los ácidos grasos de interés biológico son aquellos ácidos carboxílicos de número par de átomos de carbono (fundamentalmente entre 4 y 26).

En el caso de la leche, la grasa láctea se encuentra en forma de glóbulos de un tamaño aproximado de  $4.55\mu\text{m}$ . Esta grasa en comparación con otros alimentos, se constituyen predominantemente de ácidos grasos de cadena mediana y larga tanto saturados como insaturados. Dentro de los saturados figuran el ácido butírico, láurico, mirístico, palmítico, y esteárico (Chilliard *et al.*, 2003). De acuerdo a Haug *et al.*, (2007), dentro la leche contiene un elevado contenido en ácidos grasos saturados de cadena corta (19g/L), lo que facilita su digestibilidad. En cuanto a los ácidos grasos insaturados (2g/L) encontramos al oléico, linoleico, linolénico y araquidónico (Amiot, 1991; Chilliard *et al.*, 2003). Dentro de estos ácidos se pueden encontrar bajas concentraciones de ácidos grasos *trans* de manera natural, debido a que éstos se forman por efecto de los microorganismos presentes en los compartimentos gástricos del rumiante, tal es el caso de *Butyrivibrio fibrisolvens* (Mataix, 2004).

De acuerdo a Chilliard *et al.*, (2003), alrededor de 5 a 15% del total de ácido linoleico (C18:1) son configuración *trans*, siendo el ácido vaccénico el principal ácido graso *trans*, del 35 al 40%. (Figura 3). Cuantitativamente, los isómeros *trans* del ácido palmitoleico representan menos del 0.2% del total.

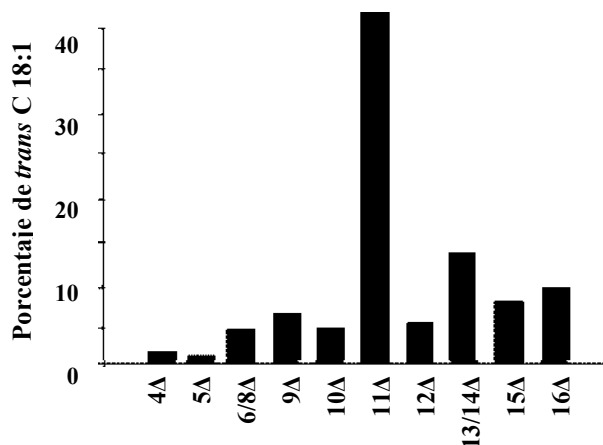


Figura 3. Proporción de los isómeros vaccénico en la grasa de leche de ganado.

El ácido linoleico actúa en la síntesis y degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Tienen un rol esencial en la transcripción y traducción de los polinucleótidos, así como en los procesos de expresión genética. Se recomienda un consumo de 8.3 mg/día (niños menores de 1 año), 8.4 y 11.3 mg/día (preescolares y escolares), 19.5 y 15.5 mg/día (adolescentes) y 14 mg/día para adultos (FAO/WHO, 2001).



Cuadro 2. Estructura química de algunos ácidos grasos de interés en alimentos

	ABREV.	NOMBRE SISTEMÁTICO	NOMBRE COMÚN	FÓRMULA CONDENSADA
Saturados	C4:0	Ácido butanoico	Butírico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
	C5:0	Ácido pentanoico	Valérico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
	C6:0	Ácido hexanoico	Caproico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
	C7:0	Ácido heptanoico	Enántico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$
	C8:0	Ácido octanoico	Caprílico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
	C9:0	Ácido nonanoico	Pelargónico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C10:0	Ácido decanoico	Cáprico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
	C11:0	Ácido undecanoico	Undecílico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
	C12:0	Ácido dodecanoico	Láurico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
	C13:0	Ácido tridecanoico	Tridecílico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
	C14:0	Ácido tetradecanoico	Mirístico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
	C15:0	Ácido pentadecanoico	Pentadecílico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$
	C16:0	Ácido hexadecanoico	Palmítico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
	C17:0	Ácido heptadecanoico	Margárico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{COOH}$
C18:0	Ácido octadecanoico	Esteárico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	
C20:0	Ácido eicosanoico	Araquídico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	
C22:0	Ácido docosanoico	Behénico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	
C24:0	Ácido tetracosanoico	Lignocérico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	
Monoinsaturados	C14:1	Ácido <i>cis</i> -9-tetradecenoico	Miristoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C15:1	Ácido <i>cis</i> -10-pentadecenoico	Pentadecenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
	C16:1	Ácido <i>trans</i> -9-hexadecenoico	Palmitolaidico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C16:1	Ácido <i>cis</i> -9-hexadecenoico	Palmitoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C17:1	Ácido <i>cis</i> -10-heptadecenoico	Heptadecenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
	C18:1	Ácido <i>cis</i> -9-octadecenoico	Oleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:1	Ácido <i>trans</i> -9-octadecenoico	Elaídico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
C18:1	Ácido <i>trans</i> -11-octadecenoico	Vaccénico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	
C20:1	Ácido <i>cis</i> -9-eicosaenoico	Gadoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	

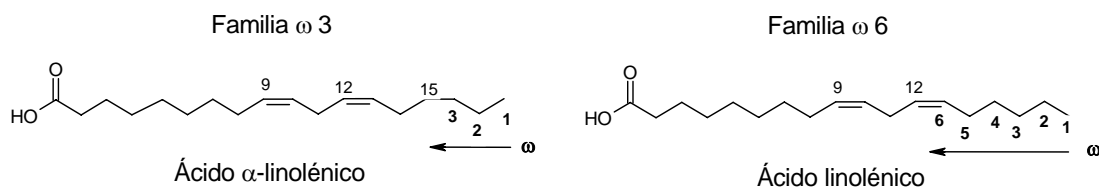
**Cuadro 2. Estructura química de algunos ácidos grasos de interés en alimentos (...continuación...)**

	ABREV.	NOMBRE SISTEMÁTICO	NOMBRE COMÚN	FÓRMULA CONDENSADA
<b>Monoinsaturados</b>	C20:1	Ácido <i>cis</i> -11-eicosaenoico	Gondoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
	C20:1	Ácido <i>trans</i> -9-eicosaenoico	Gadelaidico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C22:1	Ácido <i>cis</i> -11-docosenoico	Cetoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
	C22:1	Ácido <i>cis</i> -13-docosenoico	Erúcico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
	C22:1	Ácido <i>trans</i> -13-docosenoico	Brasidico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
	C24:1	Ácido <i>cis</i> -15-tetracosanoico	Nervonico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$
	C26:1	Ácido <i>cis</i> -17-hexacosenoico	Ximenico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{15}\text{COOH}$
	C30:1	Ácido <i>cis</i> -21-triacosenoico	Lumequico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{19}\text{COOH}$
<b>Polinsaturados</b>	C18:2	Ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-octadecadienoico	Linoleico (AL)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:2	Ácido <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11- octadecadienoico	Ruménico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:2	Ácido <i>trans</i> -9, 12- octadecadienoico	Linolelaidico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:3	Ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12- octadecatrienoico	$\gamma$ -Linolénico (AGL)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_2(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
	C18:3	Ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15- octadecatrienoico	$\alpha$ -Linolénico (AAL)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:3	Ácido <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12, <i>trans</i> -15- octadecatrienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	C18:4	Ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15-octadecatetraenoico	Estearidónico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
	C20:2	Ácido <i>cis</i> -11,14-eicosadienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
	C20:3	Ácido <i>cis</i> -3, <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9- eicosatrienoico	Linolénico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3\text{COOH}$
	C20:3	Ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11- eicosatrienoico	Mead's	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
	C20:3	Ácido <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14- eicosatrienoico	Dohomo- $\gamma$ -linolénico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
	C20:3	Ácido <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17-eicosadienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
	C20:4	Ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14- eicosatetraenoico	Araquidónico (AA)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_4(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
	C20:5	Ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17- eicosapentaenoico	Timnodónico (AEP)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
	C22:2	Ácido <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-docosadienoico		$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_2(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
	C22:4	Ácido <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-docosatetraenoico	Adrénico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_4(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$
	C22:5	Ácido <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-docosapentaenoico	Osmond (ADP)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
	C22:5	Ácido <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19-docosapentaenoico	Clupanodónico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$
C22:6	Ácido <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19-docosahexaenoico	Cervónico (ADH)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_6(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	

Fuente: Modificado de Lobb y Chow, 2000

Entre los ácidos grasos insaturados presentes en la leche se tiene a los de la familia de los omega ( $\omega$ ), término que indica la localización de la primera doble ligadura a partir del grupo metílico terminal ( $-\text{CH}_3$ ) de la molécula del ácido graso.

Las familias más importantes de los ácidos grasos  $\omega$  son: los  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 (Figura 4). De acuerdo a Lobb y Chow (2000) y Ronayne (2000) dentro de los ácidos grasos  $\omega$ -3 se encuentran: el ácido  $\alpha$ -linolénico (AAL), eicosapentaenoico (AEP), docosapentaenoico (ADP) y docosahexaenoico (ADH). Por su parte, entre los ácidos  $\omega$ -6 destacan el ácido linoleico (AL),  $\gamma$ -linolénico (AGL) y el araquidónico (AA). Estos ácidos grasos son considerados como esenciales (o indispensables) debido a que no pueden ser sintetizados por el organismo, por lo que tienen que ser consumidos en la dieta.



**Figura 4. Estructura de dos ácidos grasos esenciales** (Ronayne, 2000)

El metabolismo enzimático de estos ácidos grasos produce una amplia variedad de productos oxidados a los que, en conjunto, se denomina eicosanoides. Los eicosanoides derivados del AA son los prostanoïdes (prostaglandinas y tromboxanos) de la serie 2 y de los leucotrienos de la serie 4, mientras que del AEP se derivan los prostanoïdes de la serie 3 y leucotrienos de la serie 5. La biosíntesis de dichos compuestos se realiza a través de la cicloxigenasa y de la lipoxigenasa, existiendo una competencia entre AEP y AA a nivel de dichas enzimas. Los eicosanoides que resultan de dichos ácidos poseen propiedades fisiológicas diferentes e incluso contrapuestas. Las prostaglandinas y tromboxanos se relacionan con funciones secretoras, digestivas, reproductivas y circulatorias, mientras que los leucotrienos intervienen en respuestas alérgicas, inflamatorias e inmunes, y en la quimiotaxis. Estos ácidos grasos ejercen diversas acciones sobre los diferentes sistemas: cardiovascular, reproductivo, respiratorio, renal, endocrino, nervioso e inmune al regular de manera directa o indirecta una serie de procesos importantes como la regulación de la sangre, la inflamación, agregación plaquetaria, las alergias, la presión sanguínea y la contracción de los músculos lisos (Ronayne, 2000; Lee y Hwang, 2008).

Aunque los ácidos grasos  $\omega$  son importantes para la producción de prostaglandinas, por sí solos son biológicamente inactivos y el organismo no los puede utilizar en su forma natural. Para que puedan cumplir con sus funciones deben sufrir primero varias transformaciones. Éstas son sucesiones de reacciones que conducen hacia la desaturación (agrega un doble enlace a través de la eliminación de hidrógeno) y a la elongación (agrega dos átomos de carbono) de la cadena de átomos de carbono. Los



ácidos grasos  $\omega$  que se sintetizan por los sistemas de los mamíferos que tienen cuatro enzimas desaturasas diferentes, capaces de producir dobles enlaces en los carbonos 4, 5, 6 y 9 generando diversos ácidos grasos indispensables para el ser humano. Según Ronayne (2000), los ácidos grasos de cadena más larga y más insaturada (AA, AEP y ADH), se sintetizan a partir del ácido linoleico y el  $\alpha$ -linolénico por desaturación y elongación alternantes (Figura 5). Se dice que los ácidos AA y el ADH son importantes para el crecimiento infantil, para el desarrollo neurológico y de las funciones visuales. Por su parte Simopoulos (2006) menciona que los ácidos grasos  $\omega$ -3 tienen efectos hipocolesterolémicos, disminuyendo el colesterol total y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés), las cuales son complejos macromoleculares sintetizados por el hígado que transportan triglicéridos, ésteres de colesterol y fosfolípidos principalmente hacia los tejidos extrahepáticos.

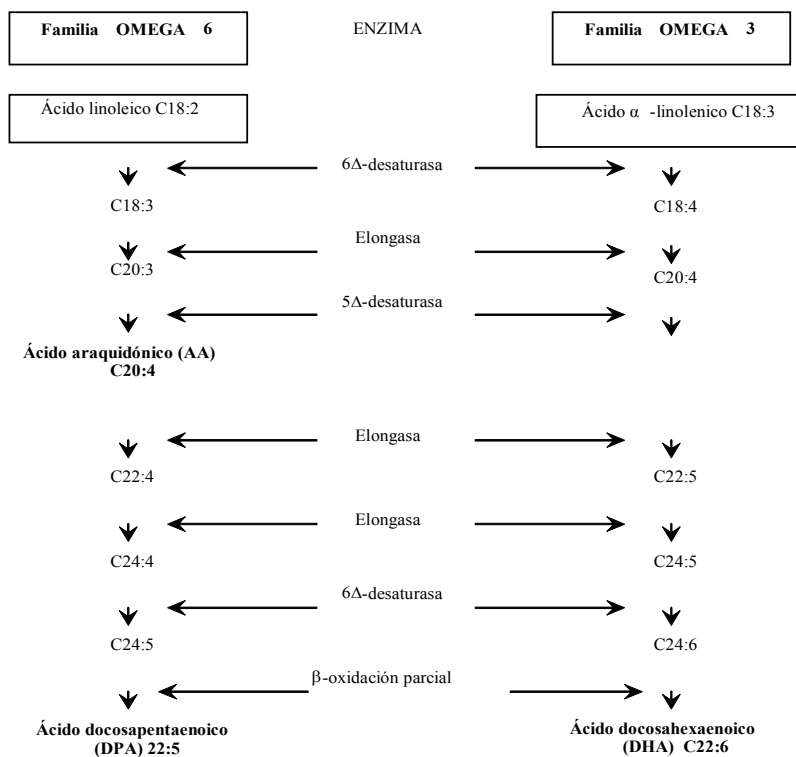


Figura 5. Metabolismo de los ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 (Ronayne, 2000)

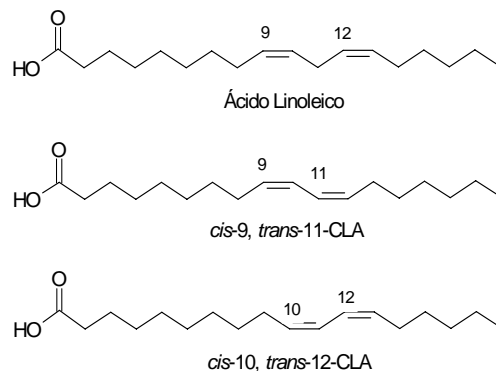
Los ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 desempeñan un papel importante en la alimentación del ser humano. En la dieta se requiere una relación óptima de ácidos grasos  $\omega$ -6: $\omega$ -3 debido a que éstos compiten por la producción de eicosanoides. La ingesta desbalanceada de dichas familias de ácidos indispensables altera el perfil de dichos compuestos y consecuentemente influye sobre la agregación plaquetaria, el tono de los vasos, la actividad trombogénica y sobre las funciones antiinflamatorias, antiinfecciosas e inmunoprotectoras (Lee y Hwang, 2008). Ronayne (2000) señala que los ácidos grasos  $\omega$ -3 reducen la



tendencia a la formación de trombos, disminuyen la agregación plaquetaria y la viscosidad sanguínea, mientras que un exceso de ácidos grasos  $\omega$ -6 tendría un efecto contrario.

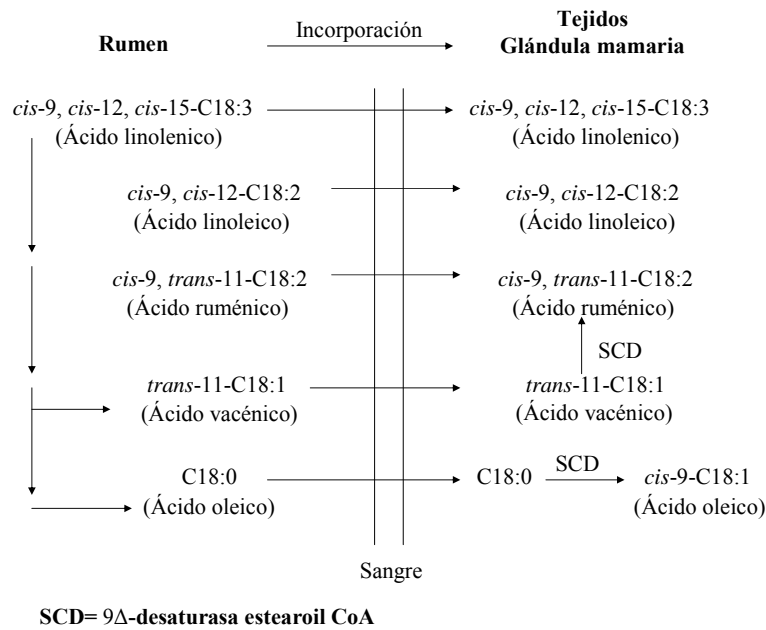
De acuerdo a Haug *et al.*, (2007), la relación óptima de ácidos grasos  $\omega$ -6: $\omega$ -3 en la dieta aún no está clara, algunos autores sugieren que la relación debe estar en el intervalo desde 2:1 hasta 10:1. Según Delplanque *et al.*, (2003) la relación óptima  $\omega$ -6: $\omega$ -3 debe ser 6:1 para British Nutrition Foundation Task Force (1992), 5:1 a 6:1 para Scientific Review Committee of Canada (1990), 5:1 a 10:1 para FAO/WHO expert Committee on fats and oils in Human Nutrition (1994) y 4.5:1 a 6:1.5 para Scientific Committee for Food of the European Community (1993). Simopoulos (2006) recomienda consumir alimentos con una proporción de 1:1 para prevenir enfermedades crónicas, cardiovasculares y cáncer.

Otro ácido graso de gran importancia en la grasa láctea es el ácido linoleico conjugado (CLA, por sus siglas en inglés). El término CLA hace referencia a una serie de isómeros del ácido linoleico (*cis*-9, *cis*-12-octodecadienoico, AL) que poseen sus dobles enlaces en posición conjugada (Figura 6), principalmente en los carbonos 9, 11 ó 10, 12 en la configuración *cis* o *trans* (Watkins y Li, 2002; Zlatanov *et al.*, 2002).



**Figura 6. Estructura química del AL y los dos isómeros principales del CLA (Watkins y Li, 2002)**

La presencia de CLA en la leche surge de la hidrogenación microbiana, directa o indirectamente, de los ácidos grasos poliinsaturados, es decir, es el resultado de dos diferentes vías de biosíntesis (Figura 7). La primera es denominada bioconversión, en la que los ácidos grasos poliinsaturados ingeridos en la dieta, como el AL, son transformados enzimáticamente por diferentes bacterias presentes en el rumen, generando el CLA (Gnädig *et al.*, 2003). A lo largo de la vía de biohidrogenación, el AL da origen al ácido esteárico lo que a su vez da origen a varios ácidos grasos *trans* como intermediarios, como el ácido ruménico, el cual es el principal isómero (más del 90%) del CLA en leche de vaca (Chilliard *et al.*, 2003).



**Figure 7. Vías metabólicas para la biosíntesis del CLA (Chilliard *et al.*, 2003)**

La segunda, la desaturación del ácido vaccénico en la glándula mamaria. En el año de 1967, Kleper y Tove aislaron la enzima linoleato isomerasa del rumen, donde se identificó a la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens*, como la responsable de la isomerización del AL en ruménico, el primer paso de la vía. Posteriormente, el doble enlace en la posición delta-9 ( $\Delta 9$ ) es hidrogenado para formar ácido vaccénico por la acción de la estearil Co A desaturasa, la misma enzima responsable de la producción del oleico a partir de esteárico (Wood *et al.*, 2008). El ácido vaccénico es hidrogenado a ácido esteárico. Los intermediarios (ácido ruménico y vaccénico) son acumulados y absorbidos en el intestino y se incorporan en diferentes tejidos. La segunda vía consiste en la conversión endógena del ácido vaccénico a ruménico por la acción de la enzima 9 $\Delta$ -desaturasa presente en la glándula mamaria. Dicha vía es la más importante cuantitativamente, ya que genera cerca del 60% de CLA presente en la grasa de la leche (Gnädig *et al.*, 2003).

El CLA es ampliamente estudiado por la gran cantidad de propiedades benéficas reportadas en relación a su efecto sobre la salud del consumidor. Según Zlatanov *et al.*, (2002), las primeras observaciones de los beneficios del CLA ocurrieron hace más de dos décadas, cuando en 1986 un grupo de investigadores encontraron en la carne un factor antimutagénico que consistía en una serie de isómeros conjugados del AL. Después de varios estudios se encontró que el CLA era el único entre los agentes anticancerígenos naturales que presentaba efectos potentes en niveles extremadamente bajos y que se encontraba en los productos lácteos y la carne de animales rumiantes (Bauman, 2002).



Se le atribuyen diversos efectos fisiológicos positivos, tales como: la inhibición de la carcinogénesis inducida químicamente en varios modelos de roedores, fortalecimiento de la respuesta inmune en roedores y gallinas, reducción de la aterosclerosis en conejos y ratones, mejora del crecimiento en ratas y cerdos, disminución de la grasa corporal en ratones, ratas, cerdos, perros y humanos (Pariza *et al.*, 2001). Aunque el efecto más importante del CLA es la actividad anticarcinogénica, principalmente contra el cáncer de mama (Ip, *et al.*, 1994; Ip *et al.*, 1995; Ip *et al.*, 1999; Ip *et al.*, 2003; Gnädig, *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2005; MacDonald, 2000; Pariza *et al.*, 1999; Pariza *et al.*, 2001).

Khanal y Olson (2004) reportó que algunos de los efecto benéfico en la salud del CLA son que actúan como anticancerígeno, antiaterogénico, antiobesidad y modelador de la inmunidad. Sin embargo, el efecto más importante del CLA es la actividad anticarcinogénica, principalmente contra el cáncer de mama (Ip *et al.*, 1991). Ip *et al.*, (1994 y 1995) concluyó que el CLA inhibió el desarrollo de tumores mamarios en ratas inducidos con dimetilbenzo[ $\alpha$ ]antraceno, además de que concentraciones entre 0.5 y 1.5% de CLA reducían el número de adenocarcinomas de 32 al 60%, disminuyendo la incidencia y el tamaño del tumor. Así mismo, en 1995, se demostró que una dieta con 1% de CLA iniciada después del destete (21 días posparto) y hasta los 42 días de edad, fue suficiente para inhibir la carcinogénesis mamaria cuando el cancerígeno se aplica al día 50 de edad (Ip *et al.*, 1995). En modelos animales de carcinogénesis química se ha demostrado que el CLA inhibe la formación de papilomas de piel, cáncer de estomago, cáncer de colon y tumores mamarios (Ip *et al.*, 2003).

El consumo de productos lácteos representa una fuente natural de CLA para el ser humano (Chilliard *et al.*, 2000), siendo el queso el producto con el contenido más significativo en CLA. La concentración de CLA en varios productos lácteos se encuentra en un intervalo de 0.55 a 24 mg/g de grasa (Watkins y Li, 2002) y depende en gran medida del contenido inicial de CLA en la leche empleada para su elaboración (Zlatanos *et al.*, 2002). La variación en el contenido de CLA en la leche de animales rumiantes se ha asociado con varios factores, como la raza del animal, la etapa de lactancia, el número de partos, el procesamiento, entre otros (Khanal y Olson, 2004). Sin embargo, la dieta del animal es el factor más importante que influye en las concentraciones de CLA en la grasa de leche y sus derivados (Kraft *et al.*, 2003).

Otra molécula de interés biológico en la fracción lipídica es el colesterol (colest-5-en-3 $\beta$ -ol). Estructuralmente es un núcleo derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno, molécula que pertenece al grupo de los esteroides. Químicamente, está constituido por 83.87% carbono, 11.99% hidrógeno y 4.145% de oxígeno, es una molécula de 27 carbonos que contiene ocho centros asimétrico, aproximadamente tiene 240 isómeros y presenta 2 centros quirales. Este compuesto insaponificable tiene una parte hidrofílica que es la parte de la molécula donde se sitúa el OH, en el carbono 3, donde se dan principalmente las reacciones químicas (formación de ésteres, oxidación, entre otras) y el resto de la molécula tiene características hidrofóbicas.



El colesterol puede ser de origen exógeno, es decir que se obtiene de los alimentos, o bien, endógeno, el cual se sintetiza por el mismo organismo, principalmente en el hígado (aproximadamente 80%) en forma de ácidos biliares que ayudan a la digestión de los lípidos en el intestino, formando gotas de grasa más pequeñas y más solubles en agua, y por tanto, más susceptibles a la acción hidrófila de las lipasas, aunque se sabe que otros tejidos como intestino, piel, corteza adrenal y pared arterial, entre otros, también participan en este proceso.

De acuerdo a Devlint (1999), el colesterol está asociado con la aterosclerosis, es el endurecimiento de las arterias. Ésta es una enfermedad progresiva, que inicia en forma de depósitos de lípidos intracelularmente en las células del músculo liso de la pared interior de la arteria, lesiones que acaban transformándose en placas fibrosas calcificadas, que estrechan e incluso bloquean las arterias. Sin embargo, es un componente esencial de las membranas celulares, es precursor metabólico de las hormonas esteroideas, que incluyen la aldosterona (encargada de mantener el balance de sodio, cloro e indirectamente de agua), el cortisol (que regula algunas interrelaciones del metabolismo de glúcidos, lípidos y aminoácidos), la progesterona (necesaria durante el embarazo y el ciclo menstrual) y los andrógenos y estrógenos (responsables, de las características sexuales secundarias masculinas y femeninas, respectivamente).

Del colesterol se forma la vitamina D<sub>3</sub>, que en su forma activa es una hormona, la cual tiene a su cargo la regulación de la absorción intestinal del calcio y de varios aspectos de su metabolismo (Bourges, 1990).

## **PROTEÍNAS.**

La leche de vaca contiene de 3-3.5% de proteínas, distribuida en caseínas, proteínas solubles o seroproteínas y sustancias nitrogenadas no proteicas. La caseína,  $\beta$ -lactoglobulina y la  $\alpha$ -lactoalbúmina conforman entre el 90 y 95% de la proteína total de la leche, las cuales son sintetizadas en la glándula mamaria. La seroalbúmina y las inmunoglobulinas 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 (Akers, 2002; Cole y Van Lunen, 2003).

Se considera a las proteínas lácteas como de un alto valor nutricional y han sido empleadas como referencia para determinar la calidad proteica de diversas fuentes por la FAO. La leche y sus derivados constituyen una fuente concentrada de proteínas que presentan la ventaja de poseer una composición



relativamente bien equilibrada de aminoácidos, en especial en esenciales. Las proteínas lácteas son capaces de cubrir las necesidades de aminoácidos del hombre, además de que se caracterizan por presentar una alta digestibilidad y valor biológico. Actúan como un tipo de materia plástica elemental sobre la que se estructuran casi todas las funciones celulares y tienen un papel potencial como factores y moduladores del crecimiento. También desempeñan un papel energético secundario relevante ya que, promedio contribuyen con un 12% de las calorías totales ingeridas (Amiot, 1991; Schlimme, 2002; Varnam, 1995).

Las proteínas son fuente de aminoácidos esenciales y no esenciales. Los aminoácidos esenciales, denominados así porque no pueden ser sintetizados por el organismo a la velocidad y en la cantidad requerida, por lo que deben ser suministrados por la dieta, son: la histidina, valina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, treonina, fenilalanina y triptófano, los cuales son indispensables para la síntesis tisular y para la formación de hormonas, enzimas, jugos digestivos, anticuerpos y otros constituyentes orgánicos (Damodaran, 1996). 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, así como el 50% de 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, prolina y asparagina se sintetizan en la glándula mamaria; por su parte, la glicina, serina y alanina pueden ser sintetizados en su totalidad por este órgano a partir del metabolismo de carbohidratos y ácidos grasos volátiles.

## VITAMINAS

Las vitaminas son sustancias orgánicas presentes en cantidades muy pequeñas en los alimentos, pero necesarias para el mantenimiento normal de la fisiología del organismo humano (FAO, 2010b). Forman parte de la composición del organismo y proceden directamente de la alimentación. Según Luque-García y Luque de Castro (2001) se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo a su solubilidad en agua.

La leche es fuente importante de vitaminas liposolubles, que son A, D, E y K. A la vitamina A, también se le conoce como retinol, sintetizado por plantas y microorganismos. Actúa como hormona y es esencial en el ciclo visual, así como en la química de diferenciación y crecimiento celular de la mucosa epitelial, del tracto respiratorio, glándulas salivares, boca, tracto intestinal, riñones, vagina y uretra. Interviene en otros procesos fisiológicos, incluyendo la espermatogénesis, el desarrollo fetal, la respuesta inmunológica, el desarrollo embrionario, entre otros (Haug *et al.*, 2007; Villalpando *et al.*, 2005). Su deficiencia en el organismo conduce a una serie de síntomas que incluyen resequedad de la



piel, ojos y mucosas, retarda el desarrollo y crecimiento así como ceguera nocturna. Esta vitamina se encuentra únicamente en productos animales. En la leche se puede encontrar en concentraciones de alrededor de 280  $\mu\text{g/L}$  (Haug *et al.*, 2007, Luque y Luque, 2001). La FAO y OMS recomiendan el consumo desde 400  $\mu\text{g}$  de equivalentes de retinol para los niños de 7 a 12 meses de edad hasta 600  $\mu\text{g}$  por día para adultos. En el caso de mujeres embarazadas y en lactancia es de 800 y 850  $\mu\text{g/día}$ . El contenido de vitamina A en la leche variará en forma importante de acuerdo a la alimentación de la vaca.

La vitamina D es una prohormona esteroide que se encuentra en animales, plantas y levaduras. El ergosterol está presente en plantas y levaduras, y el 7-deshidrocolesterol en animales. El ergosterol difiere del 7-deshidrocolesterol sólo en su cadena lateral, la cual es insaturada y contiene un grupo metilo extra. En los alimentos, esta vitamina exhibe una isomerización térmica reversible a sus correspondientes previtaminas ( $D_2$  y  $D_3$ , formas activas) y no es afectada por la luz o catálisis. Sin embargo, cuando ha sido aislada se vuelve susceptible a la descomposición por la luz y oxígeno (Ball, 1998; Mayes, 2001; Robinson *et al.*, 1991)

La vitamina D ayuda al cuerpo a controlar apropiadamente los niveles de calcio y fósforo ya que regula su absorción. Cuando el cuerpo carece de esta vitamina, es incapaz de controlar adecuadamente los niveles de estos minerales. Si los niveles sanguíneos de esos minerales disminuyen demasiado, el cuerpo puede producir otras hormonas corporales para estimular la liberación de calcio y fósforo de los huesos, lo cual lleva a que se presenten huesos débiles y blandos (raquitismo). La diferencia del raquitismo con la osteomalacia radica en que los huesos son más blandos, tienen una cantidad normal de colágeno que le da a los huesos su estructura, pero carecen de calcio (Holick, 2002). La FAO/WHO (2001) recomienda un aporte nutricional de vitamina D de 5  $\mu\text{g/día}$  para niños de 6 a 12 años hasta 10  $\mu\text{g/día}$  para adultos.

La vitamina E incluye a toda la familia de los tocoferoles y tocotrienoles. Presenta ocho formas diferentes: el isómero  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  tocoferol, así como el  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  tocotrienol, y el  $\alpha$ -tocoferol es la forma más activa en humanos.

El  $\alpha$ -tocoferol ( $\alpha$ -TTP) puede ser destruido fácil y rápidamente tanto por la luz solar así como de la luz artificial con longitud de onda de la región UV. Puede ser oxidado por el oxígeno atmosférico a la forma de quinona, lo cual puede ser acelerado por la luz, calor, alcalinidad por metales traza.

Dentro de los beneficios del consumo de esta vitamina se encuentran la reducción del riesgo de cáncer de próstata, participa en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares (Weinstein *et al.*, 2005; Kaufer y Aguilar, 2005). Es una de las vitaminas que presenta actividad antioxidante contra la oxidación de lípidos contribuyendo de esta forma a mantener estables las estructuras de las



membranas celulares. Esta actividad depende de la temperatura, composición lipídica, estado físico y de la concentración de  $\alpha$ -TTP (Cuppert *et al.*, 1997). Existen funciones de la vitamina E que no están relacionadas con el papel de antioxidante, como la modulación de enzimas microsomales, la inhibición de la proteína cinasa C, inducción de apoptosis, protege a la lipoproteína de baja densidad (LDL, por sus siglas en inglés) de la oxidación y de esta manera evita la formación de ateromas (ateroesclerosis), protege al sistema nervioso, al músculo y la retina de la oxidación, y finalmente interviene en la velocidad de agregación plaquetaria a través de la prostanglandina E, modulación de la respuesta inmunitaria (linfocitos T), intervención en los procesos de desarrollo fetal y en la gestación por regulación en la expresión génica, además de promover la formación normal de eritrocitos y su estabilidad (Kaufer y Aguilar, 2005; Sokol, 1997; Podsedek, 2007).

Las necesidades diarias son del orden del 2.7 mg/día para los niños de 7 a 12 meses de edad a 10 mg/día de  $\alpha$ -tocoferol o equivalentes (FAO/WHO, 2001). En la leche se pueden encontrar concentraciones de vitamina E de 0.6 mg/L (Haug *et al.*, 2007).

Según la FAO/WHO (2001), la tiamina ( $B_1$ ) es una de las vitaminas más inestables. Tiene una estructura de uniones débiles y se descompone con facilidad en un medio alcalino. Químicamente, consiste en dos anillos: pirimidina y tiazol, unidos por un metileno. La tiamina es muy soluble en agua. Resiste temperaturas de hasta 100 °C, pero tiende a destruirse si se calienta en exceso. Tiene una función muy importante como coenzima en el metabolismo de los carbohidratos en los seres humanos. Interviene en el complejo mecanismo de la ruptura u oxidación de los carbohidratos y en el metabolismo del ácido pirúvico. La energía que emplea el sistema nervioso deriva por completo de los carbohidratos y una carencia de tiamina bloquea la utilización final de ellos y lleva a un déficit de energía y a lesiones en los tejidos nerviosos y el cerebro. La FAO y la OMS recomiendan consumir 0.4 mg por 1,000 kcal. En niños de 6 a 12 meses es de 0.3 mg/día y en adultos de 1.2 mg/día (FAO/WHO, 2001).

La riboflavina ( $B_2$ ) es mucho menos soluble en agua y más resistente al calor que la tiamina. Actúa como coenzima comprometida en la oxidación tisular. Es sensible a la luz solar; por ejemplo, si la leche se deja expuesta puede perder cantidades considerables de esta vitamina (FAO, 2010b). Participa como coenzima en numerosas reacciones de oxidación y reducción. Dentro de sus principales fuentes se encuentran a la leche y sus productos no grasos.

El aporte nutricional recomendado por la FAO y la OMS de riboflavina es de 0.4 mg/día para niños de 7 a 12 meses de edad a 1.3 mg/día para adultos. Para las mujeres embarazadas y en lactancia se recomienda 1.4 y 1.6 mg/día (FAO/WHO, 2001)



La niacina es un derivado de la piridina, soluble en agua, sumamente estable. Esta vitamina tiene dos formas, ácido nicotínico y nicotinamida (niacinamida). Su función principal en el cuerpo es la oxidación tisular al participar como cosustrato/coenzima para la transferencia de hidrogeno con diversas enzimas (deshidrogenasas). La cantidad adecuada para cualquier persona es 20 mg por día. Las necesidades de niacina se ven afectadas por la cantidad de triptófano en la proteína que se consume, así como la dieta básica. La FAO y la OMS sugieren 6.6 mg de niacina por 1000 kcal en la dieta. El aporte nutricional recomendado para la niacina según la edad va de 4 mg/día para niños de 6 a 12 meses a 15 mg/día en adultos. Para mujeres embarazadas o en lactancia es de 18 y 17 mg/día, respectivamente (FAO/WHO, 2001).

La piridoxina (B<sub>6</sub>) es muy común en alimentos de origen animal y vegetal. La vitamina B<sub>6</sub> es un conjunto de tres compuestos químicos semejantes: piridoxina, piridoxal y piridoxamina. Los compuestos difieren en el átomo de carbono en la posición cuatro del núcleo piridina: un alcohol primario (piridoxina), el aldehído correspondiente (piridoxina) y un grupo aminoetil (piridoxamina). Es importante como coenzima en muchos procesos metabólicos (aminoácido, glucógeno, entre otros). El aporte nutricional recomendado para la piridoxina es de 0.3 mg/día para niños de 6 a 12 meses a 1.4 mg/día para adultos. Para el caso de mujeres embarazadas y en lactancia es de 1.9 y 2mg/día de piridoxina (FAO/WHO, 2001).

### **NUTRIMENTOS INORGÁNICOS (MINERALES)**

La leche de vaca contiene alrededor de 1% de nutrimentos inorgánicos. Es una fuente muy rica de calcio, más rica que la leche humana. Mientras que un litro de leche humana contiene 300 mg de calcio, un litro de leche de vaca contiene 1,200 mg; sin embargo, es una fuente pobre de hierro. La leche humana contiene cerca de 2 mg de hierro por litro y la leche de vaca apenas la mitad de esta cifra (FAO/WHO, 2001).

Los nutrimentos inorgánicos, comúnmente conocidos como minerales, son elementos indispensables para el desarrollo del ser humano (FAO, 2010b). Se pueden clasificar en macronutrimentos y micronutrimentos o elementos trazas. Los primeros se refieren a elemento que se requieren de 10 hasta 100 mg al día como es el caso del calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl) y azufre (S). Los segundo se refieren a metales que en materiales biológicos rara vez exceden el intervalo de 0.001 a 5 ppm como sucede con el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobalto (Co), yodo (I), molibdeno (Mo) y selenio (Se). A continuación se mencionan las principales características de algunos de estos nutrimentos inorgánicos.

El calcio es un catión divalente responsable de muchas funciones estructurales de los tejidos duros y blandos del organismo. Alrededor del 90% del calcio se localiza en los huesos y en los dientes, donde





las sales cálcicas son un componente esencial que provee solidez estructural. Interviene en importantes funciones metabólicas como: la función muscular, en el intercambio de iones a través de la membrana celular y en la permeabilidad capilar, el estímulo nervioso, actividades enzimática y hormonal, el transporte del oxígeno, de la regulación de la transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos, la secreción celular, la frecuencia cardíaca, función renal y la coagulación sanguínea. Por esta razón el calcio es un componente esencial para la funcionalidad integral de los sistemas nervioso, muscular y esquelético. La deficiencia de calcio en el organismo provoca osteoporosis (Guyton, 1997). El aporte diario recomendado de calcio es de 400mg/día para niños de 6 a 12 meses hasta 1200 mg/día para adultos (FAO/WHO, 2001).

El fósforo participa conjuntamente con el calcio en la constitución del sistema óseo y dental. En las células forma parte de los fosfolípidos, las fosfoproteínas y los ácidos nucleicos; es responsable del almacenamiento de la energía celular como enlaces de fosfato de alta energía, es regulador alostérico de muchas enzimas y participa en los sistemas fisiológicos de amortiguación. Las necesidades de fosfato son del orden de 320 a 960 mg/día (Amiot, 1991; FAO/WHO, 2001).

El hierro es el componente principal de la hemoglobina y la mioglobina. También es esencial en los alimentos, pues forma parte de los pigmentos y de una serie de enzimas: peroxidasa, catalasa, hidrolasa y enzimas flavínicas. Las necesidades dependen de la edad y el sexo, son del orden 1 a 2.8 mg/día, o bien, 14 µg/kg peso/día (FAO/WHO, 2001).

El potasio es un catión esencial en el metabolismo energético al activar las enzimas de la glicólisis y de la cadena respiratoria, el transporte de membrana y el mantenimiento de la diferencia de potencial a través de las membranas celulares, además de presentar la función fisiológica de mantener la presión osmótica, junto con el calcio y el cloro. Su aporte recomendado es de 500 mg al día (FAO/WHO, 2001).

El sodio es un mineral que regula la presión osmótica de los líquidos extracelulares e interviene en la transmisión del impulso nervioso a los músculos. El aporte recomendado es de 0.2 a 0.5 g al día (FAO/WHO, 2001).

El zinc es un elemento esencial presente en el esqueleto, tejidos y algunos órganos. Se encuentra en muchas metaloenzimas importantes y esenciales para el metabolismo (alcoholdehidrogenasa, lactodehidrogenasa, malatodehidrogenasa, glutamatodehidrogenasa, carboxipeptidasa A y B, y carbonicoanhidrasa). También participa como activador de otras enzimas (dipeptidasas, fosfatasa alcalinas, lecitinasa y enolasa) y estabilizador de estructuras moleculares de constituyentes subcelulares y membranas. Actúa en la síntesis y degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Tienen un rol esencial en la transcripción y traducción de los polinucleótidos, así



como en los procesos de expresión genética. Se recomienda un consumo de 8.3 mg/día (niños menores de 1 año), 8.4 y 11.3 mg/día (preescolares y escolares), 19.5 y 15.5 mg/día (adolescentes) y 14 mg/día para adultos (FAO/WHO, 2001).

El cobre es un componente de una serie de enzimas de oxidorreducción: citocromooxidasa, superóxido dismutasa, tirosinasa, uricasa y aminooxidasa. En el plasma el cobre es transportado por una proteína, la ceruloplasmina que cataliza la reacción del  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$ , paso importante para que el hierro sea transportado por la transferrina. Las necesidades de cobre son 0.5 mg/día (0-0.5 años) hasta 3 mg/día en adultos (FAO/WHO, 2001)

El plomo es de gran importancia en la salud pública, debido a que comúnmente causa toxicidad. Puede llevar a problemas neurológicos y mentales, así como provocar anemia.

### 1.2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL QUESO

De acuerdo a Alais (1985), Amiot (1991) y Luquet (1993), la calidad del queso puede ser afectada por diversos factores entre los que se encuentran:

**A. Factores de producción.** La producción y composición del queso tiene una relación directa con la producción y composición de la leche (Oliszewski, *et al.*, 2002; Elgersma, *et al.*, 2006), que a su vez varía en función de diversos factores como:

**I. La raza de la vaca.** El rendimiento anual y la composición de la leche pueden llegar a variar significativamente de una raza respecto a otra, por ejemplo en el contenido de grasa, lo que puede ser útil para diferenciar razas comparadas entre sí (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Composición promedio de la leche cruda de algunas razas vacunas**

RAZA	Agua	Grasa	Proteína	Lactosa	Cenizas
	g/100 g de producto fresco				
HOLSTEIN	87.0	4.2	3.4	4.7	0.75
JERSEY	85.4	5.3	3.9	4.7	0.75
PARDA SUIZA	87.1	3.9	3.5	4.6	0.75

Fuente: Carroll *et al.*, 2006; Schlimme, 2002.

**II. La edad de la vaca.** La producción y composición de la leche varía de acuerdo a la edad de la vaca. La producción de leche aumenta gradualmente desde el 1<sup>er</sup> parto hasta el 4<sup>to</sup> a 6<sup>to</sup> y posteriormente disminuye. En cuanto a la composición, la grasa disminuye conforme avanza la edad del animal.



**III. Individualidad.** Se ha observado que, vacas de la misma raza, misma edad, con peso equivalente, sometidas a un régimen y a una alimentación idénticas presentan, en el mismo periodo de lactancia, diferencias desde el punto de vista de la calidad de la leche, ya sea por factores genéticos o por la microbiota intestinal. De acuerdo a Peterson *et al.*, (2002) la individualidad del rumiante es importante debido a las diferencias relacionadas con la biohidrogenación en el rumen y con la actividad de la  $9\Delta$ -desaturasa en la glándula mamaria

**IV. Manejo.** Si los intervalos entre ordeñas son cortos, hay menor producción de leche, por el contrario, si la ordeña es completa, se induce la secreción lo que propicia que incremente la productividad. La leche tiende a aumentar en contenido de grasa en el curso de la ordeña, pero la leche de una ordeña incompleta puede resultar semidescremada, de ahí su importancia en el aspecto productivo.

**V. Estado sanitario.** De acuerdo a la salud del animal, podría disminuir la concentración de los compuestos, por ejemplo, cuando el ganado se encuentra en estados patológicos, constituyentes como la grasa, se verán disminuidos.

**VI. Periodo de lactancia.** En general, la producción máxima se encuentra en los primeros 3 meses, así como en las primeras 6 lactaciones; posteriormente decae. En el caso de las proteínas, éstas disminuyen en el primer mes y aumentan a lo largo de la lactancia, aunque las proteínas del lactosuero presentan mayor concentración en los primeros días después del parto. Los carbohidratos aumentan durante la fase calostrual y en el primer mes, posteriormente se mantienen constantes. Finalmente, la materia grasa presenta una cantidad máxima en el calostro, disminuye a lo largo de la y aumenta al final de ésta (Amiot, 1991). Según Chilliard *et al.*, (2003) el comportamiento en el contenido de grasa en la leche durante la lactancia se debe a dos fenómenos: un efecto de dilución por el incremento en el volumen de leche hasta el pico máximo de la lactancia y, un decremento en la movilización de la grasa que reduce la disponibilidad de los ácidos esteárico y oleico para la síntesis de lípidos mamarios.

**B. Factores ambientales.** El clima, suelo, explotación agrícola son algunos de los factores que influyen en la calidad de los quesos.

**I. Situación geográfica, estación y clima.** Los factores geográficos físicos determinantes de la zona productora incluyen la topografía y el clima, traducidos en ciertos parámetros de temperatura ambiental y precipitación pluvial anual, lo que permite un rango de humedad relativa específica que se relaciona con las características del queso elaborado. En general, la producción de leche tiende a aumentar en verano y disminuir en invierno. En forma inversa, el contenido de grasa y sólidos de la leche se hace mínima durante el verano y tiende a aumentar durante el invierno. Por ejemplo, Mel'uchová *et al.*, (2008) estudió la grasa de la leche en relación a los efectos de variaciones



estacionales sobre las pasturas y encontró que la relación era proporcional al contenido de CLA e inversamente proporcional a la grasa de la leche. Por otro lado, en un estudio realizado por Kraft *et al.*, (2003) se analizaron muestras de leche de distintas localidades (Turingia y los Alpes, representando diversas altitudes) y observaron que el perfil de ácidos grasos y la distribución de los distintos isómeros de CLA variaban conforme la altitud del lugar siendo predominante el isómero *trans*-11, *cis*-13 CLA en las muestras de mayor altitud (Alpes), debido a la riqueza de ácido AAL en las pasturas. De igual forma, Collomb *et al.*, (2004) realizaron un estudio en donde determinaron la concentración de CLA en la grasa de la leche de ganado alimentado mediante pastoreo a distintas alturas montañosas (baja, media y alta) concluyendo que la concentración de tres isómeros del CLA (*cis*-9, *trans*-11; *trans*-11, *cis*-13 y *trans*-8, *cis*-10) se incrementaba con la altura en una relación lineal. Por otro lado, un estudio demostró que el contenido de CLA variaba con respecto a la estacionalidad, en él se observó que los rumiantes mostraron un descenso en el contenido de CLA en invierno, siendo en marzo el mes que reporta el más bajo contenido de CLA e inversamente se encontró un incremento de CLA durante el verano (Lock y Garnsworthy, 2002).

**C. Sistema de alimentación.** Dependiendo de la cantidad y composición del alimento que consumen los rumiantes, cambia la producción y composición de la leche. Si se reduce la cantidad de alimento o es insuficiente la presencia de vegetales verdes en la alimentación, se tendrá un descenso en la producción de leche, debido a que la fermentación en el rumen no es efectiva, disminuyendo la formación de ácido acético y otros ácidos que son los principales formadores de ácidos grasos (Carroll *et al.*, 2006; Elgersma *et al.*, 2006). Atti *et al.*, (2006) estudiaron el efecto de distintas dietas, encontrando que las dietas basada en pasturas incrementan la concentración de proteína, ácidos grasos insaturados de cadena larga y los deseables (CLA, linolénico y oleico). Asimismo, Kraft *et al.*, (2003) mostraron la influencia del sistema de alimentación sobre la concentración de CLA, concluyeron que la alta concentración de CLA se favorecía mediante el sistema de libre pastoreo debido la adecuada fermentación ruminal y la disponibilidad de sustrato. Por otro lado, Chilliard *et al.*, (2003) enfatizaron la influencia de los forrajes sobre la composición de ácidos grasos en la leche de vaca y cabra concluyeron que la alimentación influía positivamente en aspectos nutrimentales, sensoriales y tecnológicos de la calidad de la grasa en la leche.

**D. Factores de proceso.** Existen diversas etapas de la elaboración del queso que modifican las características finales del producto tales como:

**I. Tratamiento térmico.** Uno de los objetivos de los tratamientos térmicos es la disminución de la cuenta microbiana y con esto, la eliminación de los patógenos en la leche. Sin embargo, también se modifican los componentes químicos presentes en el producto final. En un estudio realizado por Bonilla (2005), se concluyó que el queso elaborado a partir de leche pasteurizada de cabras alimentadas en pastoreo con suplementación tiene el mejor perfil de ácidos grasos, con una elevada



concentración de ácidos grasos de cadena corta, que son los principales responsables del olor y sabor de estos productos, así como una alta concentración de ácido esteárico, reconocido por su efecto hipocolesterolémico, además de una cantidad reducida de ácido palmítico y mirístico, ambos hipercolesterolémicos, presenta una mayor cantidad de ácidos monoinsaturados y, poliinsaturados, dentro de los que destacan el oleico y los de las familias de  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6, respectivamente. Lavillonnière *et al.*, (1998) observó que el tratamiento térmico incrementa la formación de CLA, probablemente por la sinergia de la conversión del ácido linoleico

**II. Cortado.** Dependiendo lo fino del corte que realice el productor en la cuajada se favorece el desuerado que, finalmente se ve reflejado en el porcentaje de humedad final.

**III. Salado.** De acuerdo a Beresford *et al.*, (2001) durante el proceso de elaboración de quesos uno de los pasos más importante es el salado puesto que la sal, al ser soluble, deja menos agua disponible, lo que provoca una disminución de la actividad acuosa ( $a_w$ ) debido a que se incrementa la presión osmótica de la fase acuosa del alimento, provocando una deshidratación y por lo tanto, que el alimento se convierta en un medio selectivo para el crecimiento de los microorganismos.

**IV. Desuerado y prensado.** La humedad se verá modificada dependiendo de la presión que se ejerza sobre la cuajada ya que así se liberará mayor o menor cantidad de lactosuero.

**V. Madurado.** Durante el proceso de maduración existen cambios importantes en los parámetros fisicoquímicos del queso. Uno de los principales efectos de la maduración es la pérdida de agua por la evaporación superficial debido al tiempo de exposición al aire y con ello, la concentración de los sólidos totales y la disminución de la actividad acuosa presente en el producto (Fox *et al.*, 2000). La actividad acuosa ( $a_w$ ) está relacionada directamente con el contenido de humedad; sin embargo, son términos diferentes, ya que del total de humedad presente en un alimento, no toda el agua está disponible para reaccionar, ya que la mayoría se encuentra unida a las macromoléculas presentes en el alimento (proteínas, carbohidratos y otros componentes hidrosolubles). La disponibilidad de agua se mide determinando el  $a_w$ , el cual es un concepto termodinámico, definido por la relación entre la presión de vapor del agua presente en un sistema y la presión del agua pura bajo condiciones idénticas de presión y temperatura. Existen diversos factores que disminuyen el valor de  $a_w$ : NaCl (cloruro de sodio), el ácido láctico y otros ácidos, aminoácidos, péptidos muy pequeños y fosfatos de calcio, especialmente en quesos madurados (Fox *et al.*, 2000) debido a que éstos incrementa la presión osmótica de la fase acuosa de los alimentos, causando deshidratación.

El  $a_w$  corresponde al agua disponible utilizada por los microorganismos para su crecimiento y mantenimiento de sus funciones metabólicas, es por ello que la  $a_w$  está relacionada con el crecimiento microbiano. Durante las primeras etapas de la fabricación de los quesos el  $a_w$  es aproximadamente



0.99, lo que promueve el crecimiento y la actividad de los microorganismos sin embargo, durante el salado y el madurado el  $a_w$  disminuye a valores hasta de 0.8, valores menores a los que soportar la mayoría de las bacterias. Es por ello que contribuye al control de la actividad metabólica y multiplicación microbiana (Beresford, 20001). Las levaduras pueden crecer a valores de  $a_w$  bajos y los hongos a valores todavía más bajos, en comparación con las bacterias. Muchas bacterias requieren un  $a_w$  mínimo de 0.92 para crecer. El límite de muchas levaduras es de alrededor de 0.83, pero levaduras osmófilas crecen a valores de  $a_w$  de hasta 0.60, mientras que mohos tienen un límite de alrededor de 0.75.

El contenido de humedad y  $a_w$  determinarán la velocidad de las reacciones químicas y favorecerán el desarrollo de ciertos microorganismos durante toda la etapa de maduración. Estos parámetros, al igual que el tiempo y temperatura, son los que permitirán que los microorganismos presentes realicen las reacciones necesarias para proporcionar la acidez, textura, sabor y aroma en el producto final (Byong, 2000).

El potencial de hidrógeno (pH) también se modifica durante la maduración por la producción de distintas sustancias a través de las rutas metabólicas. Este parámetro también funge como factor selectivo sobre los microorganismos, por ejemplo, la cuajada tiene un pH entre 4.5 y 5.3, valores tan bajos que no permiten la sobrevivencia de las especies ácido sensitivas. Albenzio *et al.*, (2001) estudiaron las características microbiológicas y bioquímicas de un queso Italiano, concluyendo que la maduración también influía en la disminución de cierta población microbiana, ya que se observó que al final de la maduración, el queso contenía una menor cantidad de coliformes fecales y totales, además de que microorganismos como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* no se detectaron. Por otro lado, Medina y Nuñez (2004) observaron que durante la maduración de leche cruda aumentaba la materia seca (de 32.7% hasta 53.6% en el día 2 y 31, respectivamente), que existía un aumento en el pH (de 4.4 a 5.1 en el día 2 y 31, respectivamente) y un ascenso en el contenido de ácidos grasos (de 1% en hasta 6% en el día 1 y 31, respectivamente) debido a la actividad lipolítica presente en el alimento.

Por otro lado, el potencial redox del queso también se ve modificado durante el proceso de maduración. El potencial redox (Eh) es una medida de la capacidad de un sistema químico-biológico para oxidarse (perder electrones) o reducirse (ganar electrones). El Eh de la leche es de alrededor de +150 y +300 mV, mientras que en el queso está alrededor de -250 mV. Es probable que esto se deba a la producción de ácido láctico por la fermentación y a la reducción de pequeñas cantidades de oxígeno, que pasa de la leche al agua mientras ocurre la sinéresis (Fox *et al.*, 2000). Como consecuencia, el interior del queso es esencialmente un sistema anaerobio, el cual sólo soporta el crecimiento de microorganismos anaerobios facultativos u obligatorios.

### 1.2.3. MADURACIÓN DEL QUESO

De acuerdo a Marilley y Casey (2004), durante la maduración del queso ocurren numerosas reacciones químicas y bioquímicas que involucran a las proteínas (proteólisis), los lípidos (lipólisis) y a los carbohidratos (glicólisis). Dichas reacciones metabólicas son responsables de importantes cambios en las características químicas y en el desarrollo de las propiedades sensoriales del producto final debido a toda la reactividad que involucra a las reacciones de desaminación, transaminación, descarboxilación, desulfuración,  $\beta$ -oxidación y esterificación (Figura 8). Durante esta etapa, la composición de ácidos grasos, péptidos, vitaminas, entre otros, variarán porque ocurren diversas transformaciones químicas y bioquímicas (Schlimme, 2002).

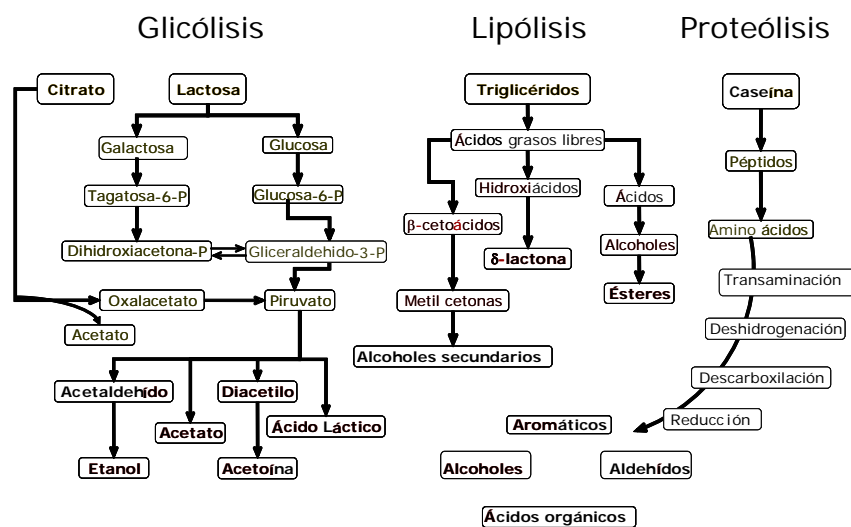


Figura 8. Rutas metabólicas durante la maduración de un queso (Marilley y Casey, 2004)

En el caso de los carbohidratos presentes en la leche, los microorganismos son un componente esencial en diferentes variedades de queso y desempeñan un papel importante durante el proceso de elaboración y la maduración. Dichos microorganismos transforman a la lactosa en ácido láctico o lactatos durante la elaboración y maduración del producto. Esta es la razón de por qué el queso es un producto adecuado para ser consumido por personas con deficiencia en lactasa (Amiot, 1991), además de que esta acidez también funciona como un agente inhibitor de cierta población microbiana (Beresford, 2001). Los microorganismos involucrados en el proceso de glucólisis se clasifican en dos grupos: 1) los iniciadores, los cuales son utilizados para la producción de ácido durante la manufactura y contribuyen en el proceso de maduración, como son las bacterias ácido lácticas que producen compuestos aromáticos (carbonilos y alcoholes) importantes para el sabor de los quesos, o bien, diacetilo y acetoína a partir de citratos en presencia de azúcares y; 2) la microbiota secundaria, microorganismos que actúan posteriormente a la etapa de cuajado y que pueden ser o no, adicionados intencionalmente, y que cumplen un papel importante durante la maduración en la formación de compuestos que determinan el olor, sabor y color del producto.



Por otro lado, de acuerdo a Perotti *et al.*, (2005), para cierto tipo de quesos, la grasa es el componente de mayor importancia ya que proporciona el sabor y aroma característico a través de la modificación de la grasa, que puede ser oxidada o hidrolizada. La oxidación está limitada por el bajo potencial redox presente en el queso, sin embargo la lipólisis, es la causa de la generación de los principales compuestos responsables de las características sensoriales del producto: los ácidos grasos libres y algunos derivados de su transformación.

La lipólisis de los triglicéridos en los glóbulos de grasa es un fenómeno que se desarrolla desde el metabolismo ruminal después de la ingesta, en el que los lípidos que se encuentran esterificados son hidrolizados por lipasas microbianas del rumen y la liberan ácidos grasos libres y glicerol (Chilliard, 2003). Este proceso aporta altas concentraciones de ácidos grasos libres especialmente de cadena corta, los cuales tienen fuertes características de sabor, además de ser sustratos para diferentes reacciones bioquímicas (Haug *et al.*, 2007; Marilley y Casey, 2004). Algunos ácidos grasos aislados de quesos son: acetato, butirato, caproato, decanoato, isobutirato, metil acetato, octanoato, fenilacetato, propionato, valerato y ácido 2-metil butirato (Marilley y Casey, 2004). Dichos ácidos grasos son convertidos en compuestos aromáticos y de sabor, por ejemplo, por la  $\beta$ -oxidación y descarboxilación se obtienen metil-cetonas y alcoholes secundarios; y por esterificación de hidroxiácidos se producen lactonas. Estos ácidos pueden reaccionar con grupos alcohol y formar ésteres, tales como etilbutanato, etilhexanato, metildecanoato, etc. Los ácidos poliinsaturados forman varios aldehídos insaturados que son fuertemente saborizantes y causan un sabor de rancidez.

Otro de los procesos importantes durante la maduración es el proteolítico, el cual consiste en la degradación parcial de las proteínas en producto más simples y más solubles, en el que las caseínas son atacadas por proteinasas para dar lugar a péptidos, que a su vez, son sustratos de proteinasas y peptidasas de la membrana y el citoplasma dando como productos a péptidos y aminoácidos asimilables que, por medio de reacciones químicas, darán lugar a los compuestos que contribuyen a las características sensoriales de los queso madurados (Fox *et al.*, 2000).

Según Fox *et al.*, (2000), de los tres eventos bioquímicos (glicólisis, lipólisis y proteólisis) que ocurren durante la maduración de quesos, la proteólisis es la más compleja y a vista de muchos investigadores, la más importante ya que es el factor principal responsable de los cambios de textura, contribuye al sabor y aroma del queso al liberar péptidos y aminoácidos. Desafortunadamente, algunos péptidos pequeños son amargos.

Los aminoácidos son sustratos para reacciones de transaminación, deshidrogenación, descarboxilación y reducción, produciendo una gran variedad de compuestos de sabor, como ácido fenilacético,



feniletanol, *p*-cresol, metiltiol, dimetil disulfuro, 2- y 3- metilbutirato, 2- y 3- metilbutanal, 3- metilbutanol, 3-metilbutatona, 2-metil propionato y 2-metil-1-propanol (Figura 7).

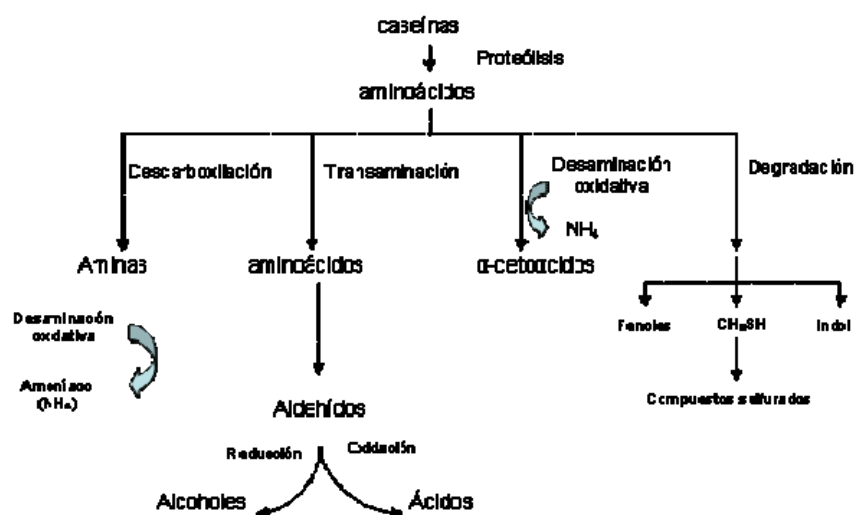


Figura 7. Formación de compuestos del sabor en los quesos por la proteólisis (Marilley y Casey, 2004.)

### 1.3. QUESO COTIJA REGIÓN DE ORIGEN

En México se producen de diversos quesos artesanales y se consumen, preferentemente, quesos frescos. Entre los quesos madurados nacionales se encuentra el queso Cotija. Es un producto artesanal que se elabora a partir de leche cruda de vaca, entera, de ganado criollo. Éste recibe el nombre por la ciudad de Cotija de la Paz, población principal de Michoacán, la región en que tuvo su origen hace más de 400 años, en la inmediación serrana entre los estados de Jalisco y Michoacán (Jalmich), en jurisdicción de los municipios de Santa María del Oro, Jilotlán de los Dolores y Quitupan, ubicados en Jalisco; así como también los municipios de Tocumbo, Cotija de la Paz y Los Reyes, estos últimos, ubicados en Michoacán (Figura 8). Esta delimitación territorial abarca una extensión de 2400 km<sup>2</sup>, de los 19°15' a los 19°40' de latitud norte y de los 102°30' a los 103°05 de longitud oeste. La región es una ladera templada, de transición climática, muy plegada y con escalonamiento altitudinal, que va desde los pies de monte que se elevan desde el valle de Tierra Caliente y que llega un poco antes de las cumbres frías del eje neovolcanico y una altitud de 700-1700 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se caracteriza por una cubierta vegetal tipo selva baja caducifolia con vegetación secundaria irregular. Queda excluida la zona de bosque mixto (encino-pino), ubicada en las partes más altas de la región. Predomina el suelo areno-arcilloso y pedregoso, cambisol en la parte alta de la ladera, donde limita con luvisol de la tierra fría, al norte; regosol y ranquer en la parte más baja, donde limita con vertisol de la Tierra Caliente al sur (Pomeón, 2007). La topografía del lugar determina la temperatura ambiental (20-25 °C) y precipitación pluvial anual (900-1200 mm), con una humedad relativa >80% (Álvarez *et al.*, 2005). Las características de clima, altura y suelo originan una vegetación típica del lugar, que se

refleja en la composición y las características de la leche producida. Por otra parte, la humedad relativa de la zona, vinculada a la temperatura, las lluvias y la altura, se relaciona con las características del queso elaborado y añejado en la zona (Pomeón, 2007). Además, de estar delimitada por factores geográficos, el producto está definido por factores históricos y culturales, recogidos en campo y traducidos en indicadores numéricos, lo que en conjunto brinda la identidad del producto final.



**Figura 8. Sierra de Jalmich Región Origen del queso Cotija (Álvarez, et al., 2005)**

El período de elaboración de este producto se delimita a la época de lluvias debido a que, como el ganado se alimenta mediante el sistema de libre pastoreo, la abundancia de pastizales en esta época conlleva a un aumento de la producción de leche (Álvarez, et al., 2005). El promedio de producción anual, que es estacional (de julio a octubre), es de 1 tonelada de queso por familia (con variaciones de 0.5 a 2.0 toneladas).

El queso Cotija se caracteriza por poseer una pasta dura, prensada, no cocida, madurada, de textura friable, ácida y con un elevado porcentaje de sal (4-6%). Su tiempo de maduración es de 3 meses como mínimo, dentro del área geográfica. Incluso la maduración puede continuar hasta que el queso queda casi seco; adquiere una textura firme y presenta en la superficie una costra o “tecata” de color blanco-amarillento agradable, así como un sabor y aroma pronunciados.

El queso Cotija es uno de los quesos artesanales que se ha sido afectado con la aparición de los quesos producidos por las grandes industrias, por lo que en 1998 los productores crearon la *Asociación Regional de Productores de Queso Cotija* (ARPQC) con el fin de estimular la conservación de la tradición de este producto. Esta asociación está compuesta por 92 productores que producen 200 toneladas de queso, aproximadamente.



El 7 de marzo del 2005, la asociación obtuvo del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) la Marca Colectiva (MC) del *queso Cotija Región de Origen* (QCRO), bajo la figura legal de la Sociedad de Producción Rural. La MC es un signo distintivo que sirve para diferenciar en el mercado los productos o servicios de los miembros de una asociación o sociedad respecto de los productos o servicios de terceros. Representa una protección oficial y con ella, una ventaja competitiva del producto en el mercado. Así mismo, la MC brinda confianza al consumidor sobre la autenticidad del producto y las características de éste. En cuanto al productor, le permite exigir un precio justificado por las especificidades geográficas y culturales incorporadas en el producto, así como por las condiciones de producción. Además de poder ampliar su distribución para llegar a nuevos mercados (Álvarez *et al.*, 2005). Esta Asociación publicó en el mismo año las *Reglas de Uso*, con las que se apoya el proceso y se inicia su protección oficial (*Anexo A*). En dicho folleto se describe como la costumbre se convirtió en regla al recoger el conocimiento tradicional de los habitantes de la sierra respecto del manejo de su medio geográfico, de sus recursos naturales y de sus pautas culturales, del manejo del ganado y de los ranchos, del proceso de elaboración, afinación y comercialización del queso. Consta de trece puntos que describen quienes tienen la titularidad y uso de la MC, el registro, permanencia y vigencia de la MC, la localización geográfica en donde debe elaborarse el queso Cotija, el ganado y tipo de alimentación al que debe ser sometido, además de las características físicas y químicas de la leche obtenidas a partir de ese ganado. Así mismo trata sobre el proceso de obtención del queso, así como las características del cuajo empleado y la sal adicionada al mismo. Además también tratan sobre las características físicas y químicas del producto final, aunque es estas últimas se establece que la composición básica del queso deberá ser humedad máxima de 36%, grasa mínima de 23% y un contenido mínimo de proteína de 25%. También se señalan las características higiénicas de las prácticas de ordeña, producción y manejo del queso. Inclusive se menciona sobre la comercialización del producto. Dichas Reglas de Uso también destacan las penalidades y sanciones que tendrán los productores que no cumplan con lo establecido en dicho texto (Álvarez *et al.*, 2005).

Como resultados de todos los esfuerzos realizados por la ARPQC, en noviembre del 2006, el queso Cotija fue reconocido entre 500 participantes como el mejor Queso Extranjero del Año en el campeonato mundial sobre ese derivado lácteo en Cremona, Italia, por ser un producto único tanto por su sabor como por las características de elaboración, destacándose sobre algunos quesos provenientes de países reconocidos internacionalmente por su producción de queso, como Francia, Austria, España e Italia.

A pesar de que este queso se encuentra mencionado en la NOM-121-SSA1-1994, la definición cumple con los demás quesos, pero no define en su totalidad al queso Cotija. Por ello, la ARPQC ha buscado preservar y normalizar su producción y comercialización del queso, para proteger su tradición, evitar la competencia de imitaciones, así como mejorar sus prácticas de manufactura e higiene, con el fin de obtener productos genuinos y de muy buena calidad. Por lo que, en el 2009, la ARPQC trabajó en el



proyecto de norma mexicana específica del queso Cotija. Este proyecto oficial establece la denominación de queso Cotija artesanal madurado, así como las especificaciones y métodos de prueba aplicables para su evaluación. Con esta norma se pretende facilitar su comercialización y exportación, con la consecuente mejora de la economía de los productores.

Por los logros alcanzados, se confía que el QCRO tiene un futuro prometedor, pues posee características muy peculiares que lo hacen único como una historia, una cultura (la cultura ranchera), un territorio delimitado (la sierra Jalmich), un saber-hacer local con raíces territoriales profundas y una gran reputación que lo convierten en un producto con características idóneas para obtención de una Denominación de Origen (DO), por lo que, hoy día, la ARPQC lucha por su obtención. La DO son mecanismos dirigidos a la protección y mejora de la calidad de productos que forman parte de la cultura de un país como el nuestro. La DO es el nombre de una región geográfica que sirve para designar un producto originario de ella, y cuya calidad o características se deben exclusivamente al medio geográfico, comprendiendo en este los factores naturales y humanos (Pomeón, 2007). Entre los beneficios de su obtención, se encontraría su protección ante otros no elaborados en la región de origen, y de las imitaciones. El producto adquiriría un valor agregado en el mercado, la posibilidad de mejores estrategias de posicionamiento nacional e internacional y la confirmación de una organización sólida de productores. En México sólo 11 productos cuentan con DO, sin embargo ninguno es derivado lácteos, por lo que el QCRO se convertiría en el primer queso con DO en México, lo cual se traduciría en un gran avance a pesar de que existen países en donde ya cuentan con varias DO, por ejemplo en Europa existen 30 quesos Italianos que han obtenido la DO (Berard *et al.*, 2007).

### **1.3.1. Proceso de elaboración del queso *Cotija Región de Origen***

El queso Cotija es elaborado mediante diversas prácticas de manufactura, según el estado, la región o el propio quesero. Según Hernández *et al.*, (2007), el proceso de elaboración de queso Cotija es un proceso tradicional, en el cual los productores hacen variaciones de acuerdo a sus usos y costumbres, siempre con la visión de mejorar la calidad de su producto. Es importante especificar que la zona de producción de la materia prima, la leche, y la zona de elaboración del queso Cotija es la misma (Pomeón, 2007).

De acuerdo a Álvarez *et al.*, (2005), las etapas de elaboración del QCRO son las descritas a continuación:

- a) **ORDEÑA:** La leche empleada para la elaboración del queso Cotija deber ser recién ordeñada del día, de ganado criollo sano, durante los meses de lluvia con todos los cuidados higiénicos-sanitarios para su realización. La leche recién ordeñada presentará un pH=7 y una temperatura de 37-38 °C.
- b) **RECEPCIÓN:** La leche debe ser una secreción opaca de color blanco a blanco amarillento. Debe tener un olor poco marcado, pero característico a leche fresca. Su gusto debe ser agradable y



- ligeramente dulce; aunque es normal que presente cierto grado de acidez. Asimismo, deberá estar libre de materia extraña (pelo, insectos, estiércol, etc.), por lo que los operarios la filtran en cedazos limpios.
- c) **REPOSO.** La leche se mezcla y se deja reposar, usualmente, en tinas de acero inoxidable, durante 3 a 4 h, a temperatura ambiente ( $T_{\text{leche}} \approx 34 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $\text{pH} \approx 7$ ).
  - d) **CUAJADO.** Esta operación se realiza mediante una coagulación enzimática. Se añade un agente coagulante de origen animal (Cuamex XXX) a la leche sin tratamiento térmico. Éste es incorporado y mezclado rápidamente, aunque su dosificación no está estrictamente controlada (10 mL cuajo/100 L leche).
  - e) **CORTADO.** Se verifica la consistencia de la cuajada. Una vez alcanzado el punto deseado, se corta en cuadros homogéneos (o bien, en estrella o cruz), con ayuda de un cuchillo o una cuchara.
  - f) **DESUERADO.** Los productores recurren a acciones mecánicas para permitir la salida de este componente acuoso, por medio de drenado sobre la mesa o artesa (madera o acero inoxidable), con un colador interpuesto (lienzo limpio) y ejerciendo una presión descendente con una cuchara de acero inoxidable o con un recipiente limpio.
  - g) **MANTEADO.** Se utiliza una tela de algodón, para desuerar la cuajada por auto-compresión y se deja escurrir en las mesas de acero inoxidable.
  - h) **CORTADO O QUEBRADO.** Esta operación consiste en romper la cuajada obtenida, de manera manual (corte tosco) o con un cuchillo (cortes amplios), para favorecer un poco más el desuerado por exudación sobre una mesa o artesa, la cual es lavada previamente con agua hirviendo o con el mismo lactosuero obtenido en la operación anterior.
  - i) **SALADO.** La sal de grano (proveniente del estado de Colima) se incorpora directamente a la cuajada y se amasa manualmente para homogenizarla. La dosificación de la sal no se realiza de manera precisa, depende de cada quesero (138-140 g por cada 20 L de leche).
- NOTA: En ocasiones, la cuajada ya salada, se deja reposar a temperatura ambiente para incorporar al día siguiente una cantidad equivalente de ésta y así obtener el queso del tamaño deseado.*
- j) **MOLDEADO.** Se coloca la cuajada, envuelta en 2 piezas de yute o ixtle (fibra de maguey), dentro de molde de acero inoxidable para darle forma al producto (40x20 cm, con un peso entre 20-30 kg).
  - k) **PRENSADO.** Se realiza generalmente empleando piedras, de entre 50 y 90 kg (en algunas ocasiones se emplea prensas rústicas de tornillo). Durante esta operación el queso se voltea continuamente. El prensado dura entre 18 y 24 horas.
  - l) **OREADO.** Las piezas de quesos se desmoldan y se les elimina los rebordes. Se "fajan" con unos "cinchos" de fibracel, fibra de vidrio, lamina o tela para mantener la forma y se mantiene así por varios días (15, aproximadamente), a temperatura ambiente (entre 20 y 30 °C). Diariamente, las piezas se descinchan, se voltean y se vuelven a fajar. En esta etapa, la cuajada presenta un volumen y forma ya determinadas.
  - m) **MADURACIÓN.** Esta es la última fase de la fabricación del queso, en donde la pieza de queso se desfaja cuando la textura es adecuada. Sin embargo, se continúa el proceso del volteado y se limpia



la superficie del queso con un lienzo limpio y suave cada tercer día, aproximadamente. Esta operación dura 3 meses como mínimo. Al queso Cotija madurado de 3 a 6 meses se le denomina añejo y rendido si el queso tiene más de 6 meses de maduración.

- n) **VENTA Y DISTRIBUCIÓN.** El principal canal de comercialización es el mercado de los migrantes mexicanos en los Estados Unidos (80%). Ellos acuden a las dos o tres tiendas que existen en la ciudad de Cotija o lo consiguen vía intermediarios. Actualmente, la ARPQC organiza una feria regional en el mes de diciembre, en la ciudad de Cotija, con el fin de dar a conocer su producto y poder venderlo ya que el QCRO todavía cuenta con poco abasto de materia prima, poca tecnología y lejanía de los mercados. El aislamiento de los ranchos y la mala infraestructura de los caminos han dificultado la distribución del producto.

### 1.3.2. ANTECEDENTES DEL *QUESO COTIJA REGIÓN DE ORIGEN*

De acuerdo a Hernández *et al.*, (2007) la composición general del QCRO es: humedad máxima 40% y cenizas de 8.7 a 11.2% base seca (BS). Contenido de cloruros entre 4 y 7.4% BS, contenido mínimo de grasa y proteína de 37% y 39% BS, respectivamente y 0.24% de carbohidratos, BS como máximo. El pH del producto de 4.8 a 5.2 y una acidez de 0.20 a 0.32% expresada como ácido láctico. El valor máximo de  $a_w=0.90$ . Aunque ésta podría variar debido a varios factores como la composición de la materia prima y diferencias en el proceso de elaboración del producto, principalmente el corte de la cuajada, el salado, el prensado y la maduración, debido a que el proceso no está totalmente estandarizado.

En un estudio realizado por Bravo (2008) se evaluó la dinámica de poblaciones microbianas y el análisis fisicoquímico en el transcurso de la maduración del QCRO durante 100 días aproximadamente. En dicho estudio se empleó el recuento de bacterias aerobias mesófilas ya que es utilizado con mayor frecuencia para indicar y valorar la calidad sanitaria de un producto, en el que cuentas altas de estos microorganismos pueden indicar materias primas contaminadas, tratamiento insatisfactorio o una alteración del producto. Además, la presencia de un número alto de estas bacterias, que crecen bien a temperatura corporal o próxima, significa que puede haberse dado condiciones favorables para la multiplicación de microorganismos patógenos. Por esto, este tipo de recuento suele ser un buen indicador de inocuidad. Así mismo determinó el número de coliformes totales, los cuales se han considerado como indicadores de contaminación fecal en razón de que, en los medio acuáticos, estos microorganismos son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Bravo (2008) observó que la cantidad de mesófilos aerobios, levaduras y coliformes era muy alta al inicio de su maduración, lo cual era de esperarse debido a que este producto es elaborado a partir de leche cruda, además de que no es sometido a ningún tratamiento térmico durante su proceso de elaboración. Sin embargo, mediante transcurría el proceso de maduración se observó una disminución de todos estos microorganismos, en el que a los 60 días la



población inicial se veía disminuida en más de un 95%. La explicación de este efecto radica en los cambios fisicoquímicos provocados en el alimento, como son: el incremento de la acidez debido a la acción microbiana y el aumento de pH; aunado a la deshidratación del alimento que conlleva a una disminución en el  $a_w$ , propiedad que tiene gran influencia sobre la cuenta de coliformes, hecho mostrado en este mismo estudio. Con este estudio se da indicios de que el QCRO es apto para consumo después de los 3 meses de maduración al cual es sometido.

Es importante destacar que a pesar de contar con algunas características acerca de la composición química general del QCRO, es elemental realizar más estudios que profundicen sobre los macro y microcomponentes presentes en este producto para que así se facilite la distinción con respecto a los quesos imitación y/o tipo Cotija, enfocados principalmente, a características atribuidas a la zona geográfica de producción y al tipo de alimentación del ganado empleado para la producción de leche, por ejemplo, la presencia de ciertos compuestos funcionales como: ácidos grasos  $\omega$ -3 y -6, o bien, vitaminas (A y E) que, actualmente tienen una gran importancia debido a su papel en relación con el mantenimiento de la salud del consumidor. Por ejemplo, en un estudio previo se reportó la presencia de compuestos con actividad antioxidante como polifenoles. Según Hernández *et al.*, (2009) dichos compuestos tendrían un impacto importante en el alimento y/o en la salud del consumidor.

Tradicionalmente, los productos lácteos han sido considerados como un alimento básico para la población. Su consumo está asociado a una dieta de excelente calidad debido a que la leche con la que se elaboran todos los derivados lácteos es rica en una gran variedad de nutrientes como minerales, vitaminas y proteínas de fácil digestibilidad, así como poseer un perfil de aminoácidos balanceados importantes para sostener las funciones generales del organismo (Haug *et al.*, 2007; Steijns, 2008). Un sector de la población ha vinculado a los lácteos como un factor de riesgo para la salud (Haug *et al.*, 2007). La razón se atribuye al contenido y tipo de grasa presente en estos productos, pues se sabe que la grasa de origen animal contiene cantidades relativamente altas de ácidos grasos saturados, que al ser consumidos en altas proporciones, presentan un impacto importante en la salud humana, particularmente en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, sobrepeso y obesidad (Pikul y Wojtowski, 2008; Haug *et al.*, 2007) ya que éstos elevan el colesterol total y el de las lipoproteínas de baja densidad. Dentro de este grupo, cada ácido graso desempeña un efecto diferente e importante en la salud del consumidor (WHO/FAO, 2003). Otros autores demuestran efectos benéficos para la salud del consumidor y más allá de su valor nutrimental. En el caso de la materia lipídica, la presencia de ácidos grasos esenciales como el linoleico, linolénico y los respectivos precursores de los denominados ácidos grasos omega, han demostrado propiedades anticancerígenas (Ip *et al.*, 1995; Haug *et al.*, 2007). Así mismo se han encontrado péptidos bioactivos (Korhonen y Pihlanto, 2006), antioxidantes (Pikul y Wojtowski, 2008), fitoesteroles (Steijns, 2008) y bacterias probióticas (Rogeli, 2000), los cuales ejercen una acción en beneficio de la salud del consumidor.



## 2. HIPÓTESIS

La composición química (contenido de grasa y proteína, concentración de CLA y colesterol y el perfil de ácidos grasos, aminoácidos, vitaminas y minerales), así como algunos parámetros fisicoquímicos ( $a_w$ , pH, acidez y contenido de cloruros) variarán en relación al productor que elabore el queso y al tiempo de maduración al que sea sometido.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las variaciones en composición nutrimental promedio del queso *Cotija Región de Origen* en relación con el tiempo de maduración y el productor.

### 3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

En quesos *Cotija Región de Origen* provenientes de distintos productores y tiempos de maduración:

- Evaluar la composición química proximal.
- Determinar el contenido energético promedio.
- Cuantificar el contenido de lípidos totales y colesterol.
- Determinar el perfil de ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados), así como el contenido de ácido linoleico conjugado, ácidos grasos omega 6 y 3 de la fracción lipídica.
- Cuantificar el perfil de aminoácidos, vitaminas (liposolubles e hidrosolubles) y minerales,
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos actividad acuosa, acidez, pH y contenido de cloruros.



#### 4. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL

Con el antecedente de que el queso *Cotija Región de Origen* presenta variabilidad en el contenido de sus macrocomponentes posiblemente por variaciones en su proceso de elaboración y/o materia prima (Hernández, 2007), el presente estudio pretende reforzar y profundizar la información sobre la composición química del queso Cotija desde el punto de vista de sus macronutrientes y, sobre todo de sus micronutrientes, ya que no existe ningún trabajo que reporte el contenido de estos últimos y que serían útiles para la caracterización del queso Cotija. Además, se pretende evaluar el contenido de diversos constituyentes con carácter nutracéutico que pudieran dar un valor agregado al producto. Por lo anterior fue importante considerar dos variantes adicionales: el productor y el tiempo de maduración con el fin de visualizar la variabilidad que existe entre los quesos durante su comercialización.

El trabajo se dividió en tres secciones, la primera parte del estudio consistió en obtener la información de la composición química proximal y el contenido calórico promedio del queso *Cotija Región de Origen* (Figura 11).

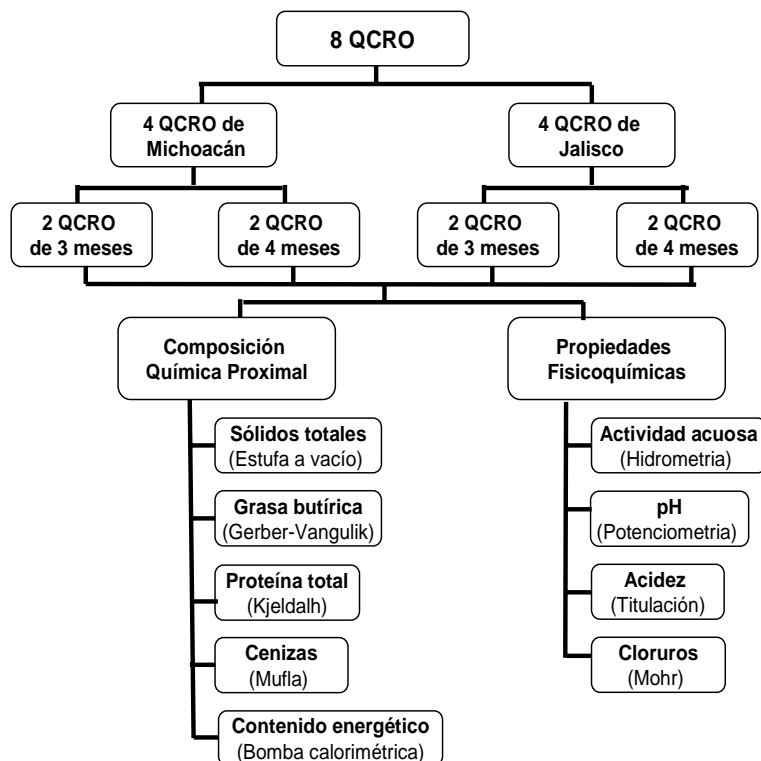
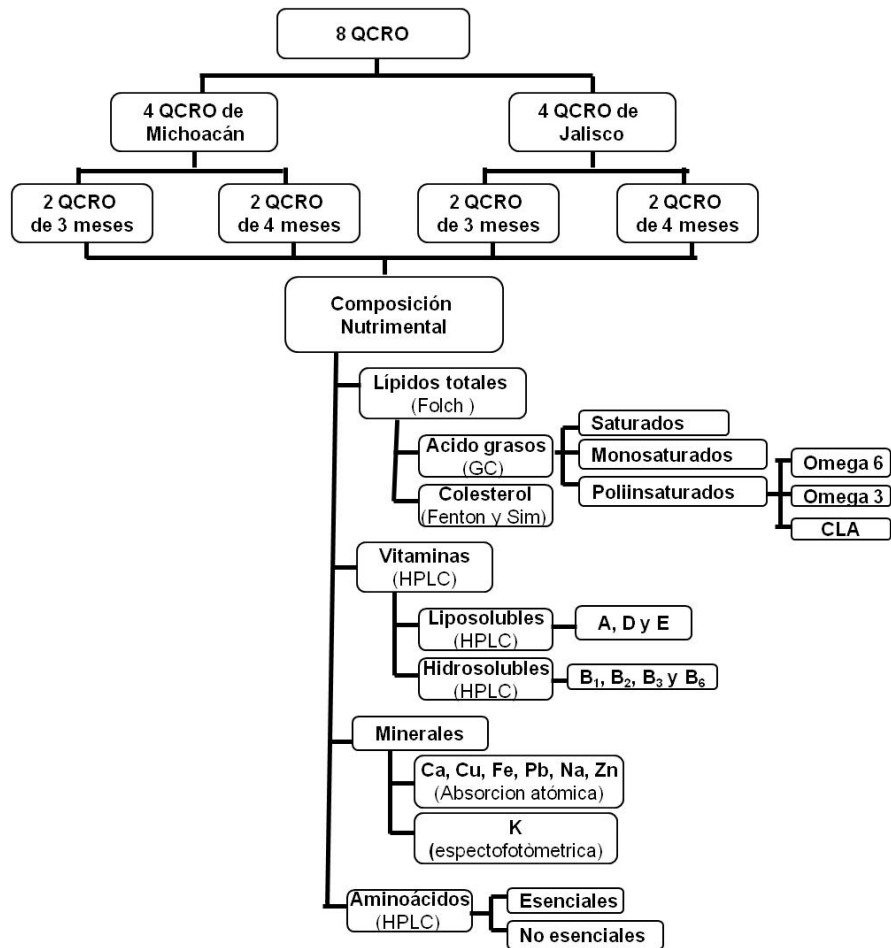


Figura 11. Diagrama experimental para la caracterización química proximal y fisicoquímica del queso *Cotija Región de Origen*



En la segunda parte, se evaluaron diferentes parámetros fisicoquímicos: actividad acuosa, pH, contenido de ácido láctico y cloruros del queso Cotija que proporcionan información acerca de la maduración a la que fue sometido el queso (*Figura 11*).

Finalmente, en la tercera parte del estudio se evaluó la composición nutrimental del queso Cotija en función del productor y tiempo de maduración (*Figura 12*).



**Figura 12.** Diagrama experimental para la caracterización nutrimental del queso *Cotija Región de Origen*



## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. DATOS DE LA MUESTRA

En el presente trabajo se analizaron ocho muestras de quesos Cotija oreado obtenidas en la 9ª Feria Regional de queso Cotija Región de Origen celebrada del 30 de noviembre al 6 de diciembre del 2008, en la ciudad de Cotija de la Paz, Michoacán. Las muestras recolectadas provenían de cuatro productores, además de presentar tiempos de maduración diferentes. En el Cuadro 4 se muestran los datos de las muestras de queso *Cotija Región de Origen* analizadas.

**Cuadro 4. Datos generales de las muestras de QCRO**

<b>PRODUCTOR</b>	<b>TIEMPO DE MADURACIÓN</b>	<b>SITIO GEOGRÁFICO DE PRODUCCIÓN</b>	<b>ABREV.</b>
1	3 meses	Cotija de la Paz, Michoacán	CP <sub>1</sub>
	4 meses		
2	3 meses		CP <sub>2</sub>
	4 meses		
3	3 meses	Quitupan, Jalisco	Q
	4 meses		
4	3 meses	Santa María del Oro, Jalisco	SMO
	4 meses		

### 5.2. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Las muestras de queso Cotija se molieron en un extractor hasta obtener una muestra homogénea y, posteriormente se segmentó para cada una de las determinaciones posteriores. Todas las muestras se almacenaron en un ultracongelador a -70 °C hasta su análisis correspondiente.

### 5.3. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

#### A) DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y SÓLIDOS TOTALES

Para la determinación del contenido de agua, se empleó el método por secado en estufa a vacío. Este método gravimétrico involucra la pérdida de peso debida a la evaporación de agua al utilizar temperaturas menores de los 100 °C bajo presión reducida para prevenir la pérdida o descomposición de diversos compuestos volátiles. El método se basa en el principio fisicoquímico que relaciona la presión de vapor del agua pura con la presión de vapor del agua en el alimento a una temperatura



determinada. Si se abate la presión del sistema, se abate la presión de vapor y necesariamente se reduce su punto de ebullición (Nollet, 1996). Para la determinación del contenido de agua, se empleó el método por secado en estufa a vacío mediante el procedimiento descrito por Nielsen (2003). El procedimiento se detalla en el *anexo B*.

## **B) DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES**

El término analítico de cenizas de un alimento equivale al residuo inorgánico resultante de la calcinación (incineración) de la materia orgánica. La determinación de cenizas se basa en la destrucción de la materia orgánica a la temperatura más baja posible mediante su combustión completa (oxidación). Su contenido proporciona una idea del contenido de nutrimentos inorgánicos (minerales) presentes en el alimento, la cual es importante porque dentro de esta concentración se encuentran nutrimentos inorgánicos considerados indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano.

El procedimiento que se llevó a cabo es el estipulado en la norma NMX-F-701-COFOCALEC-2004 (*Anexo B*)

## **C) DETERMINACIÓN DE GRASA BUTÍRICA**

El método Gerber-Vangulik es un método volumétrico que se basa en la digestión parcial de los componentes del queso, excepto la grasa con ácido sulfúrico. Emplea alcohol isoamílico para favorecer la ruptura de la emulsión al disminuir la tensión interfacial entre la grasa y la mezcla en reacción, lo que facilita el ascenso de los glóbulos pequeños de grasa por centrifugación (NOM-F-100-1984).

El procedimiento que se llevó a cabo es el estipulado en la norma NOM-F-100-1984 (*Anexo B*).

## **D) DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA TOTAL**

El método Kjeldahl es un buen estimador de proteínas al determinar la materia nitrogenada total en el alimento, sin embargo para convertir el nitrógeno a proteína se emplea un factor de conversión que varía dependiendo del alimento en cuestión. Se basa en la descomposición (combustión) de la materia orgánica bajo calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos. Durante la descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. Por otra parte, de manera simultánea, el ácido sulfúrico se transforma a  $\text{SO}_2$ , el cual reduce el material nitrogenado orgánico a amoníaco. Este amoníaco se libera después de la adición de hidróxido de sodio y se destila recibiendo en una solución de ácido bórico para quedar en solución en forma de sulfato de amonio. El nitrógeno



amoniaco se titula con una solución valorada de ácido, cuya normalidad dependerá de la cantidad de nitrógeno que contenga el alimento (NMX-F-098-1976).

- a) Digestión  $Pr\ oteína + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + (NH_4)_2SO_4 + SO_2$
- b) Destilación  $(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + NH_3 \uparrow + H_2O$   
 $NH_3 + H_3BO_3 \rightarrow (NH_3)_4BO_3$
- c) Titulación  $(NH_3)_4BO_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl + H_3BO_3$

La recuperación del nitrógeno y velocidad del proceso pueden ser incrementados por la adición de sales (sulfato de sodio) o por la adición de oxidantes (peróxido de hidrógeno, tetracloruros, persulfatos o ácido crómico) y por la adición de catalizadores (sulfato de cobre) que abaten la temperatura de descomposición (Nollet, 1996).

En los productos lácteos, el contenido de proteína es de 6.38 veces el contenido de nitrógeno, es decir, las proteínas presentan alrededor de 16% de nitrógeno.

El procedimiento que se llevó a cabo es el estipulado en el método AOAC 12.1.07 (*Anexo B*).

### **E) DETERMINACION DE ENERGÍA (bomba calorimétrica)**

Casi todas las reacciones químicas absorben o liberan energía, generalmente en forma de calor. Los cambios de calor de los procesos físicos o químicos se miden con un calorímetro. La bomba calorimétrica es una cámara de acero térmicamente aislada (adiabática) que permite determinar el calor desprendido (calor de combustión) por una muestra de materia orgánica de peso conocido cuando provoca su combustión completa mediante una descarga eléctrica, en una atmósfera de O<sub>2</sub>. La bomba está sumergida en una cantidad conocida de agua (calorimetría a volumen constante). Al medir las diferencias de temperatura del agua antes y después de la combustión, es posible determinar el calor cedido por el combustible ya que éste es absorbido por el agua y por el calorímetro. La técnica se fundamenta en la primera ley de la termodinámica:  $U = Q + W$  y en que el calor que absorbe una sustancia está relacionado con su capacidad calorífica mediante:  $Q_{abs} = mC_p\Delta T$ , donde  $Q_{abs}$  es el calor absorbido,  $m$  es la masa,  $C_p$  es la capacidad calorífica y  $\Delta T$  es la diferencia de temperaturas.

El procedimiento que se llevó a cabo es el descrito en el manual de la bomba calorimétrica 1341 Parr (*Anexo B*).



## **5.4. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS NUTRIMENTALES**

### **A) DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS TOTALES**

La determinación de lípidos totales se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito por Bligh y Dyer (1959), basado en la extracción con disolventes. El procedimiento que se llevó a cabo se describe en el *Anexo B*

### **B) DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y CLA**

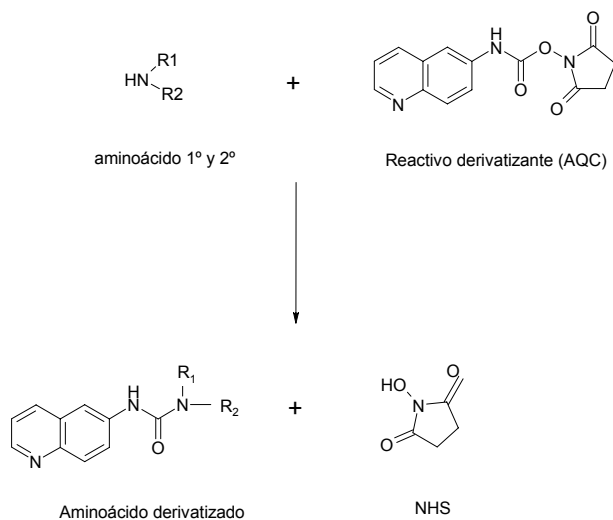
Para esta determinación se empleó el método AOAC 965.49 (*Anexo B*), el cual consistió en adicionar, a la muestra reconstituida a través de la extracción propuesta por Bligh y Dyer (1959) y su posterior determinación y cuantificación mediante cromatografía de gases.

### **C) DETERMINACIÓN DE COLESTEROL**

Este método se basa en la hidrólisis (saponificación) de los triglicéridos para la liberación de los ácidos grasos y una posterior metilación para su posterior determinación y cuantificación mediante cromatografía de gases. La técnica que se realizó fue la descrita por Fenton y Sim (1991). El procedimiento se muestra en el *Anexo B*

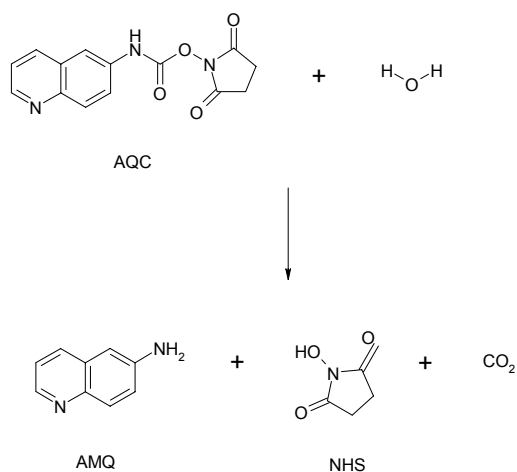
### **D) DETERMINACIÓN DE AMINOÁCIDOS**

Se determinó de acuerdo al procedimiento descrito en el manual Waters AccQ-Tag Chemistry Package. El método Accq-Tag® fluor de Waters es rápido y simple que consiste en la derivatización pre-columna de aminoácidos, en el que los derivados son separados fácilmente por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) en fase reversa utilizando una columna C18, en menos de 60 minutos. El método se basa en convertir a los aminoácidos primarios y secundarios a aminoácidos derivados estables de ureas con fluorescencia a 395nm (Figura 13) mediante un reactivo derivatizador de grupos amino denominado AccQ-Fluor (AQC) de Water (6-aminoquilonil-N-hidroxisuccimanolil carbamato).



**Figura 13. Reacción de derivatización de aminoácidos**

En una reacción lenta, el exceso de este reactivo se hidroliza para dar como producto principal al 6-aminoquinolina (AMQ) y como subproductos: N-hidroxisucciminida (NHS) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los cuales no interfieren en el análisis cromatografía (Figura 14).



**Figura 14. Reacción de hidrólisis de AMQ**

Las características espectrales netamente diferentes del AMQ respecto a cualquiera de los aminoácidos derivatizados permiten una longitud de onda que maximice la respuesta de emisión de los derivados, mientras que reduce al mínimo la respuesta del AMQ.

El procedimiento detallado se describe en el *Anexo B*



### **E) DETERMINACIÓN DE VITAMINAS LIPOSOLUBLES**

La determinación de vitaminas liposolubles se basa en la hidrólisis alcalina (saponificación) para remover la mayor parte de triglicéridos de la muestra. La reacción de hidrólisis fragmenta las ligaduras de ésteres, liberando los ácidos grasos de los glicéridos y fosfolípidos, así como de algunos esteroides. Posteriormente, se extrae el material insaponificable al separar el componente vitamínico mediante una extracción líquida usando agua inmiscible en un solvente orgánico. Los ácidos grasos se precipitan al formar sales con potasio. Posteriormente, las vitaminas liposolubles contenidas, son cuantificadas por medio de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) en fase reversa.

La metodología que se empleó fue la descrita por Qian y Sheng (1998), el procedimiento se describe en el *Anexo B*

### **F) DETERMINACIÓN DE VITAMINAS HIDROSOLUBLES**

La determinación de vitaminas hidrosolubles se basa en una hidrólisis ácida. La metodología que se empleó fue una modificación de lo descrito por Albalá *et al.*, (1997 y 2000). El procedimiento se muestra en el *Anexo B*

### **G) DETERMINACIÓN DE NUTRIMENTOS INORGÁNICOS**

La determinación se llevó a cabo mediante una digestión húmeda que se basa en la descomposición de la materia orgánica en medio ácido al ser oxidada por completo hasta CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno.

El procedimiento realizado para la determinación de los nutrientes inorgánicos fue una modificación de la NOM-117-SSA1-1994 descrito por Mejía (2007). El procedimiento se describe en el *Anexo B*

Los nutrientes inorgánicos extraídos se analizaron mediante técnicas espectroscópicas. La espectroscopia es el estudio de la interacción de la radiación electromagnética con la materia. En particular, es el estudio de la magnitud de la interacción en función de la energía de la radiación (Haswell, 1991). Para este estudio se emplearon dos técnicas espectroscópicas: la absorción atómica para calcio, sodio, potasio, hierro, cobre, zinc y plomo, y la espectrofotometría para fósforo.

La absorción atómica se caracteriza por ser una técnica rápida, sensible y sencilla para la determinación de minerales. Se basa en hacer pasar un haz de luz monocromática de una frecuencia tal que puede ser absorbido por el analito que se encuentra presente en forma de vapor atómico. La medida de la intensidad luminosa antes y después de su paso por el vapor atómico permite determinar el por ciento de absorción (NOM-117-SSA1-1994). La energía para la vaporización de átomos puede





obtenerse en llamas o producirse de otra forma (p.ej. horno de grafito), ambos métodos se fundan en el principio Kirchhoff de absorción por resonancia, según el cual los átomos absorben radiaciones de la misma longitud de onda que pueden emitir (por esto las lámparas llevan una cubierta interna del mismo elemento que se está analizando). A tal efecto, dichos átomos deben hallarse en el estado fundamental antes de la absorción y en un estado excitado antes de la emisión. La absorción atómica por flama usa sistema de nebulización y una fuente de atomización, el cual es un quemador que utiliza diferentes mezclas de gases, las más frecuentes son aire-acetileno. A las temperaturas que existen en las llamas de aire/acetileno = 2100 a 2400 °C, sólo una pequeña parte de los átomos pasan al estado excitado (una fracción de  $10^{-4}$  hasta  $10^{-16}$ , equivalente a un 0.02% a en el caso de los átomos alcalinos, los más fáciles de promover a un estado excitado).

La determinación de fósforo se basa en la reacción química que se da en condiciones ácidas, entre una solución diluida de ortofosfatos y el molibdato de amonio formándose ácido fosfomolibdato; que en presencia de vanadio, se forma un heteropoliácido, el ácido vanadomolibdofosfórico de intenso color amarillo. La intensidad del color amarillo es proporcional a la concentración del fosfato (NMX-AA-029-SCFI-2001)

El procedimiento que se llevó a cabo es el estipulado en el método AOAC 957.02 (*Anexo B*).

## **5.5. DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS**

### **A) DETERMINACIÓN DE pH**

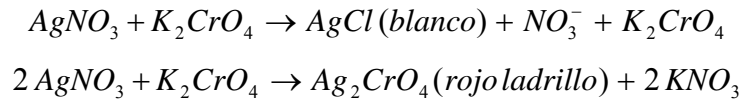
El procedimiento del método instrumental que se siguió fue una modificación de lo descrito en la NMX-F-099-1970. El procedimiento detallado se muestra en el *Anexo B*

### **B) DETERMINACIÓN DE ACIDEZ**

El procedimiento que se llevó a cabo fue el descrito en la NMX-F-206-1986. El procedimiento se detalla en el *Anexo B*

### **C) DETERMINACIÓN DE CLORUROS**

El método de Mohr se basa en la formación de un precipitado ladrillo proveniente del cromato de plata formado a partir del precipitado de cloruro de plata, una vez que todo el cloruro haya reaccionado con el nitrato de plata (Nielsen, 2003).



El procedimiento que se realizó fue el descrito por Hernández (2007). La técnica se detalla en el *Anexo B*

#### D) DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ACUOSA

Se determinó de acuerdo al procedimiento descrito en el manual del equipo Rotronic Instrument Corp., AwQuick, el cual monitorea los datos proporcionados por una sonda (AwVC) y calcula el valor de actividad acuosa, basado en un modelo matemático del proceso de equilibrio. El equipo consta de un sensor de humedad capacitivo que se compone de un material higroscópico (dieléctrico) colocado entre un par de electrodos concéntricos de metal que forma un pequeño condensador. A temperatura ambiente, la constante dieléctrica del vapor de agua tiene un valor de alrededor de 80, un valor mayor a la de la constante del material dieléctrico del sensor. Por lo tanto, la absorción de vapor de agua del sensor resulta en un aumento en la capacitancia. En condiciones de equilibrio, la cantidad de humedad relativa presente en el material higroscópico depende de la temperatura ambiente y de la presión de vapor del agua del ambiente. Por lo tanto hay una relación entre la humedad relativa, la cantidad de humedad presente en el sensor y la capacitancia del sensor. El AwVC usa un pequeño ventilador para hacer circular aire a través de la muestra y acelerar dicho equilibrio. Cuando el material de estudio se aproxima a la superficie de sensado y éste entra al campo electrostático de electrodos, cambia la capacitancia en un circuito oscilador lo que provoca que éste empiece a oscilar como resultado del desplazamiento. Los circuitos electrónicos convierten este cambio de la capacitancia en una corriente eléctrica o en un voltaje.

#### 5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado. Se calculó la media de las réplicas, así como la desviación estándar (DE) y el porcentaje del coeficiente de variación (%CV) de las mismas. Los resultados se reportaron: media  $\pm$  DE.

Los resultados experimentales fueron analizados bajo un modelo estadístico de factor aleatorio. Los tratamientos fueron arreglados factorialmente (4x2), en el cual el productor, constituyó el efecto A ( $a_1$ = Cotija de la Paz 1,  $a_2$ = Cotija de la Paz 2,  $a_3$ = Quitupán,  $a_4$ = Santa María del Oro) y el tiempo de maduración, el factor B ( $b_1$ = 3 meses,  $b_2$ = 4 meses). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y las combinaciones de tratamiento fueron asignadas en forma completamente aleatoria a las repeticiones.



Se obtuvieron las  $F_{calculadas}$  y se compararon con las  $F_{tablas}$ , de acuerdo a los resultados se probó la significancia de las combinaciones de tratamientos, utilizando la prueba de Duncan con un nivel de  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ , según fuera el caso. En el *anexo C* se muestra un ejemplo detallado para el análisis estadístico.

Los resultados fueron procesados con el paquete estadístico SPSS Statistics versión 16.0, empleando el siguiente modelo:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta (lípidos totales, ácidos grasos, CLA, colesterol, vitaminas y aminoácidos) en la repetición  $k$  (tres), nivel  $j$  de B y nivel  $i$  de A

$\mu$  = Media general

$A_i$  = Efecto del factor A al nivel  $i$  (productor)

$B_j$  = Efecto del factor B al nivel  $j$  (tiempo de maduración)

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

$E_{ijk}$  = Error aleatorio



## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

El análisis proximal es la estimación porcentual de los componentes de un alimento que comprende la determinación de humedad, grasa, proteína cruda, cenizas y carbohidratos. En este estudio, la determinación de carbohidratos se omitió debido al bajo contenido de azúcares en este tipo de queso. De acuerdo a Hernández (2007) la concentración de carbohidratos oscila entre 0.12-0.24 g en 100 g de queso seco debido a que la mayor parte de lactosa se pierde durante el desuerado y, el remanente prácticamente desaparece durante la fermentación láctica efectuada por los microorganismos presentes. En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos para las diferentes muestras.

**Cuadro 5. Composición química de ocho muestras de QCRO.**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor								
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<b>Humedad<sup>1</sup></b>	30.1 ±0.5b	30.5 ±0.7bc	35.7 ±0.5e	35.9 ±0.5e	32.6 ±0.6d	35.6 ±1.0e	32.1 ±0.9cd	25.0 ±0.7a
<b>Proteína<sup>2</sup></b>	36.5 ±1.4b	41.1 ±0.5c	39.5 ±1.1bc	41.9 ±1.2c	36.5 ±1.1b	37.6 ±1.4b	39.1 ±1.1bc	31.5 ±1.3a
<b>Grasa<sup>2</sup></b>	43.1 ±0.4b	42.9 ±1.1b	45.1 ±1.3b	38.0 ±1.2a	42.7 ±1.1b	52.0 ±0.8c	43.9 ±1.1b	38.4 ±1.0a
<b>Cenizas<sup>2</sup></b>	12.4±0.8a		12.6±0.9a		14.0±1.9 <sup>a</sup>		17.9±0.7b	
<b>Energía<sup>3</sup></b>	296±8.0c		265±6.9 <sup>a</sup>		279±4.5b		287±10.0bc	

<sup>1</sup> g por 100 g QCRO; <sup>2</sup> g de grasa butírica por 100 g QCRO seco; <sup>3</sup> kcal por 100 g QCRO; CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

El agua en un alimento está relacionada con su vida de anaquel: a mayor cantidad de agua presente, mayor susceptibilidad al deterioro y menor vida de anaquel. La **humedad** en las muestras varió desde 25.0 a 35.9% (Cuadro 5), nivel que corresponde a los quesos de pasta dura, grupo en el que se clasifica el queso Cotija. Se presentaron diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ), por ejemplo, la muestra SMO con cuatro meses de maduración fue la que presentó el menor contenido de agua, claramente diferente al resto; las muestras CP2, con 3 y 4 meses de maduración, y Q con 4 meses, fueron las que presentaron el mayor contenido de humedad, sin presentar diferencias significativas entre sí. Se puede decir que las condiciones de maduración de los productores de Michoacán se encuentran controladas, más no el proceso de elaboración. En el caso de los quesos de Jalisco, se recomienda controlar las condiciones de maduración y poner mayor atención en algunas operaciones durante el procesamiento, por ejemplo en



el cortado de la cuajada, el desuerado y el prensado, que son las que tienen mayor incidencia en el contenido final de humedad de un queso.

A partir de este momento, para eliminar el efecto que la variación del contenido de humedad entre las muestras generaría en los valores de los componentes con respecto al peso de la muestra, se expresarán los resultados del resto de los componentes en términos porcentuales sobre base seca (% BS), es decir, g por 100 g QCRO seco.

El contenido de **proteína total** en las muestras varió desde 31.5 a 41.9% BS (Cuadro 5), con diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en distintas muestras. La muestra SMO con 4 meses fue la que presentó el menor contenido proteico y la CP2 con 4 meses, el mayor. El tiempo de maduración no influyó en la composición de las muestras CP2 y Q, pero sí en CP1 y de SMO, lo que indica que las condiciones de maduración de esos últimos productores varían entre lotes. El factor más importante puede ser la leche empleada, lo que se vio reflejado en el producto final.

El contenido de **grasa butírica** varió desde 38 a 52% BS (Cuadro 5) con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Este alto contenido de grasa del QCRO es un factor elemental para brindar las características sensoriales al QCRO (textura, aroma, sabor y color), ya que durante la maduración existen numerosas reacciones químicas y bioquímicas que involucran a los lípidos para la generación de ácidos grasos libres y metabolitos derivados de los mismos (Perotti *et al.*, 2005). Las muestras CP2 y SMO con 4 meses fueron las de menor contenido de grasa, forman un grupo diferente con respecto al resto de las muestras, pero no entre sí. La muestra Q con 4 meses fue la de mayor contenido de grasa y se distingue del resto. Las diferencias encontradas en este componente indican que la leche empleada para la producción del queso tiene una composición variable. Los factores que la generan son varios, y el principal es la alimentación del animal, imposible de controlar debido a que son animales de libre pastoreo. Otros factores son la raza y edad del animal, periodo de lactancia, frecuencia de la ordeña, entre otros (Amiot, 1991). Las muestras CP1 fueron las únicas que no presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración, lo que indica que la materia prima de este productor es la más homogénea, en cuanto al contenido de grasa.

La relación grasa-proteína en el queso estará dada por la que se encuentra en la leche con la que se fabrica y ésta se verá influenciada a su vez por la raza de la vaca. En el caso particular del Cotija hay una variación notable en esta proporción proteína/grasa (0.9-1.39), pues se ha visto que los productores de la Sierra de Jalmich poseen diferentes razas de ganado, lo que provocará la variación en esta relación.

El contenido de **cenizas** varió desde 12.4 hasta 17.9% BS (Cuadro 5). Este parámetro ofrece una idea de la concentración de nutrimentos inorgánicos presentes en el queso, los cuales se encuentran en



forma coloidal asociadas a las micelas de caseínas, como los fosfatos; y el calcio, magnesio de los citratos, así como muchos otros oligoelementos que se encuentran en otras combinaciones orgánicas. No se encontraron diferencias entre muestras al analizarlas de manera aleatoria, por lo que se analizaron agrupadas por productor ( $P < 0.01$ ), y se encontró que las muestras de SMO fueron diferente a los demás productores. Las diferencias pueden provenir, principalmente de la cantidad de NaCl que se agrega durante la etapa de salado. El nivel de nutrimentos inorgánicos provenientes de la leche también puede influir, ya que su contenido varía con la alimentación, condiciones ambientales, entre otros. Al ser el productor la fuente de variación más importante, se sugiere a los mismos estandarizar la cantidad de sal a adicionar en la cuajada para disminuir estas diferencias.

La **energía** que proporcionó el QCRO varió desde 265 a 296.5 kcal por 100 g de producto (Cuadro 5). Este intervalo se atribuye principalmente a la variabilidad en el contenido de los macrocomponentes del queso, la grasa aporta 9 kcal y las proteínas y carbohidratos aportan 4 kcal por gramo de alimento. En el queso Cotija la energía es la aportación principalmente del contenido de grasa y proteína presente, ya que el bajo contenido de carbohidratos no proporciona energía de manera significativa. No se encontraron diferencias entre las muestras al analizarlas aleatoriamente, pero sí al analizar por productor ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 fue la de mayor aporte, sin presentar diferencias con la muestra SMO. La muestra CP2 fue la que presentó el menor aporte calórico y si es diferente al resto de las muestras. Se debe recordar que era la muestra con mayor humedad, por lo que en base seca es más bajo su nivel de grasa y proteína y, por tanto, su contenido calórico.

Se encuentran en la literatura algunos reportes sobre composición química de queso Cotija, que se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Composición química promedio del QCRO y otros quesos tipo Cotija.**

<b>Humedad</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa butírica</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Energía</b>	<b>Referencia</b>
	<i>g por 100 g</i>			<i>kcal</i>	
32.2	28.9	26.1	10.6	282	Experimental
NR	28.3	33.1	NR	291	Marván <i>et al.</i> , (s/fecha)
33.3	22.7	33.8	NR	421	Morales de León <i>et al.</i> , (2000)
37.8	28.5	23.9	7.48	NR	Santos y Villegas de Gante (1997)
máx. 36	mín. 25	mín. 23	NR	NR	Álvarez <i>et al.</i> , (2005)
máx. 40	mín. 27	mín. 24	6.5	mín. 324	Hernández (2007)

Morales de León *et al.*, (2000) reportó 3 quesos de tiempo de maduración desconocido, uno proveniente de SMO y los otros dos de origen desconocido. En el estudio de Santos y Villegas de Gante (1997) se estudiaron 3 queso provenientes del estado de Chiapas, de los que se desconocía el tiempo de maduración. Hernández (2007) reportó el promedio de 8 quesos *Cotija Región de Origen* de



entre 3 y 6 meses de maduración. Marván *et al.*, (s/fecha) reportó la composición sin número de muestras a analizadas, lugar de origen y tiempo de maduración.

Con respecto a otros autores, la humedad fue menor a lo reportado por Morales de León *et al.*, (2000) y Santos y Villegas de Gante (1997). El contenido de proteína fue similar al obtenido para el queso Cotija de Chiapas (Santos y Villegas de Gante, 1997), menor a lo reportado por Marván *et al.*, (s/fecha) y mayor a lo reportado por Morales de León *et al.*, (2000). El porcentaje de grasa fue menor al citado por Marván *et al.*, (s/fecha) y Morales de León *et al.*, (2000) y mayor al lo descrito para los quesos de Chiapas (Santos y Villegas de Gante, 1997). Las diferencias encontradas pueden deberse a las condiciones diferentes de producción y elaboración de los demás quesos. El valor de cenizas fue mayor al reportado por Santos y Villegas de Gante (1997) y Hernández (2007), lo que podría indicar una sobre estimación de los resultados.

Debe destacarse en esta comparación que el contenido promedio de humedad, grasa y proteína obtenidas en este estudio cumplen con lo especificado en las *Reglas de Uso*, lineamientos establecidos para los productores que cuentan con la Marca Colectiva *Región de Origen* (Álvarez *et al.*, 2005) y a corrobora lo estipulado por Hernández (2007) para este tipo de quesos. Es importante mencionar que en las *Reglas de Uso* no se consideran a las cenizas como parámetro para establecer la composición del QCRO. Sin embargo, a partir de este trabajo se sugiere que incluyan a este componente para caracterizar de manera más adecuada al producto. Los valores de energía obtenidos en este estudio fueron inferiores a los estimados por Hernández (2007) para el QCRO y a lo reportado por Morales de León *et al.*, (2000) pero similar a lo reportado Marván *et al.*, (s/fecha).

## 6.2. PERFIL LÍPIDICO

Los lípidos son compuestos que influyen sobre las propiedades tecnológicas y el valor nutricional de los productos lácteos. El estudio de esta fracción es fundamental por su impacto en la salud del consumidor, ya que diferentes ácidos grasos (cadena corta, media, larga, saturados, mono y poliinsaturados y conjugados) están potencialmente involucrados como factores de predisposición positivos o negativos para el bienestar del consumidor (Chilliard, Y. 2003). Los lípidos se consideran nutrientes determinantes de enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes, y se sabe que carencia de ácidos grasos insaturados pueden repercutir negativamente sobre el conjunto del organismo y en particular sobre los sistemas y órganos cuyas necesidades son prioritarias como el cerebro, ojos arterias y piel (Odent, 1991). En la última década, diversos estudios han demostrado que la grasa lácteos ofrece beneficios a la salud del consumidor en comparación con otras fuentes comunes de grasa (Cabiddu *et al.*, 2006).



En la Cuadro 7 se encuentra el perfil de la fracción lipídica de los ocho QCRO de cuatro productores (CP1, CP2, Q y SMO) y dos tiempos de maduración (3 y 4 meses).

**Cuadro 7. Perfil lipídico de ocho muestras de QCRO.**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>g/100 g QCRO seco</i>							
<b>Lípidos totales</b>	43.2 ±0.3b	44.2 ±0.0b	39.2 ±0.9a	47.7 ±1.5c	57.5 ±1.0d	39.7 ±0.8a	44.1 ±1.1b	44.6 ±1.5b
<b>De los cuales</b>								
<b>Saturados</b>	24.9 ±0.06c	23.9 ±0.46bc	27.0 ±0.86d	22.6 ±0.38ab	22.4 ±0.58a	32.3 ±0.53e	25.2 ±0.83c	25.2 ±0.47c
<b>Monoinsaturados</b>	14.6 ±0.15bc	14.5 ±0.38bc	15.3 ±0.50c	12.3 ±0.32a	13.0 ±0.20a	18.6 ±0.21d	14.4 ±0.53bc	14.3 ±0.58b
<b>Poliinsaturados</b>	2.8 ±0.1b	3.2 ±0.1c	3.3 ±0.1c	2.5 ±0.1a	2.5 ±0.1ab	4.3 ±0.1d	3.4 ±0.1c	3.2 ±0.1c
<b>ω-6</b>	0.80 ±0.00b	1.00 ±0.00cd	0.93 ±0.06c	0.70 ±0.00a	0.80 ±0.00bc	1.50 ±0.00f	1.17 ±0.06e	1.07 ±0.06d
<b>ω-3</b>	0.50 ±0.00ab	0.50 ±0.00ab	0.53 ±0.06bc	0.43 ±0.06a	0.50 ±0.00bc	0.70 ±0.00d	0.60 ±0.00c	0.53 ±0.06bc
<b>Relación ω 6:3</b>	1.6 ±0.06ab	1.8 ±0.06cd	1.7 ±0.00bc	1.5 ±0.10a	1.6 ±0.00ab	2.0 ±0.06de	2.0 ±0.06e	1.9 ±0.12de
<b>CLA</b>	1.00 ±0.00b	1.17 ±0.06c	1.30 ±0.00e	1.00 ±0.00b	0.90 ±0.00a	1.63 ±0.06f	1.27 ±0.06de	1.20 ±0.00cd
<b>Colesterol<sup>1</sup></b>	108.5 ±6.8cd	105 ±6.9cd	100.6 ±5.5c	69.0 ±0.6a	78.1 ±4.8ab	114.7 ±4.6d	84.6 ±6.2b	76.3 ±4.4ab

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras por renglón.

<sup>1</sup>mg por 100 g QCRO seco.

En este estudio se observó que el contenido de **lípidos totales** varía desde 39.2 hasta 57.5% BS. Estos resultados tendrían que ser similares a los obtenidos por el método de Gerber-Vangulik, sin embargo se observa una diferencia al realizar el análisis por muestra de 0.1 hasta 17.7 unidades. Una explicación podría ser que el método de Bligh y Dyer (1959) extrae todos los componentes solubles en los disolventes orgánicos empleados, con lo que también se podría pensar que éste fue método que emplearon Marván *et al.*, (s/fecha) y Morales de León *et al.*, (2000), para la determinación de lípidos y extracto etéreo, respectivamente. Otra razón de esta diferencia podría ser que el método de Gerber-





Vangulik presente inconvenientes durante la hidrólisis de la materia orgánica, o simplemente la heterogeneidad de la muestra.

Del total de lípidos, se observó la concentración de ácidos grasos **saturados** varió de 22.4 a 32.3% BS (Cuadro 7), lo que los hace los principales constituyentes de esta fracción (56.2-57.7%), resultado esperado por tratarse de alimentos de origen animal. Se observaron diferencias significativas entre las muestras analizadas ( $P < 0.01$ ). La CP2 con 4 meses y Q con 3 meses fueron las de menor contenido sin ser diferentes entre sí, a pesar de provenir de distintos productores y tiempos de maduración. La muestra Q con 4 meses fue la de mayor contenido y diferente al resto de las muestras. Las muestras con 4 meses provenientes de Michoacán no fueron diferentes a pesar de ser producidas por diferentes productores. Las muestras CP1 y SMO no presentaron diferencias independientemente de haber sido elaboradas por diferentes productores y con distintos tiempo de maduración.

La concentración de ácidos grasos **monoinsaturados** varió desde 12.3 hasta 18.6% BS. Esto lo hace el segundo grupo en abundancia de constituyentes (Cuadro 7). Como con los compuestos anteriores, se observaron diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP2 con 4 meses y Q con 3 meses de maduración fueron las de menor contenido y no presentaron diferencias entre sí a pesar de provenir de regiones y productores diferentes. La muestra que fue diferente al resto fue la Q con 4 meses de maduración y fue la que presentó mayor contenido. Las muestras de 3 meses de maduración no presentaron diferencias entre sí, independientemente del productor y región de procedencia, excepto la muestra Q. Las muestras SMO y CP1 no mostraron diferencias entre los distintos tiempos de maduración ni entre productor.

Los ácidos grasos **poliinsaturados** contribuyen en menor medida al total de lípidos, con una concentración entre 2.5 y 4.3% BS (Cuadro 7), con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra Q con 3 meses de maduración y CP2, con 4, fueron las que presentaron el menor contenido sin presentar diferencias entre sí, a pesar de ser de regiones, productores y tiempo de maduración diferentes. La muestra Q con 4 meses, nuevamente fue la que presentó el mayor contenido y resultó diferente al resto de las muestras. El único productor en el que se observó que el tiempo de maduración no afectó el contenido de este componente fue el de SMO.

Debido a que no existen estudios que reporten el tipo de ácidos grasos del queso Cotija, los resultados obtenidos se compararán con otros quesos de leche de vaca (Cuadro 8). Los ácidos grasos saturados y monoinsaturados presentes en el QCRO se encontraron en menor proporción a los reportados para el Alpino, Emmental, Fontina y Grana (Prandini *et al.*, 2007), sin embargo la concentración de los poliinsaturados fue mayor. Es importante al recordar que dentro de éstos se encuentran distintos ácidos grasos que contribuyen con la salud del consumidor con efectos antiaterogénicos, antiobesidad o anticancerígenos (Cabiddu *et al.*, 2006). Por ejemplo, se encuentran los esenciales denominados omega



6 y 3, ácidos grasos esenciales son precursores de los eicosanoides y están vinculados con las funciones específicas de los ácidos linoleico, araquidónico y cervónico en diversos procesos fisiológicos normales (Ronayde, 2000).

**Cuadro 8. Ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados del QCRO y otros quesos de vaca**

Tipo de Queso	Ácidos grasos (g por 100 g lípidos o grasa)			Referencia
	Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados	
QCRO	56.9	32.4	7.0	Experimental
Alpino	76.53	31.19	3.57	Prandini <i>et al.</i> , (2007)
Emmental	72.92	29.85	3.48	Prandini <i>et al.</i> , (2007)
Fontina	70.50	28.57	4.17	Prandini <i>et al.</i> , (2007)
Grana	71.03	27.90	3.58	Prandini <i>et al.</i> , (2007)

Los ácidos  $\omega$ -6 se encontraron concentraciones entre 0.7 a 1.5% BS y de 0.43 a 0.70% BS para los ácidos  $\omega$ -3. Existe la recomendación de aumentar la ingesta de estos ácidos grasos, por ejemplo los  $\omega$  6 se recomiendan especialmente en la alimentación infantil y en embarazadas porque estudios epidemiológicos han demostrado la importancia de estos ácidos en diversas patologías (Ronayde, 2000). Algunos autores afirman que la ingestión de ácidos grasos omega 3 está inversamente relacionada, con la incidencia del cáncer (Cabiddu *et al.*, 2006). Pariza, (1999) afirma que los ácidos grasos  $\omega$  3 tienen efectos hipocolesterolémicos, disminuyendo el colesterol total en sangre, al incrementar la formación de lipoproteínas de alta densidad (HDL, por sus siglas en inglés), responsables del retorno de los excedentes de colesterol hacia el hígado, siendo convertido en sales biliares. En el Cuadro 7 se observó que el contenido de ácidos grasos  $\omega$ -6 fue diferente en los quesos ( $P < 0.01$ ). La muestra CP2 y Q con 4 meses fueron las que presentaron el menor y mayor contenido de  $\omega$  6, respectivamente, ambas diferentes al resto de las muestras. La muestra CP1 con 4 meses no fue diferente de la CP2 con 3 meses ni de la SMO con 4 meses. La muestra CP1 y Q con 3 meses, no presentaron diferencias, a pesar de provenir de regiones y productores diferentes. Para los ácidos grasos  $\omega$ -3, se observó que la muestra CP2 y CP1 con 4 meses, junto con la CP1 y Q con 3 meses no presentaron diferencias entre sí, además de ser las de menor contenido. La única muestra que fue diferente al resto fue la Q con 4 meses, al tener el mayor contenido, como ocurrió en el caso de los  $\omega$  6, lo que reitera la variabilidad de la leche en cada lote de producción.

De acuerdo a la relación óptima de ingesta de estos ácidos grasos (2:1 hasta 10:1), el queso Cotija se encuentra por debajo de lo recomendado, lo que podría mejorar si se trabaja sobre la alimentación del ganado productor. Sin embargo, esta relación presenta un balance adecuado acuerdo a lo reportado por Simopoulos (2006), para lograr una síntesis equilibrada de eicosanoides y por tanto ejercer ese efecto benéfico a la salud.



En el Cuadro 7 se observa que el QCRO contenía cantidades apreciables (0.88-1.63% BS) de **ácido linoleico conjugado** (CLA, por sus siglas en inglés), otro constituyente con propiedades nutraceuticas. Según Bondia *et al.*, (2007) la ingesta de CLA varía de concentraciones despreciables hasta 500 mg/día, por lo que se recomienda realizar estudios para establecer la IDR de la población mexicana. El contenido de CLA presentó diferencias entre las muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras Q con 3 y 4 meses fueron las de menor y mayor contenido, respectivamente. Este resultado es consistente con el hecho de que estos quesos fueron diferentes entre sí y con el resto de las muestras. Las muestras CP1 y SMO con 4 meses no presentaron diferencias entre sí, a pesar de tratarse de queso de regiones y productores diferentes. La muestra SMO con 3 meses tampoco presentó diferencias con CP2 con el mismo tiempo de maduración. Las diferencias encontradas podrían deberse en gran medida al contenido inicial de CLA en la leche empleada para su elaboración, que varía por diversos factores en los que destaca la alimentación del rumiante (Zlatanov *et al.*, 2002).

En el Cuadro 9 se puede observar el contenido promedio de CLA en el QCRO y otros productos lácteos. El QCRO presenta concentraciones mucho más altas respecto a las encontradas en otros tipos de quesos. Una razón podría ser el tipo de alimentación del ganado. Prandini *et al.*, (2007) concluyó que los derivados lácteos más ricos en CLA son los provenientes de animales que se alimentan mediante pastoreo, sobre todo en épocas de verano porque la concentración de ácidos grasos poliinsaturados incrementa, así como la biohidrogenación en el rumen de las vacas (Gnädig *et al.*, 2003). Otra razón del alto contenido de CLA sería la asociación microbiana durante el proceso de maduración (Karoui *et al.*, 2007).

**Cuadro 9. Contenido promedio de CLA en el QCRO y otros productos lácteos**

<b>Producto</b>	<b>CLA (mg/100 g grasa)</b>	<b>Referencia</b>
QCRO	25.5	Experimental
Lácteos	0.55 a 24	Watkins y Li (2002)
Quesos	5.3 a 15.8	Gnädig <i>et al.</i> , 2003
Queso Feta	10.8	Zlatanov <i>et al.</i> , 2002
Queso tipo Feta	5.6	Zlatanov <i>et al.</i> , 2002
Queso Manchego	12	Luna <i>et al.</i> , 2007
Queso Cabrales	12	Luna <i>et al.</i> , 2007
Queso Francés	12	Lavillonnière <i>et al.</i> , 1998
Queso Alpino	4.8	Prandini <i>et al.</i> , 2007
Queso Emmental	7.7	Prandini <i>et al.</i> , 2007
Queso Grana	3.8	Prandini <i>et al.</i> , 2007
Queso Cottage	0.4	Lee y Hwang, 2008
Mozzarella	0.4	Lee y Hwang, 2008



El **colesterol** es otro constituyente lipídico de importancia clínica debido a que está asociado con el incremento en el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Bourges, 1990). En el Cotija se encontraron concentraciones entre 69.0 y 114.7 mg por 100 g QCRO seco con diferencias entre las muestras analizadas ( $P < 0.01$ ). Este amplio intervalo podría ser el resultado de la variabilidad en la composición de la materia prima, principalmente. La muestra CP2 y Q con 4 meses y SMO con 3 meses fueron las de menor contenido sin presentar diferencias entre sí. Las muestras de SMO no mostraron diferencias con 3 y 4 meses, al igual que las de CP1. Las muestras SMO y CP1 con 4 meses no presentaron diferencias, a pesar de tratarse de muestras de diferentes regiones y productores (Cuadro 7).

En el Cuadro 10 se observa que la concentración de colesterol del QCRO fue menor a lo establecido por Marván *et al.*, (s/fecha) para el queso Cotija y por Richardson *et al.*, 1994 para quesos en general, así como para los reportados por la USDA (2009), aunque similar a lo establecido por Piirone *et al.*, 2002 para el queso Edam. En comparación con el huevo, alimento rico en colesterol por excelencia, con alrededor de 366 mg/100 g (Piirone *et al.*, 2002) se puede decir que el queso Cotija contiene concentraciones menores y por tanto, y por lo tanto su consumo generará menor tendencia a padecer enfermedades cardiovasculares.

**Cuadro 10. Contenido promedio de colesterol en el QCRO y otros quesos de leche de vaca**

<b>Producto</b>	<b>Colesterol (mg/100 g queso)</b>	<b>Referencia</b>
QCRO	62.3	Experimental
Cotija	85	Marván <i>et al.</i> , (s/fecha)
Quesos	76.6	Richardson <i>et al.</i> , 1994
Cheddar	105	USDA (2009)
Edam	85	USDA (2009)
Edam	65	Piirone <i>et al.</i> , 2002

Al analizar todos los constituyentes de la fracción lipídica, se observa el productor de la muestra SMO probablemente tiene más homogénea la calidad de la materia prima ya que fue la única que no presentó diferencias entre las muestras de 3 y 4 meses de maduración; Por el contrario, el productor de la muestra Q fue diferente en todos los casos, por lo que se sugiere poner mayor atención en la leche empleada, debido a que el material lipídico es el constituyente más variable en la leche. No hay que olvidar que el proceso de elaboración y maduración también puede influir sobre el contenido de estos componentes en el producto final.

**Ácidos Grasos Saturados**

En el Cuadro 11 aparece el perfil de ácidos grasos saturados de cadena par en las ocho muestras de QCRO, de cuatro productores (CP1, CP2, Q y SMO) y dos tiempos de maduración (3 y 4 meses). Se observa que el contenido **ácido butírico** fue bajo, incluso en algunas muestras no se logró cuantificar y en las que se logró se presentaron valores inconsistentes. Un caso similar fue el **ácido caproico** en que su contenido varió de 0.01 a 0.03% BS. Las bajas concentraciones de los ácidos butírico y caproico pueden deberse a que éstos se volatilizan durante la maduración perdiéndose casi en su totalidad.

**Cuadro 11 Contenido de ácidos grasos de cadena par presentes en ocho muestras de QCRO.**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>mg/100 g QCRO seco</i>							
<b>C4:0</b>	0.006 ±0.006	0.005 ±0.009	NC	0.003 ±0.006	NC	0.021 ±0.036	NC	NC
<b>C 6:0</b>	0.005 ±0.009	NC	0.013 ±0.013	0.032 ±0.045	0.016 ±0.027	0.020 ±0.018	NC	0.015 ±0.014
<b>C 8:0</b>	0.07 ±0.05	0.15 ±0.02	0.11 ±0.06	0.14 ±0.09	0.12 ±0.09	0.12 ±0.08	0.03 ±0.02	0.09 ±0.06
<b>C 10:0</b>	0.57 ±0.06bc	0.60 ±0.03bc	0.75 ±0.10c	0.67 ±0.10bc	0.64 ±0.11bc	0.23 ±0.07a	0.49 ±0.11b	0.58 ±0.10bc
<b>C 12:0</b>	0.97 ±0.01a	0.93 ±0.03a	1.19 ±0.03b	1.02 ±0.02a	0.97 ±0.04a	0.98 ±0.07a	0.96 ±0.05a	0.93 ±0.02a
<b>C 14:0</b>	4.17 ±0.01bc	4.05 ±0.09a	4.98 ±0.02e	4.25 ±0.04cd	4.06 ±0.02a	5.16 ±0.04f	4.32 ±0.02d	4.13 ±0.02ab
<b>C 16:0</b>	12.08 ±0.04d	11.45 ±0.27b	12.72 ±0.16e	11.06 ±0.16a	10.73 ±0.07a	15.27 ±0.11f	11.87 ±0.07cd	11.67 ±0.12bc
<b>C 18:0</b>	6.20 ±0.05d	5.88 ±0.07c	6.48 ±0.04e	4.80 ±0.07a	5.10 ±0.05b	9.50 ±0.04h	6.70 ±0.16f	7.04 ±0.02g
<b>C 20:0</b>	0.158 ±0.003b	0.150 ±0.010b	0.163 ±0.004b	0.132 ±0.002a	0.158 ±0.005b	0.205 ±0.006c	0.160 ±0.003b	0.157 ±0.002b
<b>C 24:0</b>	0.046 ±0.002b	0.058 ±0.002d	0.046 ±0.001b	0.038 ±0.002a	0.036 ±0.001a	0.051 ±0.002c	0.040 ±0.003a	0.037 ±0.001a

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. NC: No cuantificado. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre muestras.



La concentración de ácido **caprílico** varió desde 0.03 hasta 0.15% BS, sin encontrarse diferencias entre muestras, al igual que ocurrió con los ácidos butírico y caproico. El contenido de ácido **caprílico** en el Cotija se encontró entre 0.22 y 0.75% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra Q con 4 meses fue la que presentó el menor contenido. La muestra CP2 fue la de mayor contenido y diferente a Q con 4 meses y SMO con 3 meses. La concentración de ácido **láurico** se encontró entre 0.93 y 1.19% BS, sin diferencias entre muestras, excepto la CP2 con 3 meses con el mayor contenido ( $P < 0.01$ ). La concentración de ácido **mirístico** varió desde 4.05 hasta 5.16% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 con 4 meses, Q con 3 meses y SMO con 4 meses fueron las de menor contenido y la muestra Q con 4 meses la de mayor. La concentración de ácido **palmítico** se encontró entre 10.73 y 15.27% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra Q con 3 meses y CP2 con 4 meses de maduración fueron las de menor contenido. La muestra SMO no fue diferente con 3 y 4 meses de maduración. La muestra SMO con 4 meses de maduración no presentó diferencias con la CP1 con 4 meses, ni la muestra SMO con la CP1, ambas con 3 meses de maduración. La muestra Q con 4 meses fue la de mayor contenido. La concentración del ácido **esteárico** se encontró entre 4.8 y 9.5% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP2 y Q con 4 meses fueron las de menor y mayor contenido, respectivamente. También se observó que este ácido graso fue el de mayor variabilidad. La concentración de ácido **araquídico** varió de 0.132 a 0.205% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP2 y Q con 4 meses, al igual que en el ácido esteárico, fueron la que presentaron el menor y mayor contenido, respectivamente. Las muestras de un mismo productor que no presentaron diferencias en los 2 tiempos de maduración fueron las de los productores CP1 y SMO, lo que indica que estos productores tienen estandarizado el proceso ya sea por la materia prima empleada, proceso o condiciones de maduración. La concentración de ácido **lignocérico** varió desde 0.036 hasta 0.058% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras Q y SMO con 3 meses junto con las muestras SMO y CP2 con 4 meses de maduración fueron las de menor concentración, por el contrario la muestra CP1 con 4 meses fue la de mayor concentración, seguido de Q con 4 meses de maduración. Las únicas muestras de un mismo productor que no presentaron diferencias entre los distintos tiempos de maduración fueron las del productor de SMO (Cuadro 11). El ácido **behénico** no se logró cuantificar en la mayoría de los casos y las pocas muestras que sí, presentaron datos inconsistentes.

Al comparar el promedio de estos ácidos grasos del QCRO con otros tipos de quesos, se encontró que las bajas concentraciones de los ácidos butírico y caproico coinciden con lo reportado para otros quesos (Ha y Lindsay, 1990; Prandini *et al.*, 2007). En el caso del ácido caproico, éste presentó una concentración similar al queso Fontina Valle d'Aosta (Berard *et al.*, 2007). La concentración de los ácidos caprílico y caprílico fue mayor a la reportada para el queso Parmesano (Ha y Lindsay, 1990) y menor a las establecidas para el queso Alpino, Emmental y Grana por Prandini *et al.*, (2007). Los ácidos láurico, mirístico y palmítico presentaron un contenido menor respecto a otros quesos a los



queso Alpino, Emmental y Grana (Prandini *et al.*, 2007), caso contrario al **ácido esteárico** que mostró concentraciones mayores (Cuadro 12).

**Cuadro 22. Contenido promedio de grasos de cadena par en el QCRO y otros quesos de vaca**

Ácido graso	QCRO g/100 g grasa	Ha y Lindsay, 1990	Prandini <i>et al.</i> , 2007			Berard <i>et al.</i> , 2007
		Parmesano	Alpino	Emmental	Grana	Fontina
		g/100 g queso		g/100 g lípidos o grasa		
C4:0	0.005 <sup>1</sup> , 0.013	0.0417	9	8	5	0.0046
C6:0	0.008 <sup>1</sup> , 0.028	0.042	1.14	2.02	3.97	NR
C8:0	0.24	0.0045	0.59	1.12	1.39	NR
C10:0	1.3	0.0098	1.55	2.61	3.15	NR
C12:0	2.2	NR	2.49	3.19	3.65	NR
C14:0	9.8	NR	11.34	11.54	11.72	NR
C16:0	26.9	NR	31.25	29.96	30.80	NR
C18:0	14.2	NR	11.9	11.05	9.68	NR

<sup>1</sup>g/100 g queso

En el Cuadro 13 se presenta el contenido de ácidos grasos saturados de cadena impar presente en ocho muestras de QCRO, de cuatro productores (CP1, CP2, Q y SMO) y dos tiempos de maduración (3 y 4 meses). Se observa que la concentración de **ácido undecanoico** varió desde 0.02 hasta 0.010% BS, sin encontrarse diferencias entre las muestras al realizar el análisis de manera aleatoria, sin embargo si se encontraron al agruparlas por productor ( $P < 0.01$ ) y tiempo de maduración ( $P < 0.05$ ). Por productor, la única muestra diferente fue la del productor CP1, con el mayor contenido. La concentración de **ácido tridecanoico** fue de 0.022 a 0.035% BS, sin presentar diferencias entre sí. La concentración de **ácido pentadecanoico** se encontró entre 0.54 y 0.72% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Se observó que la muestra CP2 con 4 meses y las de SMO fueron las de menor contenido y muestra Q con 4 meses la de mayor. Las muestras de SMO no presentaron diferencias en los niveles encontrados en los dos tiempos de maduración. Las muestras CP2 con CP1 no presentaron diferencias, a pesar de provenir de productores diferentes, ni CP2 con Q y esta última con SMO. La concentración de **ácido heptadecanoico** varió desde 0.402 hasta 0.643% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP2 y Q con 4 meses fueron la de menor y mayor contenido. Las únicas muestras que no presentaron diferencias significativas entre sí fueron SMO y CP1, con 4 meses junto con CP2 y SMO, con 3 meses, con lo que se puede decir que la única muestra de un mismo productor que no presentó diferencias en los 2 tiempo de maduración diferentes de la muestra de SMO. La concentración de **ácido heneicosanoico** varió de 0.003 hasta 0.022% BS, sin presentar diferencias entre muestras. La concentración de **ácido tricosenoico** fue de 0.029 a 0.044% BS con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 con 3 meses fue la de mayor contenido, sin presentar diferencias con las muestras CP2 y SMO con 3 meses y Q con 4 meses. Las muestras de un



mismo productor que no presentaron diferencias con el tiempo de maduración fueron las de SMO y CP2.

**Cuadro 13. Contenido de ácidos grasos de cadena impar en ocho muestras de QCRO**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>mg/100 g QCRO seco</i>								
<b>C 11:0<sup>Pr</sup></b>	0.010±0.001b		0.003±0.004a		0.001±0.003a		0.003±0.005a	
<b>C 13:0</b>	0.030 ±0.000	0.022 ±0.019	0.035 ±0.002	0.028 ±0.001	0.029 ±0.001	0.033 ±0.001	0.029 ±0.000	0.028 ±0.001
<b>C 15:0</b>	0.67 ±0.00d	0.61 ±0.06bc	0.65 ±0.01cd	0.54 ±0.01a	0.60 ±0.00bc	0.72 ±0.00e	0.56 ±0.00ab	0.56 ±0.00ab
<b>C 17:0</b>	0.529 ±0.009d	0.494 ±0.009c	0.497 ±0.005c	0.402 ±0.009a	0.450 ±0.006b	0.643 ±0.001e	0.501 ±0.015c	0.485 ±0.014c
<b>C 21:0</b>	0.016 ±0.005	0.021 ±0.009	0.012 ±0.003	0.018 ±0.012	0.009 ±0.001	0.022 ±0.020	0.018 ±0.005	0.003 ±0.005
<b>C 23:0</b>	0.044 ±0.004c	0.031 ±0.004a	0.036 ±0.003abc	0.032 ±0.005ab	0.029 ±0.001a	0.043 ±0.008bc	0.039 ±0.007abc	0.029 ±0.002a

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; <sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

En el Cuadro 14 aparece el contenido de algunos ácidos grasos saturados de cadena impar en quesos. Se observa que las concentraciones de ácido tridecanoico fueron menores a las reportadas para el Alpino y el Grana, aunque fueron similares a las del Emmental y Fontina (Prandini *et al.*, 2007). El contenido de los ácidos pentadecanoico y heptadecanoico fueron mayores a las reportadas por Prandini *et al.*, (2007) para el Alpino, Emmental, Fontina y Grana.

**Cuadro 34. Contenido promedio de ácidos grasos de cadena impar en el QCRO y otros quesos de vaca**

Ácido graso	QCRO	Prandini <i>et al.</i> , 2007			
		Alpino	Emmental	Fontina	Grana
<i>g/100 g lípidos o grasa</i>					
C13:0	0.065	0.09	0.05	0.06	0.12
C15:0	1.37	1.25	1.13	1.30	1.11
C17:0	1.11	0.63	0.66	0.63	0.47





Los ácidos grasos saturados de cadena corta fueron difíciles de cuantificar, probablemente por la volatilidad de los mismos. Éstos son los que contribuyen en mayor medida al total de ácidos grasos saturados de cadena corta, entre los que el ácido caproico es el más representativo, seguido del ácido láurico, cáprico y caprilico para los de media. Estos últimos se les ha relacionado con propiedades antivirales, e incluso con el retraso del crecimiento de tumores. También contribuyen en gran medida a los sabores y aromas de la grasa láctea por la volatilidad que presentan (Ha y Lindsay, 1990). Los ácidos palmítico, esteárico y mirístico fueron los ácidos grasos de cadena larga predominantes. Bauchart (1993) y Banskalieva *et al.*, (2000) señalaron que el consumo de estos ácidos, en especial el láurico, mirístico y palmítico se encuentran relacionados con un incremento en los niveles de colesterol en sangre, debido a que pueden incrementar las concentraciones de LDL en plasma y desencadenar diversos padecimientos cardiovasculares en el consumidor; por el contrario, al ácido láurico se le ha vinculado con funciones antivirales y bacterianas, además de actuar como un agente anticaries y antiplaquetario. Al ácido esteárico se le ha relacionado con la disminución en los niveles de colesterol en sangre (Pariza, 1999; Bauchart, 1993). Los ácidos grasos de cadena impar son una fracción baja del total de saturados, pero son importantes porque contribuyen a impartir sabores distintivos del alimento, y es el ácido pentadecanoico el más abundante en el QCRO.

### Ácidos Grasos Monoinsaturados

En la Cuadro 15, se presentan las concentraciones de los distintos ácidos grasos monoinsaturados, en las ocho muestras de QCRO, de cuatro productores (CP1, CP2, Q y SMO) y dos tiempos de maduración (3 y 4 meses). Se observó que la concentración de **ácido pentadecenoico** varió de 0.052 a 0.187% BS con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 con 4 meses fue la única diferente al resto de las muestras y presentó el menor contenido, por lo que se puede decir que los niveles de este ácido graso no presentaron variaciones importantes por factores como la materia prima, proceso de elaboración y condiciones de maduración. El contenido de **ácido palmitelaidico** varió desde 0.098 hasta 0.211% BS con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras con 3 meses de maduración no presentaron diferencias significativas, aunque la de SMO, junto con CP2 con 4 meses, presentaron el menor contenido de ácido palmitelaidico. La muestra Q con 4 meses también fue diferente al resto de las muestras con el mismo tiempo de maduración y fue la que presentó la mayor concentración. Las únicas muestras de un productor que no presentaron diferencias por tiempo de maduración fueron las del productor CP1. La concentración de **ácido palmitoleico** fue de 0.34 hasta 0.46% BS, sin presentar diferencias al analizar las muestras de manera aleatoria, pero si al agruparlas por productor ( $P < 0.01$ ) o por tiempo de maduración ( $P < 0.05$ ). Por productor, se encontró que la muestra de SMO fue la que presentó el menor contenido y las muestras de Michoacán fueron la de mayor contenido. El contenido de **ácido heptadecenoico** se encontró entre 0.101 y 0.149% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras provenientes de SMO tuvieron los niveles más bajos, aunque no presentaron diferencias entre sí, a pesar de tener distintos tiempos de



maduración. Lo mismo ocurrió con las muestras CP1 que fueron las de mayor contenido, junto con Q con 3 meses, ésta última independientemente de provenir de región y productor diferentes. Las únicas muestras de un productor que presentaron diferencias en los distintos tiempos de maduración fue la CP2. Las muestras Q y CP1 no presentaron diferencias con el mismo tiempo de maduración (4 meses o 3 meses), por lo que se puede decir que estos productores tuvieron similitudes en la materia prima, proceso y/o condiciones empleadas para la obtención del QCRO.

**Cuadro 15. Contenido de ácidos grasos monoinsaturados en ocho muestras de QCRO.**

Estado	Michoacán				Jalisco					
	CP1		CP2		Q		SMO			
	Productor	CP1	CP2	Q	SMO	Productor	CP1	CP2	Q	SMO
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>mg/100 g QCRO seco</i>										
Ácido	0.187	0.052	0.170	0.150	0.154	0.179	0.145	0.137		
Pentadecenoico	±0.006b	±0.090a	±0.002b	±0.008b	±0.001b	±0.001b	±0.003b	±0.000b		
Ácido	0.136	0.144	0.130	0.099	0.121	0.211	0.098	0.162		
Palmitelaidico	±0.005bc	±0.009cd	±0.004bc	±0.007a	±0.002b	±0.008e	±0.014a	±0.007d		
Ácido	0.456		0.432		0.420		0.340			
Palmitoleico <sup>Pr</sup>	±0.014b		±0.018b		±0.040b		±0.011a			
Ácido	0.149	0.142	0.134	0.118	0.144	0.138	0.101	0.104		
Heptadecenoico	±0.002d	±0.004cd	±0.007c	±0.005b	±0.004cd	±0.002c	±0.004a	±0.005a		
Ácido	12.77	12.19	13.57	10.77	11.37	7.34	12.95	12.82		
Oleico	±0.14f	±0.37c	±0.04e	±0.17a	±0.10b	±0.07f	±0.06d	±0.22d		
Ácido	0.003		0.019		0.011		0.016			
cis-vaccenico	±0.003a		±0.005b		±0.016ab		±0.009b			
Ácido	0.18		0.17		0.20		0.15			
Eicosenoico	±0.02bc		±0.01ab		±0.02c		±0.01a			

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; <sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

El contenido de **ácido oleico** fue de 10.8 a 17.3% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP2 con 4 meses fue la que presentó el menor contenido, mientras que las muestras CP1 con 3 meses y Q con 4 meses fueron las de mayor contenido, a pesar de provenir de regiones, productores y tiempo de maduración diferentes. Las muestras de un productor que no presentaron diferencia con distinto tiempo de maduración fueron las de SMO. La concentración de **ácido vaccénico** varió de 0.005 a 0.023% BS y la del **ácido eicosanoico** de 0.15 a 0.21% BS. Los resultados de estos últimos ácidos grasos no presentaron diferencias al analizar las muestras aleatoriamente, sin embargo si se



encontraron al agruparlas por productor ( $P < 0.05$  y  $P < 0.01$ , respectivamente). Para el caso del ácido vaccénico, las muestra CP1 y Q tuvieron los niveles más bajos, y ésta última no presentó diferencias con las muestras de Jalisco, a pesar de provenir de distintos productores. Estas últimas tampoco presentaron diferencias con las del productor CP2. En cuanto al ácido eicosanoico, se observó que las muestras SMO fueron las de menor contenido y las muestras CP1 y Q fueron la de mayor contenido. Las muestras de Michoacán no presentaron diferencias a pesar del provenir de distintos productores, pero sí las de Jalisco. No se lograron cuantificar las concentraciones de los ácidos erúcico y nervónico debido al bajo contenido, lo que provocaba inconsistencia en los resultados entre las mismas muestras.

En el Cuadro 16 se ilustra el contenido de algunos ácidos grasos monoinsaturados en distintos quesos que a compararlos con el contenido promedio del QCRO.

**Cuadro 46. Contenido promedio de ácidos grasos monoinsaturados en el QCRO y otros quesos de vaca**

Ácido graso	QCRO	Prandini <i>et al.</i> , 2007			
		Alpino	Emmental	Fontina	Grana
		<i>g/100 g lípidos o grasa</i>			
Ácido palmitoleico	0.93	1.63	1.62	1.46	1.75
Ácido heptadecenoico	1.11	0.42	0.39	0.42	0.34
Ácido oleico	28.7	27.17	25.51	24.97	24.41

Se observa que la concentración de ácido palmitoleico fueron menores a las del queso Alpino, Emmental, Fontina y Grana, en cambio los ácidos heptadecenoico y oleico en el QCRO fueron mayores a las reportadas para los quesos anteriormente mencionados.

Se puede afirmar que el ácido oleico fue el ácido graso predominante, lo que indicaría que el consumo de queso Cotija podría proporcionar algún beneficio a la salud, ya que Pariza (1999) y Banskalieva *et al.*, (2000) señalaron que la ingesta de ácido oleico, al igual que la del esteárico, disminuía los niveles de colesterol en sangre.

### Ácidos Grasos Poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados son de gran interés en términos de la salud del consumidor, a pesar de encontrarse en menor proporción respecto a los otros tipos de ácidos grasos, pues se han reportado diversos efectos positivos sobre el organismo. En el Cuadro 17 se presentan las concentraciones de los distintos ácidos grasos poliinsaturados. Se encontró al **ácido linolelaídico** en concentraciones entre 0.179 y 0.398% BS, con diferencias significativas entre las muestras ( $P < 0.01$ ). Las únicas muestras de un productor que no presentaron diferencias fueron las de SMO, independientemente de contar con distinto tiempo de maduración. Estas últimas muestras tampoco presentaron diferencias con CP1 con 3 meses. La concentración de **ácido  $\nu 9$ ,  $\nu 12$ ,  $\nu 15$ -linoléxico** varió de 0.062 a 0.088% BS, con diferencias



significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las diferencias entre las muestras no fueron significativas ni entre tiempos de maduración ni productores. La concentración de **ácido c11,c14-icosadienoico** varió de 0.017 a 0.037 % BS con diferencias entre las muestras ( $P < 0.05$ ). La muestra Q fue la única diferente al resto de las muestras con 3 meses de maduración, en cambio las muestras con 4 meses no presentaron diferencias, a pesar de provenir de regiones y productores diferentes. Las muestras del productor CP1 fueron diferentes con 3 y 4 meses de maduración.

**Cuadro 17. Contenido de algunos ácidos grasos poliinsaturados en ocho muestras de QCRO.**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>mg/100 g QCRO seco</i>							
<b>Ácido Linolelaídico</b>	0.230 ±0.006b	0.398 ±0.013e	0.275 ±0.006c	0.187 ±0.004a	0.179 ±0.004a	0.301 ±0.021d	0.225 ±0.012b	0.231 ±0.002b
<b>Ácido t9, t12, t15-Linolénico</b>	0.088 ±0.004b	0.080 ±0.008b	0.083 ±0.005b	0.068 ±0.007a	0.068 ±0.001a	0.084 ±0.002b	0.062 ±0.003a	0.063 ±0.001a
<b>Ácido c11,c14-icosadienoico</b>	0.037 ±0.005c	0.017 ±0.001a	0.029 ±0.002abc	0.028 ±0.012abc	0.027 ±0.004abc	0.034 ±0.004bc	0.027 ±0.010abc	0.023 ±0.004ab
<b>Ácido c11,c14,c17-icosadienoico</b>	0.045 ±0.004	0.030 ±0.001	0.036 ±0.023	0.039 ±0.008	0.043 ±0.005	0.049 ±0.003	0.043 ±0.010	0.036 ±0.003
<b>Ácido Dohomo-γ-linolénico</b>	0.024 ±0.002	0.017 ±0.002	0.023 ±0.001	0.022 ±0.009	0.024 ±0.001	0.028 ±0.002	0.022 ±0.001	0.020 ±0.001

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

El contenido de **ácido c11,c14,c17-icosadienoico** se encontró entre 0.030 y 0.045 % BS y el de ácido **dohomo-γ-linolénico** entre **0.017 y 0.028% BS**, ambos sin presentar diferencias significativas entre las muestras y considerando las distintas fuentes de variación.

El ácido linolelaídico fue el constituyente predominante en los ácidos grasos poliinsaturados, y se puede decir que en el queso Cotija se encuentra una proporción significativa de dobles enlaces tipo *trans*, lo que se podría explicar por el proceso de biohidrogenación en el rumen.



### Ácidos Grasos Omega 6 y 3

Dentro de los ácidos grasos poliinsaturados también se encontraron los ácidos grasos tipo omega 6 y 3, compuestos que cumplen diversas funciones en el organismo y, por lo tanto, su consumo representa un beneficio potencial a la salud. En el Cuadro 18 se ilustra el perfil de ácidos grasos  $\omega$  6 en las muestras.

**Cuadro 18. Perfil de ácidos grasos omega presentes en ocho muestras de QCRO**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>mg/100 g QCRO seco</i>								
AL	0.79 ±0.01b	0.89 ±0.01c	0.88 ±0.00c	0.64 ±0.01a	0.76 ±0.01b	1.42 ±0.03f	1.12 ±0.05e	1.03 ±0.04d
AA <sup>Pr</sup>	0.038±0.003ab		0.034±0.008ab		0.041±0.008b		0.031±0.005a	
AGL	0.011 ±0.003a	0.061 ±0.003c	0.023 ±0.006b	0.011 ±0.005a	0.018 ±0.004ab	0.014 ±0.004ab	0.013 ±0.002a	0.013 ±0.000a

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; <sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

En el Cuadro 18 se observa que el **ácido linoleico** (AL) se encuentra en concentraciones de 0.64 a 1.42% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP2 y Q con 4 meses fueron las que presentaron el menor y mayor contenido, respectivamente. Las muestras CP1 y Q con 3 meses fueron las únicas muestras que no presentaron diferencias con el mismo tiempo de maduración. La concentración de **ácido araquidónico** (AA) varió de 0.031 a 0.041% BS, sin encontrarse diferencias entre muestras al analizarlas aleatoriamente, sin embargo si se encontraron cuando se agruparon por productor ( $P < 0.05$ ). Las muestras de Jalisco fueron las diferentes entre sí, pero no con las de Michoacán, a pesar de provenir de regiones y productores diferentes. La concentración de **ácido  $\gamma$ -linolénico** (AGL) varió desde 0.011 hasta 0.061% BS, diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 con 4 meses fue la de mayor contenido y la única diferente a todas las muestras. Las muestras de Jalisco no presentaron diferencias entre ellas, incluso tampoco presentaron diferencias con CP1 con 3 meses y CP2 con 4 meses.

En el Cuadro 19 aparece el perfil de ácidos grasos  $\omega$  3, en las ocho muestras de QCRO, de cuatro productores (CP1, CP2, Q y SMO) y dos tiempos de maduración (3 y 4 meses).



Cuadro 19. Perfil de ácidos grasos omega 3 presentes en ocho muestras de QCRO.

Estado	Michoacán				Jalisco			
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>mg/100 g QCRO seco</i>							
<b>AAL</b>	0.347 ±0.007b	0.379 ±0.005c	0.384 ±0.010c	0.307 ±0.13a	0.353 ±0.003b	0.557 ±0.007f	0.450 ±0.017e	0.419 ±0.003d
<b>AEP</b>	0.103 ±0.003bc	0.090 ±0.006ab	0.104 ±0.005bc	0.091 ±0.015ab	0.091 ±0.002ab	0.108 ±0.003c	0.086 ±0.002a	0.080 ±0.006a
<b>ADP</b>	0.052 ±0.004a	0.054 ±0.005a	0.234 ±0.006d	0.043 ±0.002a	0.295 ±0.021e	0.195 ±0.009c	0.206 ±0.017c	0.165 ±0.012b
<b>ADH</b>	0.015 ±0.002bc	0.011± 0.003ab	0.015 ±0.002bc	0.013 ±0.001abc	0.011 ±0.002a	0.016 ±0.002c	0.012 ±0.002abc	0.013 ±0.002abc

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

En el Cuadro 19 se observa que la concentración del ácido  **$\alpha$ -linolénico** (AAL) varió entre 0.31 y 0.58% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP2 con 4 meses fue la de menor contenido y la muestra Q con 4 meses fue la de mayor. Las muestras CP1 y Q con 3 meses no fueron diferentes entre sí, a pesar de no provenir del mismo productor ni de la misma región. La concentración de **ácido eicosapentanoico** (AEP) varió entre 0.080 y 0.108% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras Q presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración. La de SMO fue la única diferente de las muestras con 3 meses, en cambio la muestra Q fue la única diferente de las muestras con 4 meses de maduración. La concentración de **ácido docosapentanoico** (ADP) se encontró desde 0.043 a 0.295% BS, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra Q con 3 meses fue la de mayor contenido y las muestras CP1 junto con CP2 con 4 meses, las de menor contenido. Las muestras CP1 no presentaron diferencias con distinto tiempo de maduración. Todas las muestras con 3 meses presentaron diferencias, en cambio, las muestras de Michoacán con 4 meses no presentaron diferencias. La concentración de **ácido docosahexanoico** (ADH) fue de 0.011 a 0.016% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras con 4 meses de maduración no presentaron diferencias entre sí, excepto la muestra Q, en cambio la única muestra con 3 meses que presentó diferencias fue la de Q con las de Michoacán.

Los ácidos grasos  $\omega$  6 se encontraron en mayor proporción que los  $\omega$  3. De los  $\omega$  6, el AL es el ácido predominante, su concentración fue mayor a la encontrada en el Alpino, Emmental y Fontina (1.99, 1.58 y 1.84 g/100 g grasa), aunque menor en comparación del Grana con 2.32 g/100 g grasa (Prandini *et al.*, 2007). El segundo ácido graso  $\omega$  3 predominante fue el AA, seguido de AGL. Estos valores indican que no se favoreció la elongación de AL ya que se encontró una mayor concentración de éste,



que de AA, AEP o ADH. La presencia de AL en el QCRO es importante debido a que se le ha relacionado con la disminución al riesgo de enfermedades cardiovasculares. Entre ácidos grasos  $\omega$  3, el AAL es el principal, su concentración fue mayor que la de quesos como el Alpino y Grana con 0.60 y 0.53 g/100 g grasa respectivamente, similar a la del Emmental con 0.89 g/100 g grasa, aunque menor respecto al Fontina con 0.96 g/100 g grasa, reportados por Prandini *et al.*, (2007). El segundo ácido graso fue el ADP, seguido del AEP y finalmente el ADH.

### Ácido Linoleico Conjugado

El CLA, denominación a la serie de isómeros del AL, es otro de los ácidos grasos poliinsaturados de gran importancia en la salud del consumidor. La mayoría de los estudios se han llevado a cabo utilizando mezclas de diferentes isómeros aunque la utilización de isómeros concretos presenta mayor interés. Se ha demostrado que algunos de los efectos de CLA son isómeros específicos (Gnädig *et al.*, 2003). En la Cuadro 20, se muestra el contenido de los distintos isómeros del CLA. Se observa que la concentración de *c9,t11-CLA* + *t9,c11-CLA* varió de 0.87 a 1.39% BS, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra Q con 3 y 4 meses fueron la de menor y mayor contenido, respectivamente. La concentración de *t10, c12-CLA* fue de 0.04 hasta 0.16% BS con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras Q con 3 y 4 meses fueron las que presentaron el menor y mayor contenido, respectivamente. Las muestras SMO no presentaron diferencias a pesar de contar con tiempos de maduración diferentes.

**Cuadro 20. Contenido de distintos isómeros de CLA en ocho muestras de QCRO**

Estado	Michoacán				Jalisco				
	Productor		CP1		CP2		Q		SMO
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4	
<i>mg/100 g QCRO seco</i>									
<i>c9,t11-CLA</i>	0.87	1.01	1.12	0.89	0.80	1.39	1.08	1.03	
+ <i>t9,c11-CLA</i>	±0.01b	±0.04c	±0.01d	±0.00b	±0.00a	±0.00e	±0.02d	±0.01c	
<i>t10, c12-CLA</i>	0.07	0.11	0.12	0.07	0.04	0.16	0.14	0.12	
	±0.01b	±0.01c	±0.00cd	±0.02b	±0.00a	±0.00e	±0.01d	±0.00cd	
<b>Otros</b>	0.045	0.055	0.062	0.053	0.040	0.070	0.056	0.048	
	±0.004	±0.029	±0.005	±0.013	±0.015	±0.006	±0.010	±0.005	
<b>TOTAL</b>	1.00	1.17	1.30	1.00	0.90	1.63	1.27	1.20	
	±0.00b	±0.06c	±0.00e	±0.00b	±0.00a	±0.06f	±0.06de	±0.00cd	

CPI: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.



En el Cuadro 20 también se observa que la concentración de la suma **otros isómeros** fue baja (0.04 a 0.07% BS) y no se presentaron diferencias entre muestras con ninguna de las fuente de variación (productor, tiempo de maduración y aleatorias). Dentro de estos isómeros podrían encontrarse el *t7*, *t9*-CLA, *c8,t10*- CLA, *t8,t10*- CLA, *t9,t11*- CLA, *c9,c11*- CLA, *t9,t11*- CLA, *t10,t12*- CLA, *c11,t13*-CLA, *t11,t13*-CLA, *t12,t14*-CLA, entre otros.

Los isómeros de CLA predominantes en el QCRO fueron los que presentan las insaturaciones en los carbonos 9 y 11 (86.4%), seguidos del isómero *t10*, *c12*-CLA, y posteriormente, el resto de los isómeros. Si se deseara conocer específicamente cuál de los isómeros con las insaturaciones en los carbonos 9 y 11 es el de mayor concentración se debería realizar otro estudio para su separación y cuantificación. Se considera que sería el *c9,t11*-CLA ya que Luna *et al.*, (2008) reportó que el isómero más importante del CLA es el ácido ruménico (*c9,t11*-CLA) que está de manera natural en alimentos provenientes de rumiantes. Bondia *et al.*, (2007) reportaron que el *c9,t11*-CLA se encontraba en 80% del total de CLA, el *c11,t13*-CLA en 3.84%, *t10,c12*-CLA en 14.85% (mayor que para el caso del QCRO, 8.8%) y *t10,t12*-CLA en 1.22%. Otros autores también han reportado que el isómero *c9,t11*-CLA es la forma principal del CLA en la dieta (85-89% del total de CLA en productos lácteos), y la que presenta los benéficos a la salud como los efectos anticancerígenos y antiaterogénicos y disminución de lípidos en sangre (Bondia *et al.*, 2007; Prandini *et al.*, 2007; Luna *et al.*, 2008). En un estudio realizado por Kraft *et al.*, (2003) reportaron una concentración de *c9*, *t11*-CLA en leche de vacas alimentadas sobre una vegetación de baja, media y alta montaña, obteniendo 0.81, 1.50 y 2.18 g/100 g de grasa, concentraciones similares, aunque menores, a las encontradas en el QCRO (1.97-2.43 mg/100 g grasa).

### 6.3. PÉRFIL DE AMINOÁCIDOS

La concentración promedio total de aminoácidos es un resultado de un proceso multifactorial en el que intervienen microorganismos que metabolizan nitrógeno, proteínas que son desnaturalizadas por efectos físicos como el calor, métodos de análisis y el mismo error humano al procesar las muestras, además de la proteólisis durante la maduración del queso. Este último es considerado el evento más importante responsable del sabor, aroma y textura del queso. Durante la maduración, la liberación de aminoácidos refleja la intensidad de los cambios anteriormente mencionados por la ruptura de las proteínas. Los aminoácidos también influyen en el desarrollo del sabor y aroma del queso y en el incremento del pH por la formación de grupos NH<sub>2</sub> libres, de ahí la importancia de determinar su concentración (Baer *et al.*, 1996).

En el Cuadro 21 se muestra el contenido de los aminoácidos totales en las muestras analizadas. El contenido de los aminoácidos totales por 100 g de QCRO seco se encontró entre 35.1 y 50.2 g, con diferencias significativas entre las muestras (P<0.01). Las muestras CP1 fueron las de menor contenido





y las muestras CP2 con 4 meses de maduración junto con SMO con 3 meses fueron las de mayor concentración. Las muestras CP2 y SMO fueron diferentes en los distintos tiempos de maduración, lo que podría deberse a la proteólisis que se lleva a cabo durante ésta.

**Cuadro 21. Aminoácidos totales en ocho muestras de QCRO**

Estado	Michoacán				Jalisco			
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>g/100 g QCRO seco</i>							
<b>Aminoácidos</b>	37.3	35.1	43.8	50.2	40.8	40.8	48.8	43.5
<b>Totales</b>	±1.4ab	±1.0a	±1.1c	±0.9d	±0.6bc	±0.9bc	±3.9d	±3.2c

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

Para evaluar el valor nutricional es importante distinguir entre el contenido de aminoácidos esenciales y los no esenciales. En el Cuadro 22 se observa que la concentración de aminoácidos no esenciales se encuentra en un rango que va de 16.1 a 24.4 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras que presentaron diferencias con 3 y 4 meses fueron las de CP2, y si se consideran las muestras con 4 meses de maduración, sólo la muestra CP2 fue diferente. El contenido por 100 g de QCRO seco de **alanina** (Ala) varió entre 1.0 y 2.1 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP1 y Q con 4 meses fueron las de menor contenido, en cambio, las muestras de SMO y CP2 con 4 meses fueron las de mayor concentración. Las únicas muestras de un productor que presentaron diferencias con distinto tiempo de maduración fueron las Q. La concentración de **asparagina** (Asp) varió de 2.7 a 6.3 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 con 4 meses y Q con 3 meses fueron la de menor contenido y la de SMO con 3 meses la de mayor. La muestra que no presentó diferencia entre 3 y 4 meses de maduración fue la CP2. El contenido de **cisteína** (Cis) varió de 0.1 a 0.3 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP2 con 4 meses fue la de mayor contenido. Las muestras de CP1 y SMO no presentaron diferencias entre tiempos de maduración. Las muestras de Michoacán no presentaron diferencias con 3 meses de maduración. Las muestras con 4 meses que no presentaron diferencias fueron la CP2 y Q. La concentración de **ácido glutámico** (Glu) varió de 6.1 a 7.1 g, sin presentar diferencias en las muestras al analizarlas de forma aleatoria, pero si al agruparlas por productor ( $P < 0.01$ ) y tiempo de maduración ( $P < 0.01$ ). La muestra CP2 fue la de mayor contenido y diferente al resto de las muestras. El contenido de **glicina** (Gli) se encontró entre 0.9 y 1.8 g, con diferencias significativas entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras de CP1 fueron las de menor contenido y las de SMO fueron las de mayor contenido junto con la CP2 con 4 meses y Q con 3 meses. Las muestras no presentaron diferencias con 3 y 4 meses.



Cuadro 22. Aminoácidos no esenciales en ocho muestras de QCRO

Estado	Michoacán				Jalisco			
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>g/100 g QCRO seco</i>								
<b>Ala</b>	1.3 ±0.1ab	1.5 ±0.1ab	1.8 ±0.1cde	1.6 ±0.1bcd	1.6 ±0.1bcd	1.0 ±0.1a	2.1 ±0.2e	1.9 ±0.2de
<b>Asp</b>	3.8 ±0.1b	2.7 ±0.1a	4.4 ±0.1bc	4.5 ±0.2c	2.7 ±0.1a	4.8 ±0.2c	6.3 ±0.5e	5.6 ±0.4d
<b>Cis</b>	0.14 ±0.00b	0.12 ±0.00ab	0.10 ±0.01a	0.28 ±0.01d	0.20 ±0.01c	0.11 ±0.01ab	0.19 ±0.02c	0.17 ±0.02c
<b>Glu<sup>Pr</sup></b>	6.4±0.4a		7.1±0.2b		6.4±0.2a		6.1±0.6a	
<b>Gli</b>	1.0 ±0.1a	0.9 ±0.1a	1.3 ±0.1bc	1.7 ±0.2cd	1.6 ±0.0bcd	1.3 ±0.1b	1.8 ±0.2d	1.6 ±0.2cd
<b>Pro</b>	3.3 ±0.1e	2.0 ±0.2b	2.6 ±0.3d	2.5 ±0.2cd	2.8 ±0.3d	1.2 ±0.1a	2.5 ±0.0bcd	2.2 ±0.0bc
<b>Tir</b>	4.2 ±0.3abc	3.5 ±0.3a	3.9 ±0.1ab	7.0 ±0.1d	4.9 ±0.1c	3.7 ±0.3ab	4.9 ±0.5c	4.4 ±0.4bc
<b>Ser<sup>Pr</sup></b>	1.4±0.2a		2.2±0.1b		2.1±0.2b		2.3±0.3b	
<b>TOTAL</b>	16.1 ±1.0a	17.8 ±0.3ab	21.1 ±0.8cd	24.4 ±0.4e	19.2 ±0.6bc	21.0 ±0.3cd	23.1 ±2.0de	20.5 ±1.7cd

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; <sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor. Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

En el Cuadro 23 se observa que el contenido de **prolina** (Pro) varió desde 1.2 hasta 3.3 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra Q con 4 meses fue la de menor contenido y las muestras CP1 con 3 meses la de mayor concentración. Las muestras CP2 y Q no presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración. El contenido de **tirosina** (Tir) en el QCRO fue de 3.5 a 7.0 g con diferencias entre muestra ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP1 presentaron el mayor contenido junto con la muestra Q con 4 meses y la CP2 con 3 meses. La muestra CP2 con 4 meses de maduración fue la de menor concentración. Las muestras de Michoacán con 3 meses no presentaron diferencias entre sí, así como entre las de Jalisco. La concentración de **serina** (Ser) varió de 1.4 a 2.3 g, sin encontrar diferencias en el análisis de las muestras de forma aleatoria, sin embargo, si se encontraron al agruparlas por productor ( $P < 0.01$ ). Se encontró que la única muestra diferente al resto de las muestras fue la CP1, con el menor contenido. Cuando se analizó el contenido total de aminoácidos no esenciales, sólo la muestra CP2 fue diferente significativamente, con distinto tiempo de maduración.



En el Cuadro 23 se muestra el contenido de los distintos aminoácidos esenciales. El contenido total de aminoácidos esenciales varió entre 15.4 y 23.4 g, se encontraron diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ), en que las muestras CP1 presentaron el contenido más bajo y las muestras CP2 con 4 meses y SMO con 3 meses, las de mayor concentración.

Cuadro 23. Aminoácidos esenciales en ocho muestras de QCRO.

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor								
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>g/100 g QCRO seco</i>								
Arg	0.47 ±0.02b	1.06 ±0.09ef	0.59 ±0.02bc	1.17 ±0.08f	0.64 ±0.03c	0.32 ±0.03a	0.99 ±0.06de	0.89 ±0.06d
His	0.58 ±0.07a	0.92 ±0.00b	1.07 ±0.08bc	1.28 ±0.13cd	1.07 ±0.07bc	0.98 ±0.10b	1.59 ±0.17e	1.41 ±0.14de
Ile <sup>Pr</sup>	2.1±0.3a		2.7±0.1bc		2.4±0.3ab		3.0±0.3c	
Leu	2.7 ±0.2a	4.3 ±0.1de	3.9 ±0.3cde	4.1 ±0.1de	2.9 ±0.3ab	4.4 ±0.2de	3.7 ±0.3cd	3.3 ±0.3bc
Lis	2.1 ±0.1a	2.1 ±0.2a	3.3 ±0.2bc	3.8 ±0.2cd	2.9 ±0.2b	4.2 ±0.3d	3.2 ±0.5bc	2.9 ±0.4b
Met	0.48 ±0.02ab	0.53 ±0.05bc	0.43 ±0.05ab	0.95 ±0.08e	0.60 ±0.01cd	0.68 ±0.06d	0.44 ±0.04ab	0.39 ±0.04a
Fen <sup>Pr</sup>	3.2±0.2ab		3.6±0.2b		3.0±0.2 <sup>a</sup>		3.4±0.4ab	
Tre	0.59 ±0.02bc	0.41 ±0.02a	0.83 ±0.02e	0.86 ±0.06e	0.74 ±0.05de	0.48 ±0.04ab	0.66 ±0.08cd	0.59 ±0.07bc
Val	3.2 ±0.3b	2.4 ±0.1a	4.0 ±0.1c	4.8 ±0.1d	4.1 ±0.4cd	3.6 ±0.1bc	4.7 ±0.5d	4.2 ±0.4cd
TOTAL	15.4 ±1.0a	17.1 ±0.3ab	20.3 ±0.8cd	23.4 ±0.4e	18.4 ±0.6bc	20.2 ±0.3cd	22.1 ±1.9de	19.7 ±1.6cd

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; <sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

El contenido de **Arginina** (Arg) varió de 0.32 a 1.17 g, con diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ). La muestra Q con 4 meses de maduración fue la de menor contenido, por el contrario las muestras de Michoacán con 4 meses fueron las de mayor concentración. Las muestras de SMO fueron las únicas que no presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración. De las muestras de 3 meses la única diferente a todas las muestras fue la de SMO. La concentración de la **histidina** (His) fue de 0.58 a 1.59 g, con diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ). La muestra CP1 con 3 meses fue la de menor contenido y que las de SMO fueron las de mayor concentración. Las muestras CP1 fueron las únicas que presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración. El contenido de **isoleucina** (Ile) varió



desde 2.1 hasta 3.0 g, sin presentar diferencias entre muestras al analizarlas de manera aleatoria, sin embargo si se encontraron al agruparlas por productor ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP1 y Q presentaron el menor contenido, en cambio las muestras CP2 y SMO fueron las de mayor concentración. El contenido de **leucina** (Leu) fue de 2.7 a 4.4 g con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP1 y Q, ambas con 3 meses de maduración fueron las de menor contenido. Las muestras CP1 y Q fueron las únicas que no presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración. La muestra SMO con 4 meses fue la única diferente al resto de las muestras con el mismo tiempo de maduración. La **lisina** (Lis) se encontró en concentraciones entre 2.1 y 4.2 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP2 y Q, ambas con 4 meses de maduración fueron las de mayor contenido de Lis. Las muestras Q fueron las únicas que presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración. La presencia de **metionina** (Met) varió de una concentración de 0.39 a 0.95 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras SMO junto con las de CP1 y CP2, ambas con 3 meses fueron las de menor contenido y CP2 con 4 meses la de mayor contenido de Met. Las muestras de Jalisco no presentaron diferencias con 3 y 4 meses de maduración, al igual que CP1. De las muestras con 3 meses, la de Q fue diferente a todas las demás. De las muestras con 4 meses, todas fueron diferencias entre sí. La concentración de **fenilalanina** (Fen) varió de 3.0 a 3.6 g, sin presentar diferencias al analizarlas de manera aleatoria, pero sí cuando fueron agrupadas por productor ( $P < 0.01$ ). Las muestras Q y CP2 fueron diferentes entre sí. El contenido de **treonina** (Tre) varió entre 0.41 y 0.86 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras CP1 y Q, ambas con 4 meses de maduración, fueron las que tuvieron menor contenido, en tanto que las de CP2 y la de Q con 3 meses, las de mayor concentración. Las muestras de Michoacán con 4 meses de maduración fueron diferentes entre sí y con el resto de las muestras. La concentración de **valina** (Val) se encontró entre 2.4 y 4.8 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras de Michoacán no presentaron diferencia con 3 y 4 meses de maduración. La muestra CP1 con 4 meses fue la que presentó el menor contenido. De las muestras con 3 meses, la única diferente fue la de CP1. Este mismo efecto sucedió al analizar las de 4 meses de maduración.

Es importante destacar que no existen estudios que reporten el contenido de aminoácidos en el QCRO. Con los valores de aminoácidos esenciales obtenidos en este estudio, se puede obtener la calificación química para conocer la relación existente entre el valor de cada aminoácido esencial con respecto al valor de dicho aminoácido en el patrón de referencia de aminoácidos necesarios para un crecimiento óptimo y obtener el porcentaje del aminoácido deficiente. Se considera aminoácido deficiente al menor valor del porcentaje de aminoácido esencial encontrado y, por tanto, limitante para la utilización de la proteína (Robinson y Sadler, 1993; Badui, 2006).



$$\text{Calificación química} = \frac{\left( \frac{\text{miligramos}_{\text{a min oácido esencial}}}{\text{gramos de proteína}_{\text{a limento}}} \right)}{\left( \frac{\text{miligramos}_{\text{a min oácido esencial}}}{\text{gramos de proteína}_{\text{patrón de referencia}}} \right)} \times 100$$

Usualmente, la calificación química de una proteína se calcula comparándola con las necesidades de un niño mayor a un año, porque representan los requerimientos de aminoácidos más exigentes de los diferentes grupos etarios. En el Cuadro 24 se observa el patrón de aminoácidos usado en este estudio fue el de la FAO/OMS/UNU (1985), así como los resultados de la calificación química promedio de los quesos *Cotija Región de Origen*. Se observa que la calificación más alta corresponde a Val y las más bajas correspondieron a treonina y metionina, por lo que la treonina fue el aminoácido limitante (FAO, 2001). Estos resultados distan de lo esperado pues tanto la proteína del huevo como de la leche han sido consideradas las mejores proteínas sobre la base de su utilización por los animales, por lo que se recomienda volver a realizar el estudio de la calidad proteica del QCRO.

**Cuadro 24. Calificación química promedio de ocho muestras de QCRO.**

Aminoácido esencial	PATRÓN DE AMINOÁCIDOS	Calificación química
	(FAO/OMS/UNU,1985) <i>mg de aminoácidos/g de proteína</i>	QCRO %
Histidina	19	154
Isoleucina	28	243
Leucina	66	147
Lisina	58	139
Metionina + cisteína	25	33
Fenilalanina + tirosina	63	358
Treonina	34	50
Valina	35	293

Los aminoácidos no esenciales que se encontraron en mayor cantidad fueron el ácido glutámico, luego tirosina, seguida de asparagina; mientras que, los que se encontraron en menor cantidad fueron la cisteína. Los aminoácidos no esenciales proceden de la circulación sanguínea y de síntesis mamaria. El 70% de ácido glutámico, glutamina y tirosina, así como el 50% de prolina y asparagina que se encuentran en la caseína, proceden de aminoácidos libres absorbidos del torrente sanguíneo y menos del 20% se sintetizan en la glándula mamaria. Respecto a los aminoácidos esenciales, los de mayor contenido fueron la valina, seguido de leucina, fenilalanina y lisina, en cambio los de menor concentración fueron metionina, treonina y arginina, respectivamente. La deficiencia de treonina provoca indigestión, acidez gastrointestinal, desordenes estomacales, mala absorción y en general desnutrición, ya que este aminoácido está relacionado con el funcionamiento del tracto digestivo. La



deficiencia de arginina provoca la alteración en diversas funciones del organismo como la producción de insulina, la tolerancia a la glucosa, el metabolismo de las grasas en el hígado, entre otros. La deficiencia de metionina refleja un decremento en el organismo, acumula residuos tóxicos y no permite que el hígado metabolice la grasa, entre otros.

En el Cuadro 25 se ilustra el contenido promedio de aminoácidos en el QCRO y en distintos quesos de pasta dura elaborados con leche de vaca. Se observó que el QCRO presentó un contenido menor de los aminoácidos treonina, metionina, arginina, ácido glutámico y prolina, por el contrario la fenilalanina, tirosina, valina, alanina, ácido aspártico y glicina presentaron un contenido mayor respecto a los quesos reportados por la USDA.

**Cuadro 25. Contenido de aminoácidos presentes en el QCRO y otros quesos de pasta dura.**

Aminoácido	QCRO	USDA (2009)				
		Parmesano	Gruyere	Edam	Cheddar	Añejo
		<i>g/100 g queso</i>				
Tre	0.43	1.3	1.1	0.93	0.89	0.73
Ile	1.8	1.9	1.6	1.3	1.5	1.1
Leu	2.5	3.5	3.1	2.6	2.4	2.0
Lis	2.1	3.3	2.7	2.7	2.1	1.5
Met	0.38	0.96	0.82	0.72	0.65	0.54
Cis	0.11	0.24	0.30	0.26	0.13	0.08
Fen	2.2	1.9	1.7	1.4	1.3	1.1
Tir	3.1	2.0	1.8	1.5	1.2	1.2
Val	2.6	2.4	2.2	1.8	1.7	1.3
Arg	0.52	1.3	0.97	0.96	0.94	0.70
His	0.76	1.4	1.1	1.0	0.87	0.68
Ala	1.1	1.0	0.96	0.76	0.70	0.62
Asp	3.0	2.2	1.6	1.7	1.6	1.3
Glu	4.4	8.2	6.0	6.2	6.1	4.8
Gli	0.95	0.62	0.53	0.49	0.43	0.30
Pro	1.6	4.2	3.9	3.3	2.8	2.2
Ser	1.4	2.1	1.7	1.5	NR	1.2

El producto de la degradación de diversos compuestos nitrogenados es el amoniac (NH<sub>3</sub>). En el Cuadro 26 se muestra el contenido de NH<sub>3</sub>, en las ocho muestras de QCRO.



Cuadro 26. Contenido de amoniaco presente en ocho muestras de QCRO.

Estado	Michoacán				Jalisco			
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>mg/100 g QCRO seco</i>								
NH <sub>3</sub>	42±5a	29±3a	112±12c	158±5d	88±6b	87±6b	89±10b	79±8b

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro; Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

El contenido de amoniaco presente en las muestras varió de 29 a 158 mg por 100 g QCRO seco, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Dichas diferencias podrían deberse a las distintas reacciones durante la maduración. Las muestra CP1 fueron las que presentaron el menor contenido, y la muestra CP2 con 4 meses fue la de mayor concentración. Las muestras CP2 fueron las únicas que no presentaron diferencias, a pesar de los distintos tiempos de maduración.

#### 6.4. PERFIL DE VITAMINAS

Las vitaminas son compuestos esenciales para la salud que no pueden sintetizarlos por lo que se tienen que obtener de la dieta. En el Cuadro 27 se observa la concentración de vitaminas liposolubles por 100 g de queso seco de ocho muestras de QCRO. Se observa que la concentración de la **vitamina A** varió de 0.428 a 0.749 mg, concentraciones menores a la reportada por Marván *et al.*, (s/fecha) para el queso Cotija (0.650 mg/100 g queso) y a las reportadas para otros quesos, como el Cheddar, con 0.02-0.03 mg/100 g de queso (Hogarty *et al.*, 1989). Los resultados no presentaron diferencias entre muestras al analizarlas de forma aleatoria, sin embargo se si encontraron al agruparlas por productor ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 y Q fueron las de menor contenido, y las muestras de Jalisco no presentaron diferencias, a pesar de provenir de productores diferentes, lo que indica que esta vitamina se afecta poco por las distintas fuente de variación. El contenido de **vitamina D** se encontró entre 0.127 y 0.748mg, y no se encontraron diferencias entre muestras al analizarlas de forma aleatoria, pero si al agruparlas por productor ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 fue la que presentó menor contenido y la CP2 la de mayor. La concentración de **vitamina E** varió de 0.003 a 0.034 mg (o bien, 0.009 mg/100 g QCRO, en promedio), con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestras de Jalisco fueron las de menor contenido sin presentar diferencias significativas entre sí, independientemente del productor y tiempo de maduración. La muestra CP2 tampoco fue diferente con 3 o con 4 meses de maduración. La muestra CP1 con 3 meses fue la de menor contenido y diferente al todas las muestras.



Cuadro 27. Contenido de vitaminas liposolubles ocho QCRO.

Estado	Michoacán				Jalisco			
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>mg/100 g QCRO seco</i>								
<b>Vitamina A</b>	0.495±0.131a		0.740±0.138b		0.661±0.091ab		0.707±0.059b	
<b>Vitamina D</b>	0.127±0.096a		0.748±0.137c		0.455±0.122b		0.502±0.125b	
<b>Vitamina E</b>	0.034 ±0.000c	0.018 ±0.006b	0.018 ±0.002b	0.020 ±0.001b	0.004 ±0.001a	0.004 ±0.002a	0.003 ±0.002a	0.007 ±0.006a

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

Se puede afirmar entonces que el QCRO cantidad contiene cantidades apreciables de vitaminas liposolubles A y D, pero no de E, a pesar de ser un producto derivado de rumiantes que se alimentan mediante el sistema de libre pastoreo. La baja concentración se podría explicar porque probablemente esta vitamina está siendo utilizada como un agente antioxidante para evitar la formación de los radicales libres durante la etapa de iniciación en la autooxidación de los ácidos grasos (Pita, 1997; Cuppet, 1997 y Gregory, 1996) pues se observa que esta vitaminas se encuentra en menor concentración en muestras con mayor contenido de lípidos y ácidos grasos mono y poliinsaturados. Su acción antioxidante puede estar funcionando para combatir la oxidación de ácidos grasos de cadena larga, en los cuales son ricos los derivados lácteos, como por ejemplo el ácido linoleico, ácido graso mayoritario que presenta una oxidación rápida en presencia de oxígeno molecular (Parodi, 1999) y en las condición de proceso, maduración y almacenamiento del QCRO. La pérdida de actividad de la vitamina E se produce principalmente mediante reacciones que afectan a la cadena lateral de los isoprenoides insaturados. En la Figura 15 se muestra el mecanismo de la degradación oxidativa que consiste en que el  $\alpha$ -tocoferol puede reaccionar con un radical para formar un hidroperóxido (ROOH) y un radical  $\alpha$ -tocoferilo (Vit E-O $\cdot$ ). Al igual que otros radicales fenólicos, éste es relativamente muy poco reactivo debido a que el electrón no apareado resuena en todo el sistema fenólico. Las reacciones de terminación del radical puede conllevar la formación de dímeros y trímeros de tocoferilo, aunque la oxidación adicional puede dar lugar a otros compuestos como el tocoferóxido, tocoferil hidroquinona y tocoferil quinona brindando estabilidad oxidativa de los lípidos de los alimentos (Gregory, 1996).



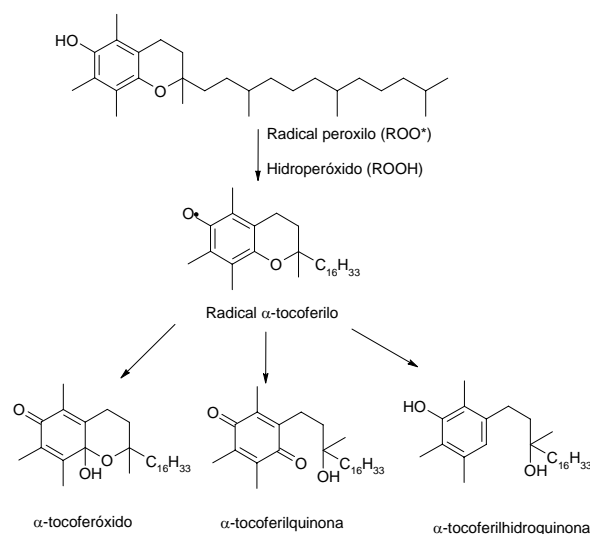


Figura 15. Degradación oxidativa de la vitamina E (Gregory, 1996)

La actividad antioxidante de la vitamina E dependerá de la temperatura, composición lipídica, estado físico, entre otros (Cuppett, 1997), sin embargo, de manera general, se puede decir que las condiciones de algunos productores son similares puesto que no se encontraron muchas diferencias en el contenido de esta vitamina. La **vitamina A** fue la que se encontró en mayor concentración, por lo que podría ayudar a la prevención de enfermedades como el cáncer de próstata y cardiovasculares (Weinstein, 2005; Kaufer, 2005); sin embargo es probable que parte de la vitamina A ya haya sido degradada pues ésta, generalmente, sigue un curso paralelo a la degradación oxidativa de los lípidos insaturados y considerando que los factores que potencian la oxidación de ácidos grasos insaturados aceleran también la degradación de la vitamina A, por oxidación directa o indirectamente. El QCRO se expone al oxígeno y a la luz, condiciones que favorecen la oxidación de compuestos. Esta vitamina, también puede actuar como antioxidante combinándose con radicales peroxi, antes que éstos puedan propagar la peroxidación en los lípidos de la célula para generar hidroperóxidos (Pita, 1997), sin embargo se deduce que el mayor poder antioxidante se debe a la vitamina E, por las bajas concentraciones encontradas. Una recomendación a los productores es almacenar el QCRO en ausencia de oxígeno, por ejemplo, emplear un empaque a vacío ya que la vitamina E es estable en ausencia de este gas. La **vitamina D** fue la segunda vitamina liposoluble y susceptible a la degradación por acción de la luz, sin embargo, se sabe que esta vitamina presenta buena estabilidad en los alimentos, sobre todo en condiciones anaerobias, condiciones que se encuentran en la parte interna del QCRO ya que con la formación de la costra en la superficie generan un ambiente adecuado para mantener estable a esta vitamina. Su presencia es importante debido a que ésta es uno de los componentes lácteos que puede presentar efectos protectores contra el cáncer de colon (Rogelj, 2000).

En el Cuadro 28 se presenta la concentración de vitaminas hidrosolubles de ocho muestras de QCRO. El contenido de **Tiamina** (B<sub>1</sub>) por 100 g QCRO seco fue de 1.42 a 2.56 mg (o bien, 1.34 mg/100 g



QCRO, en promedio), con diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ). La muestra CP2 fueron las únicas que fueron diferentes con 3 y 4 meses de maduración. La concentración de **riboflavina** ( $B_2$ ) varió de 0.327 a 0.661 mg, con diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ). La muestra Q con 3 meses fue la de menor contenido de  $B_2$  y la única diferente al resto de las muestras. Las muestras con 4 meses de maduración, al contrario de las de 3 meses, no presentaron diferencias.

**Cuadro 28. Contenido de vitaminas hidrosolubles ocho muestras de QCRO**

Estado	Michoacán				Jalisco			
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
<i>mg/100 g QCRO seco</i>								
<b>Vitamina B<sub>1</sub></b>	1.88 ±0.10abc	2.31 ±0.16bc	1.60 ±0.58ab	2.56 ±0.21c	1.42 ±0.20a	1.65 ±0.19ab	2.51 ±0.28c	1.89 ±0.28abc
<b>Vitamina B<sub>2</sub></b>	0.510 ±0.047b	0.530 ±0.032bc	0.659 ±0.024c	0.645 ±0.048c	0.327 ±0.005a	0.661 ±0.108c	0.602 ±0.025bc	0.647 ±0.055c
<b>Vitamina B<sub>3</sub></b>	16.39±1.46a		29.69±2.70c		16.21±1.35a		22.74±2.35b	
<b>Vitamina B<sub>6</sub></b>	1.05 ±0.15a	7.55 ±1.05d	2.82 ±0.56b	3.31 ±0.50bc	0.54 ±0.06a	0.90 ±0.08a	4.23 ±0.24c	2.69 ±0.23b

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. Diferentes letras indican diferencias significativas entre muestras.

El contenido de **niacina** ( $B_3$ ) se encontró entre 15.4 y 24.7 mg (o bien, 14.3 mg/100 g QCRO, en promedio), sin presentar diferencias significativas al analizar las muestras de manera aleatoria, pero sí se encontraron al agruparlas por productor ( $P<0.01$ ). Las muestras con menor contenido fueron Q y CP1 y con mayor contenido se encontró a la muestra CP2. La concentración de **piridoxina** ( $B_6$ ) se encontró desde 0.54 hasta 7.55 mg (o bien, 1.97 mg/100 g QCRO, en promedio), con diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ). Las muestras Q con no presentaron diferencias con la de CP1 con 3 meses, además de ser las de menor contenido, mientras que la muestra CP1 con 4 meses, la de mayor contenido. Las muestras de un mismo productor que no presentaron diferencias entre los distintos tiempos de maduración fueron Q y CP2 (Cuadro 27).

Las vitaminas son nutrimentos que se encuentran en cantidades muy pequeñas respecto a otros constituyentes, sin embargo su determinación es necesaria debido a su importancia en funciones orgánicas. De las vitaminas liposolubles la de mayor concentración fue la A y la de menor contenido la E; de las vitaminas hidrosolubles, la niacina fue la de mayor contenido y la riboflavina la menos concentrada, de la que se encontraron cantidades menores a las reportadas por Morales de León *et al.*, (2000) para el queso Cotija (0.94 mg/100 g QCRO), lo cual podría deberse a las condiciones de



procesamiento, maduración y/o almacenamiento, a pesar de que ésta es estable en presencia de ácidos, aire y agentes oxidantes comunes. En este estudio se omitió la determinación de vitamina C debido a que esta vitamina es inestable a la temperatura, oxígeno y a la acción directa de la luz, condiciones presente en la maduración del queso, por lo que su concentración sería muy baja, o incluso nula.

Existen pocos estudios que reporten la concentración de vitaminas, tanto hidrosolubles como liposolubles, por lo que se recomienda incluir estos parámetros en las *Reglas de Uso* y así complementar a la definición del productor QCRO.

## 6.5. PERFIL DE NUTRIMENTOS INORGÁNICOS

En el Cuadro 29 se presenta el contenido de nutrimentos inorgánicos (Ca, Na, K, P, Zn y Fe) por 100 g QCRO seco. Se observa que el contenido de **calcio** (Ca) varió de 882 a 1959 mg (o bien, 914 mg/100 g QCRO, en promedio). Esta concentración fue mayor a la reportada por otros autores. Marván *et al.*, (s/fecha) reportó 860 mg/100 g y Morales de León *et al.*, (2000) reportó 865 mg por 100 g, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra de SMO con 3 meses fue la de menor contenido de Ca y diferente al resto de las muestras con el mismo tiempo de maduración. Las muestras de CP1 y Q con 3 meses fueron las de menor concentración. Las muestras de cada productor de Jalisco presentaron diferencias con los distintos tiempos de maduración, sin embargo las muestras de 4 meses no fueron diferentes entre sí, a pesar de provenir de distintos productores. La concentración de **cloruros** (Cl), expresado como g de NaCl por 100 g QCRO seco, se encontró entre 4.8 y 6.2 g (o bien, 3.6 g por 100 g QCRO, en promedio), con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra Q con 4 meses fue la de mayor contenido. La concentración de Cl está dada, principalmente, por la sal adicionada por el productor, además del que ya provenía de la leche. Según Fox *et al.*, (2000) es una concentración adecuada ya que la concentración de sal varía del 1 al 5%, según el tipo de queso. Estos resultados corroboran el elevado contenido de sal, reportado por Hernández (2007), aunque con menor variabilidad en los resultados, lo que indica que los productores están adicionando cantidades similares que en años anteriores. La concentración de **fósforo** (P) se encontró entre 758 y 905 mg (564 mg/100 g QCRO), sin presentar diferencias entre las muestras, lo que indica que fue un constituyente muy estable respecto a la materia prima, procesamiento y condiciones de maduración y almacenamiento. Esta concentración fue similar, aunque mayor, a lo reportado por Morales de León *et al.*, (2000) para el queso Cotija (554 mg/100 g de queso). La concentración de **hierro** (Fe) se encontró desde 2.0 hasta 13.7 mg (3.2 mg por 100 g QCRO, en promedio), con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra CP1 con 4 meses fue la de mayor concentración, seguida de CP2 con el mismo tiempo. El resto de las muestras de QCRO no presentaron diferencias entre sí, independientemente de la región, productor o tiempo de maduración. La concentración promedio de Fe fue mayor a la reportada por Marván *et al.*, (s/fecha) y por Morales de León *et al.*, (2000) para el queso Cotija (2.29 y 2.24 mg/100 g de queso, respectivamente).

**Cuadro 29. Contenido de nutrimentos inorgánicos (Ca, Na, K, P, Zn y Fe) de ocho muestras de QCRO.**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor								
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>mg/100 g QCRO seco</i>							
<b>Ca</b>	1075 ±69ab	907 ±97a	1457 ±79cd	1252 ±37bc	882 ±74a	1514 ±122d	1959 ±78e	1683 ±172d
<b>Cl<sup>l</sup></b>	5.6 ±0.1c	5.3 ±0.3ab	5.4 ±0.3c	5.3 ±0.3ab	5.0 ±0.2ab	6.2 ±0.3d	4.8 ±0.2a	4.8 ±0.3a
<b>P</b>	831 ±39	905 ±39	832 ±56	864 ±68	758 ±19	815 ±36	847 ±58	806 ±85
<b>Fe</b>	2.3 ±0.6a	13.7 ±1.5c	3.3 ±0.6a	8.0 ±0.0b	2.3 ±0.6a	2.0 ±0.0a	3.0 ±0.0a	2.7 ±1.2a
<b>K<sup>Pr</sup></b>	246±47ab		328±45c		295±39bc		227±32a	
<b>Na</b>	2025 ±16c	2088 ±9c	1878 ±26b	1692 ±31 <sup>a</sup>	2238 ±28d	1977 ±92bc	1765 ±71a	1890 ±24b
<b>Zn</b>	4.5 ±0.3c	2.5 ±0.9b	1.5 ±0.2ab	1.6 ±0.1ab	0.5 ±0.1a	1.8 ±0.2b	1.5 ±0.3ab	1.7 ±0.9ab

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. <sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor. Diferentes letras indican diferencias estadísticas entre muestras. <sup>l</sup> g por 100 g QCRO seco.

En el Cuadro 29 se aprecia que el contenido de **potasio** (K) fue de 227 a 328 mg (o bien, 184.7 mg/100 g QCRO, en promedio), sin presentar diferencias entre muestras al analizarlas aleatoriamente, sin embargo si se encontraron cuando se analizaron agrupadas por productor ( $P < 0.01$ ). Las muestras SMO y CP1 presentaron el menor contenido de K y en las de CP2 y Q se encontraron los contenidos más altos. Esta última tampoco mostró diferencias con CP1, a pesar de provenir de productores y regiones diferentes. La concentración de **sodio** (Na) varió de 1692 a 2238 mg (o bien, 1320 mg/100 g QCRO, en promedio), con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). Las muestra CP2 con 4 meses y SMO con 3 meses de maduración presentaron el menor contenido. Las únicas muestras de un mismo productor que no presentaron diferencias en cuanto al tiempo de maduración fueron las de CP1. Muestras con el mismo tiempo de maduración que no presentaron diferencias fueron SMO y Q con 4 meses y esta última con CP1 con el mismo tiempo. La muestra Q con 4 meses fue la que presentó la mayor concentración La concentración de **zinc** (Zn) se encontró de 0.5 a 4.5 mg por (o bien, 1.3 mg/100g QCRO, en promedio), con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra diferente al resto fue CP1



con 3 meses, con el mayor contenido. Las muestras de CP2 y SMO no presentaron diferencias respecto al tiempo de maduración, e independientemente del productor.

Los nutrimentos inorgánicos, en su mayoría metálicos, se encuentran en cantidades minoritarias en el alimento respecto a otros constituyentes, siendo el Cl el nutrimento inorgánico representativo en el QCRO (37% del total de cenizas, en promedio), seguido del sodio (13.7% del total de cenizas, en promedio), calcio (9.4% del total de cenizas, en promedio), fósforo (5.8% del total de cenizas, en promedio) y potasio (5.8% del total de cenizas, en promedio). El contenido de Na y Cl no fue igual al de Cl, lo que podría explicarse mediante el proceso de elaboración, en el que operación como en el prensado, se pierde una mayor concentración de Na, sin embargo, sus concentraciones en el QCRO están por arriba de lo reportado por Marván *et al.*, (s/fecha) y por Morales de León *et al.*, (2000) con 0.0 y 404.13 mg, respectivamente. La presencia del resto de los nutrimentos inorgánico se debe principalmente a su concentración desde la leche, ya que en el caso del QCRO no se adicionan otros ingredientes, ni siquiera se adiciona  $\text{CaCl}_2$  durante la formación de la cuajada. Las concentraciones encontradas de Ca, F y K hace al producto un alimento adecuado para el fortalecimiento del sistema óseo, lo cual era lo esperado tratándose de un derivado lácteo. El Ca no sólo cumpliría con esa función, también desempeña un papel fundamental en la mediación de la contracción y vasodilatación vascular, contracción muscular, transmisión nervios y secreción glandular, además de que, al igual que la vitamina D, está relacionada como agente protector contra en cáncer de colon (Rogelj, 2000). Una consecuencia de la alta concentración podría ser la inhibición de la lipólisis en el alimento durante la maduración (Pavia *et al.*, 2000). El Fe y Zn se requieren en trazas. De acuerdo a Álvarez León, (2005) la presencia de estos minerales (K, Zn y P) contribuye a disminuir los factores de riesgo cardiovascular como la presión arterial, la resistencia a la insulina, la agregación plaquetaria o el proceso aterosclerótico.

Como parte de este estudio se realizó la determinación de cobre y plomo, sin embargo, sus contenidos fueron tan bajos que no se alcanzaron a detectar con la técnica de absorción atómica. Este resultado es importante, puesto que el consumo de Pb puede provocar trastornos al organismo del ser humano como envenenamiento.

En el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes y la Composición de Alimentos Mexicanos no figuran varios de estos nutrimentos inorgánicos, además de que en las *Reglas de Uso* tampoco se menciona el contenido de ningún nutrimento inorgánico, por lo que se recomienda incluirlo para la definición del producto con la Marca Colectiva.

En el Cuadro 30 se presenta el contenido de nutrimentos inorgánicos del QCRO y de diversos quesos de pasta dura elaborados con leche de ganado bovino. Se observa que los valores obtenidos para el QCRO siguen la misma tendencia que otros quesos de leche de vaca.

**Cuadro 30. Contenido de nutrimentos inorgánicos presentes en el QCRO y otros quesos de pasta dura.**

Nutrimento Inorgánico	QCRO	USDA (2009)				
		Parmesano	Gruyere	Edam	Cheddar	Añejo
		<i>g/100 g queso</i>				
Calcio	0.91	1.2	1.0	0.73	0.72	0.68
Hierro	0.003	0.008	0.0002	0.0004	0.0007	0.0005
Fósforo	0.56	0.69	0.61	0.54	0.51	0.44
Potasio	0.19	0.09	0.08	0.19	0.10	0.09
Sodio	1.3	1.6	0.34	0.97	0.62	1.1
Zinc	0.001	0.003	0.004	0.004	0.003	0.00003

## 6.6. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

En el Cuadro 31 se presenta el valor de la actividad acuosa de las ocho muestras de QCRO. Este parámetro es el principal factor de restricción del crecimiento de ciertos microorganismos del QCRO ya que durante su proceso de elaboración, no existe algún tratamiento térmico que garantice la inocuidad del mismo. El intervalo de actividad acuosa del QCRO se encontró entre 0.84 y 0.91, con diferencias entre muestras ( $P < 0.01$ ). La muestra SMO con 3 meses fue la única diferente a todas las muestras y la de menor contenido, por lo que fue la única de un mismo productor que presentó diferencias con tiempo de maduración semejantes. Las muestras con 4 meses de maduración no presentaron diferencias entre productores.

**Cuadro 315. Valor de actividad acuosa de ocho QCRO**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>mg/100 g QCRO seco</i>							
$a_w$	0.87	0.89	0.91	0.89	0.90	0.88	0.84	0.89
	$\pm 0.01b0$	$\pm 0.02bcd$	$\pm 0.0d$	$\pm 0.01cd$	$\pm 0.01cd$	$\pm 0.00bc$	$\pm 0.00a$	$\pm 0.00bcd$

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. Diferentes letras indican diferencias estadísticas entre muestras.

El intervalo de actividad acuosa encontrado en el QCRO fue congruente con lo reportado por Hernández (2007) y Bravo (2007). Estos resultados indican que habrá una selección con respecto a la microbiota presente en el queso, puesto que mientras menor sea este valor, más se restringe el número de microorganismos capaces de crecer y reproducirse en dichas condiciones, por lo que en quesos con alto  $a_w$  aumentará directamente la vida de anaquel del producto, y por ende su calidad. Bravo (2007) demostró que un  $a_w$  alrededor de 0.89 influía sobre la disminución de coliformes. Además valores de



$a_w$  tan bajos, aseguran que microorganismos indeseables o patógenos como *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocitogenes*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahemolyticus* y *Yersenia enterolítica* no estarían presentes, garantizando así el consumo seguro del alimento siempre y cuando se apliquen las buenas prácticas de manufactura por parte de los productores (Fox *et al.*, 2000).

Al analizar el contenido de humedad (Cuadro 5) y los valores de  $a_w$  (Cuadro 31) se observa que a mayor contenido de humedad, mayor actividad acuosa y viceversa, por ejemplo, la muestra CP2 con 4 meses es la que presentó mayor contenido de humedad y al mismo tiempo el valor de  $a_w$  más alto; por el caso contrario, la muestra SMO con 4 meses fue la de menor humedad y menor  $a_w$ . Esta relación fue consistente en el resto de las muestras, por lo que se corrobora que el  $a_w$  queso disminuiría al ir perdiendo humedad por la evaporación superficial del queso por el tiempo de exposición al aire durante la maduración, tendencia que se presentó en los quesos CP2 y Q más no en las muestras CP1 y SMO, lo que podría explicarse a que otro factor que está relacionado con el  $a_w$  de un producto es la cantidad de sal presente en el alimento, por ejemplo en la muestra CP1 con 3 meses de maduración presentó un menor actividad acuosa que la de 4 meses debido a que ésta contenía un mayor contenido de sal. La sal también es un factor de control para mantener la seguridad del producto ya que al regular el  $a_w$ , se selecciona la microbiota del queso, al inhibir o retardar el crecimiento y actividad de los microorganismos, incluyendo patógenos y de descomposición y, con ello, controlar fenómenos como la fermentación y la maduración. Ayuda a la sinéresis de la cuajada, que resulta de la expulsión del suero, y esto, provoca una reducción de la humedad del queso, causa de cambios en las proteínas del queso que influyen en la textura y la solubilidad de las mismas, además proporciona características sensoriales de sabor al alimento.

En teoría la relación de  $a_w$  y NaCl, es inversa, sin embargo en este estudio no se observa claramente esta correlación. Por ello diversos autores sugieren emplear ecuaciones empíricas para calcular el valor  $a_w$ , en donde se considera el contenido de agua, NaCl, cenizas, contenido de nitrógeno no proteico y otros compuestos de bajo peso molecular como ácidos, péptidos pequeños, entre otros (Saurel, 2000)

Reportes indican que el  $a_w$  de la mayoría de los quesos no es lo que suficientemente baja para prevenir el crecimiento de hongos y levaduras, pero junto con la disminución del pH e incremento en la acidez es suficientemente efectivo para controlar el crecimiento bacteriano. El pH es un factor significativo que condiciona el desarrollo microbiano, controla el tipo de fermentaciones y la actividad de las enzimas durante la producción y maduración del queso. Es responsable de promover una serie de reacciones bioquímicas complejas, las cuales son vitales en el desarrollo del sabor y textura; así como de características particulares de cada variedad de queso.



En el Cuadro 32 aparecen los valores de pH y acidez del QCRO de ocho muestras de QCRO, de cuatro productores (CP1, CP2, Q y SMO) y dos tiempos de maduración (3 y 4 meses). El valor de pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias está alrededor del neutro y el crecimiento es pobre la mayoría de las veces a valores de pH<5 debido a la acumulación de ácidos orgánicos (Beresford, 2001). En el QCRO se encontraron valores de pH entre 5.29 y 5.47 para el QCRO, valores superiores reportados por Hernández (2007), además de presentar diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ). Las muestras CP1 presentaron diferencias con distintos tiempo de maduración, al igual que las muestras de SMO. Las muestras de Jalisco con 3 meses de maduración, no presentaron diferencias entre sí, al igual que las de Michoacán con el mismo tiempo. Las muestras CP2 y SMO con 3 meses tampoco fueron diferentes, a pesar de provenir de regiones diferente. La única muestra con 4 meses que fue diferente al resto del mismo tiempo de maduración fue la SMO.

**Cuadro 32. Valores de pH y acidez de ocho muestras de QCRO**

Estado	Michoacán				Jalisco			
	CP1		CP2		Q		SMO	
Productor	CP1		CP2		Q		SMO	
Meses	3	4	3	4	3	4	3	4
pH	5.29	5.45	5.36	5.43	5.47	5.44	5.45	5.35
	±0.05a	±0.03bc	±0.02ab	±0.04bc	±0.03c	±0.04bc	±0.05bc	±0.04a
Acidez <sup>1</sup>	0.39	0.41	0.39	0.51	0.29	0.37	0.45	0.26
	±0.02b	±0.01bc	±0.02b	±0.02d	±0.03a	±0.03b	±0.02c	±0.03a

CP1: Productor 1 de Cotija de la Paz, CP2: Productor 2 de Cotija de la Paz, Q: Productor de Quitupán, SMO: Productor de Santa María del Oro. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre muestras. <sup>1</sup>g ácido láctico por 100 g QCRO seco

En el Cuadro 32 también se encuentra el contenido de acidez expresado por 100 g QCRO seco, que va desde 0.28 a 0.51 g, valores superiores a los reportados por Hernández (2007) en un estudio previo. Los resultados del contenido de acidez presentaron diferencias entre muestras ( $P<0.01$ ). Las muestras SMO con 4 meses y Q con 3 meses fueron la de menor contenido y la CP2 con 4 meses fue la de mayor concentración. CP1 fue la única muestra en no presentar diferencias con 3 y 4 meses de maduración. Las muestras Q y CP1 con 4 meses no presentaron diferencias entre sí, al igual que las muestras CP1 y CP2 con 3 meses de maduración. Las concentraciones de ácido láctico encontradas en las distintas muestras, indica que las condiciones de maduración son diferentes entre las muestras por lo que el sabor y textura del queso se verán afectados debido la actividad de la microbiota que habita durante el proceso y maduración. Esto también se corrobora debido a que, según la literatura, a medida que aumenta el tiempo de maduración se esperaría que la acidez incrementará por la acción de la microbiota que va produciendo mayor cantidad de ácido láctico en el queso; sin embargo ese comportamiento sólo se presentó en la muestra SMO.





La acidez titulable (expresada como ácido láctico) resulta una expresión arbitraria, ya que resulta que no todo el ácido titulado corresponde al ácido láctico (89%, aproximadamente), sino que refleja la cantidad de ácidos orgánicos que han sido producidos por el metabolismo de los microorganismos presente en el queso, ya sean homo o heterofermentativos. Dentro de este porcentaje, también están implicados los ácidos grasos, proteínas, carbohidratos, fosfatos, citratos y sulfatos de calcio y magnesio. La transformación de la lactosa a ácido láctico por la participación de las bacterias lácticas, provoca características organolépticas peculiares en el alimento, incluso estas bacterias se han asociado con varios beneficios como la mejora de la biodisponibilidad del calcio, que como se analizó en la sección, es uno de los micronutrientes más abundantes del QCRO, prevención del cáncer de colon, entre otros (Gambelli *et al.*, 1999). De acuerdo a Caliano y Bevilacqua (2000), la formación de ácido láctico es esencial para una fabricación correcta, desarrollo del sabor, maduración normal y buen mantenimiento de la calidad del producto.

Tanto la acidez como el pH presentan un efecto inhibitor del crecimiento de cierto tipo de microorganismos. Estos dos parámetros presentan una relación inversa, sin embargo en este estudio, al igual que los reportados por otros autores, se observaron irregularidades en estos dos parámetros. Estas irregularidades (pH altos y elevada acidez) podrían deberse a el grado de acidez corresponde a la suma de todas las sustancias de reacción ácida contenidas en el queso, o bien, al resultado de la liberación de diversos metabolitos como ácidos orgánicos, aminoácidos o productos de degradación de compuestos nitrogenados, como proteína, que generan pH básicos y por lo tanto, aumenta el valor de pH (Baer *et al.*, 1996).



### 7.1. RESUMEN DE LA COMPOSICIÓN Y APORTE ENERGÉTICO DEL QCRO

A continuación, en el Cuadro 33, se resume la composición química promedio expresada en el producto final y en el producto seco, así como el porcentaje que cubriría de la IDR al consumir 30 y 100 g QCRO.

**Cuadro 33. Resumen de la composición química del QCRO y porcentaje de IDR**

Variables	por 100 g queso	por 100 g queso seco	%IDR 30 g queso	%IDR 100 g queso
<b>Humedad (g)</b>	32.2			
<b>Lípidos totales (g)</b>	31.1	45.0		
<b>Grasa butírica (g)</b>	26.1	43.3		
<b>Proteína (g)</b>	28.9	37.9	11.4 <sup>NOM</sup> 16.5 <sup>FAO</sup>	38 <sup>NOM</sup> 55 <sup>FAO</sup>
<b>Cenizas (g)</b>	9.8	14.2		
<b>Energía (kcal)</b>	282		2.8 <sup>INNSZ</sup>	9.5 <sup>INNSZ</sup>
<b>NaCl (g)</b>	3.8	5.3		
<b>AGS (g)</b>	17.2	25.4		
<b>AGM (g)</b>	9.94	14.6		
<b>AGP(g)</b>	2.1	3.2		
<b>CLA (g)</b>	0.84	1.18	8.7 <sup>Ip, (1995)</sup>	29 <sup>Ip, (1995)</sup>
<b>Omega 6(g)</b>	0.68	1.00		
<b>LA (g)</b>	0.64	0.94		
<b>ARA (g)</b>	0.024	0.036		
<b>GAL (g)</b>	0.014	0.021		
<b>Omega 3 (g)</b>	0.38	0.54		
<b>aLA (g)</b>	0.27	0.40		
<b>EPA (g)</b>	0.064	0.094		
<b>DPA (g)</b>	0.105	0.155		
<b>DHA (g)</b>	0.009	0.013		
<b>Colesterol (mg)</b>	62.3	92.1	6.3 <sup>OMS</sup>	21 <sup>OMS</sup>
<b>Aminoácidos esenciales (g)</b>	13.3	19.6		
<b>Aminoácidos no esenciales (g)</b>	14.0	20.4		



Cuadro 33. Resumen de la composición química del QCRO y porcentaje de IDR (...continuación...)

Variables	por 100 g queso	por 100 g queso seco	%IDR	
			30 g QCRO	100 g QCRO
Vit. A (mg)	0.44	0.65	13.2 <sup>NOM</sup> 16.8 <sup>FAO</sup>	44 <sup>NOM</sup> 56 <sup>FAO</sup>
Vit. D (mg)	0.31	0.46	12.3 <sup>FAO</sup>	41 <sup>FAO</sup>
Vit. E (mg)	0.009	0.013	0.03 <sup>NOM, FAO</sup>	0.09 <sup>NOM, FAO</sup>
Vit. B1 (mg)	1.34	1.98	26.7 <sup>NOM</sup> 34.8 <sup>FAO</sup>	89 <sup>NOM</sup> 116 <sup>FAO</sup>
Vit. B2 (mg)	0.39	0.57	6.9 <sup>NOM</sup> 8.7 <sup>FAO</sup>	23 <sup>NOM</sup> 29 <sup>FAO</sup>
Vit. B3 (mg)	14.34	21.3	21.6 <sup>NOM</sup> 28.8 <sup>FAO</sup>	72 <sup>NOM</sup> 96 <sup>FAO</sup>
Vit. B6 (mg)	1.97	2.29	29.4 <sup>NOM</sup> 45.3 <sup>FAO</sup>	98 <sup>NOM</sup> 151 <sup>FAO</sup>
Calcio (mg)	910	1341	34.2 <sup>NOM</sup> 27.3 <sup>FAO</sup>	114 <sup>NOM</sup> 91 <sup>FAO</sup>
Fósforo (mg)	564	832	21 <sup>NOM</sup> 17.7 <sup>FAO</sup>	70 <sup>NOM</sup> 59 <sup>FAO</sup>
Hierro (mg)	3.2	4.7	6.3 <sup>NOM</sup> 34.2 <sup>FAO</sup>	21 <sup>NOM</sup> 114 <sup>FAO</sup>
Potasio (mg)	185	274	111 <sup>FAO</sup>	37 <sup>FAO</sup>
Sodio (mg)	1320	1944	79.2 <sup>FAO</sup>	264 <sup>FAO</sup>
Zinc (mg)	1.3	1.9	2.7 <sup>NOM, FAO</sup>	9 <sup>NOM, FAO</sup>

<sup>FAO</sup> Ingesta Diaria Recomendada según el INNSZ para una persona adulta de 70 kg de acuerdo a la FAO/WHO

<sup>INNSZ</sup> Ingesta Diaria Recomendada según el INNSZ para una persona adulta de 70 kg.

<sup>NOM</sup> Ingestión Diaria Recomendada de acuerdo a la NOM-051-SCFI-1994

<sup>OMS</sup> Diaria Recomendada de acuerdo a Bauchart (1993)

Con la información presentada en el Cuadro 33 se puede afirmar que el QCRO es un alimento completo al proporciona una cantidad adecuada de diversos nutrimentos importantes para el buen funcionamiento del organismo, además de proporcionar otros compuestos que proporcionan efectos benéficos a la salud del consumidor

## 7. CONCLUSIONES

En el presente estudio se obtuvo la composición química promedio del *QCRO*, así como el aporte de la ingesta diaria recomendada de acuerdo a diversos organismos. La información conjuntada permite afirmar que el queso Cotija aporta cantidades adecuadas tanto de macro como micronutrientes esenciales para el apropiado funcionamiento del organismo, además de proporcionar diversos compuestos que aportan un beneficio a la salud del consumidor, como son el ácido linoleico conjugado, así como diversos ácidos grasos omega 6 y 3.

La composición química proximal de las muestras de queso Cotija *Región de Origen* analizadas fue 32.2% de humedad, 26.1% grasa, 28.9% y 9.8% de cenizas. Estos valores corresponden a los estipulados en las Reglas de Uso y a valores reportados por otros autores, pero se encuentra una gran variabilidad, de acuerdo al análisis estadístico realizado. En este estudio en particular, destaca el alto valor obtenido para las cenizas. El contenido energético del *QCRO* fue de 282 kcal/100 g, normal para los quesos madurados.

El análisis efectuado a los productos químicos de valor nutricional se centró en la fracción grasa, la más controvertida, pero también en la que se encuentran un mayor número de compuestos de valor funcional. En cuanto al perfil lipídico se encontró que el 55% correspondía a ácidos grasos saturados (palmítico > mirístico > esteárico, principalmente), 32.4% a monosaturados (oleico >> palmitoleico > palmitelaidico, principalmente) y 7% a poliinsaturados (linolelaidico > c11, c14, c17-eicosadienoico, principalmete), además de un contenido de 92 mg en 100 g *QCRO* seco. Se encontraron concentraciones apreciables de CLA, siendo el isómero c9,t11-CLA + t9,c11-CLA los representativos. Se encontró la presencia de ácidos grasos omega 6 (AL > AA > AGL) y omega 3 (AAL > ADP > AEP), en una relación omega 6:3 de 1.8:1. Estos resultados indican que el consumo del queso Cotija *Región de Origen* puede ser promovido por su valor nutraceutico.

En términos del valor nutricional de las proteínas presentes, se encontró que tiene un contenido de aminoácidos esenciales de interés: Val > Leu > Fen > Lis y de los no esenciales: Glu > Tir > Asp. Los valores de las vitaminas liposolubles, hidrosolubles y minerales encontrados son los esperados en un producto de este tipo.

No se observó una dependencia clara de los distintos nutrientes en función al tiempo de maduración ni en cuanto al productor, sin embargo este último es el principal factor que influye sobre las variaciones en la composición del queso.



## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los productores controlar diversos parámetros durante la elaboración del QCRO, desde la materia prima, proceso de elaboración, maduración y almacenamiento del mismo, para disminuir de alguna manera la variabilidad en los productos. Hay que destacar que, probablemente, esta variabilidad entre quesos también contribuye con la riqueza del producto final pues éste es el resultado de diversos factores ambientales, culturales, entre otros, características que distinguen a productos artesanales; caso contrario al los quesos comerciales en los que ahí sí se busca mantener un control estricto del proceso de elaboración y control de calidad del producto final.

Finalmente, se sugiere incluir la composición química del QCRO en la USDA National Nutrient Database for Standard Reference ya que no existe ningún dato sobre la composición de este queso.



## 8. PERSPECTIVAS

Para estudios posteriores se sugiere realizar una investigación sobre el tipo de alimentación del ganado, el impacto sobre la leche y efecto sobre el producto final.

Se propone realizar un estudio con la misma profundidad, con la diferencia de que en ese estudio se monitoree un tiempo de maduración más prolongado de un mismo lote de queso elaborados por distintos productores.

Se podrían analizar otros queso Cotija tanto elaborados en regiones distintas a la de Jalmich (por ejemplo los de la región de Chiapas) como industrializados, para poder observar la variabilidad entre éstos y así estimar si la variabilidad encontrada en este estudio es significativa con respecto a otros quesos Cotija que no cuentan con la Marca Colectiva.

Finalmente, también se sugiere realizar más estudios sobre quesos madurados elaborados a partir de leche ya que es escasa la información.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Akers, R. M. (2002). Lactation and mammary gland. Wiley-Blackwell. Iowa, USA. pp. 100-170.
- Alais, C. (1985). Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Reverte, S.A. España, pp. 21-205.
- Albalá, S. V., Izquierdo, T., Mariné, A. (1997). Determination of water-soluble vitamins in infant milk by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 778, 247-253.
- Albalá, S., Veciana, M., Vidal, M., Mariné, A. (2000) Stability of vitamins A, E and B complex in infant milks claimed to have equal final composition in liquid and powered formulas. *Journal of Food Science*, 65:1052-1055.
- Albenzio, M., Corbo, M.R., Rehman, S.U., Fox, P.F., De Angelis, M., Corsetti, A., Sevi, A., Gobbetti, M. (2001). Microbiological and biochemical characteristics of Canestrato Pugliese cheese made from raw milk, pasteurized milk or by heating the curd in hot whey. *International Journal of Food Microbiology*, 67:35-48.
- Álvarez B.R., Barragán, L.E., Chombo, M.P. (2005). “Reglas de uso. Marca colectiva Queso Cotija Región de Origen”. Impreso en México.
- Amiot, J. (1991). Ciencia y tecnología de la leche. Acribia. Zaragoza, pp. 1-69, 97, 249-266.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis, 17<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C., USA, Method 12.1.07, 965.49
- Atti, N., Rouissi, H., Othmane, M. (2006). Milk production, milk fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content in dairy ewes raised on feedlot or grazing pasture. *Livestock Science* 104: 121– 127.
- Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. PEARSON Addison Wesley. 4a ed. México, pp.205-209.
- Baer, A., Ryba, I., Mayer, J., Bütikofer, U. (1996). Microplate assay of free amino acids in swiss cheeses. *Lebensmittel -Wissenschaft und -Technologie*, 29:58-62.
- Ball, C. (1998). Fat-soluble vitamin assays in food analysis. A comprehensive Review. London, Elsevier Applied Science, pp. 7-55.
- Banskalieva, V., Sahlu, T., Goetsch, A. L. (200). Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Ruminant Research*. 37, 255-268.
- Bauchart, D. (1993). Lipid absorption and transport in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 76:3864-3881.
- Bauman, D. E. (2002). Conjugated Linoleic Acid (CLA) and Milk Fat: A Good News Story. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY, USA, 14853-4801. pp. 56.
- Berard, J., Bianchi, F., Careri, M., Chatel, A., Mangia, A., Musci, M. (2007). Characterization of the volatile fraction and to free fatty acids of Fontina Valle d’ Aosta, a protected designation of origin Italian cheese. *Food Chemistry*, 105:293-300.
- Beresford, T.P., Fitzsimons, N.A., Brennan, N.L. Cogan, T.M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal*, 11:259-274.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 37: 911-917

- Bondía, I., Moltó, C., Castellote, A.I., López, M.C. (2007). Determination of conjugated linoleic acid in human plasma by fast gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1157: 422-429.
- Bonilla, (2005). Evaluación nutricional del queso de leche de cabra, cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D.F., pp. 58-69.
- Bourges, H. (1990). Ateroesclerosis, colesterol y dieta. *Cuadernos de nutrición*, 7(6)13-32
- Bravo, M. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de interés biotecnológico aisladas de queso Cotija. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM, D.F., pp. 159.
- Byong, H.L. (2000) *Fundamentos de Biotecnología de Alimentos*. Acribia. España, pp. 239-246.
- Cabiddu, A., Addis, M., Pinna, G., Decandia, M., Sitzia, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G. (2006). Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid *cis*-9, *trans*-11. *Animal Feed Science and Technology*, 13: 292-311.
- Calitano, A. N., Bevilacqua, A.E. (2000). Multivariate analysis of the organic acids content of Gouda type cheese during ripening. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13:949-960.
- Carroll, S., DePeters, E., Taylor, S., Rosenberg, M., Perez-Monti, H., Capps, V. (2006). Milk composition of Holstein, Jersey and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. *Animal Feed Science and Technology*, 131: 451-473.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R., Doreau, M. (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie*, 49:181-205.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G. (2003). A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 86: 1751- 1770.
- Cole D., Van Lunen T. (2003). Ideal Amino Acid Patterns. En: D'Mello, J. (ed.). *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. 2ª. ed. United Kingdom: CAB International, pp 99-112
- Collomb, M., Sieber, R., Bütikofer, U. (2004). CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids*, 39(4):355- 364.
- Cuppet, S. Schepf, M., Hall, C. (1997). Naturals antioxidants are they a reality? En: Shahidi, E. *Naturals antioxidants, chemistry, health effects and applications*. AOCS Press. Campaign, Illinois, USA, pp. 12-18.
- Damodaran, S. (1996). Amino acids, peptides, protein. En : Fennema, O.R. *Food Chemistry*, 3ª ed. Marcel Dekker Inc, pp. 321-439.
- Delplanque, B. Combe, N., FénaT, E., Mendy, F., Boue-vaisse, C., Le Roy, B., Thamin, A., Vandeputte, B. (2003). Increased bioavailability and bioconversion of alpha-linolenic (ALA) in plasma of healthy Humans by increasing the ALA intake from combined vegetable oils including different levels of Rapeseed, Sunflower and High Oleic Sunflower Oils. ISF : 25th World Congress of the International Society for Fat Research (Bordeaux, 12-15 Octobre).
- Devlin, T. (1999). *Bioquímica*. 3ª ed. Editorial Reverte S.A. Barcelona, España, pp.409-440.





- Elgersma, A., Tamminga, S., Ellen, G. (2006). Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology* 131: 207–225.
- FAO (2001). Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU expert consultation. Roma, disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5686e/y5686e00.HTM> 10 de marzo del 2010.
- FAO (2010b). Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Cap 11. Vitaminas, disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm>, consultada el 23 de Febrero del 2010.
- FAOSTAT (2010) FAO, Statistical Databases disponible en <http://www.fao.org/qa/qa.html> consultada el 14 de febrero del 2010.
- FAO/WHO. (2001). Human vitamin and mineral requirements. Report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand. Roma, pp. 30, 33, 35, 38, 100, 116, 126-128, 161 y 261.
- Fenton, M., Sim, J. S. (1991). Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 540:323-329.
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., Paul, L. (2000). Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publication. USA, pp. 153-154, 163-164, 206-209, 236-237, 537.
- Gallardo, J., Villamar, L., Olivera, E. (2005). Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2005. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación disponible en [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/leche perspectiva.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/leche%20perspectiva.pdf) consultada el 15 de febrero del 2010.
- Gambelli, L., Manzi, P., Panfili, G., Vivanti, V., Pizzoferrato, L. (1999). Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialised in Italy. *Food Chemistry*, 66: 353-358.
- García, V. (2006). Aislamiento de microorganismos con mayor actividad lipolítica del queso Cotija. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM, pp. 124.
- Gnädig, S., Xue, Y., Berdeaux, O., Cheardigni, J. M., Sebe-dio, J. L. (2003). Conjugated linoleic acid (CLA) as a functional ingredient. En: Saadholm, T. M., Saarela, M. Functional dairy products. CRC, Cambridge, pp. 263–297.
- Gregory, J.F. (1996). Vitamins. En: Fennema, O.R. Food Chemistry, 3ª ed. Marcel Dekker Inc, pp. 531-616.
- Guyton, A.C. (1997). Tratado de Fisiología Médica. Interamericana-McGraw Hill, México, pp. 116-118, 508, 1083.
- Ha, K J., Lindsay, R.C. (1990). Method for the quantitative analysis of volatile free and total branched-chain fatty acids in cheese and milk fat. *Journal Dairy Science*, 73:1988-1999.
- Haswell, S.J. (1991). Analytical Spectroscopy Library. Atomic Absorption Spectrometry. Elsevier publishers, USA, pp. 1, 208.
- Haug, A., Høstmark, A.T., Harstad, O.M. (2007). Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in Health and Disease*, 6:1-25
- Hernández, N. (2007). Identificación de bacterias proteolíticas aisladas de queso Cotija, un estudio microbiológico y fisicoquímico. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM, pp.128.

- Hernández, V. (2007). Queso Cotija: estudio del análisis fisicoquímico, proximal y actividad antioxidante. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM, pp.93.
- Hernández, V., Navarro, A., Quirasco, M. (2009). Capacidad antioxidante presente en el queso Cotija “Región de Origen”, el caso de un queso artesanal. *Carnilac*, 24(1):24-31.
- Hogarty, C.J., Ang, C., Eitenmiller, R.R. (1989). Tocopherol contents of selected foods by HPLC/fluorescence quantization. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2:200-209.
- Holick, F. (2002). Vitamina D. En: Shils, E. Olson, J. Shike, M., Ross, A. Nutrición en salud y enfermedad. Mc Graw-Hill. México Interamericana. 9ª ed. Vol 1. México, pp. 383-396.
- Ip, C., Banni, S., Angioni, E., Carta, G., McGinley, J., Thompson, H. J., Barbano, D., Bauman, D. (1999). Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *Journal of Nutrition*, 129, 2135-2142.
- Ip, C., Scimeca, J., Thompson, H. (1995). Effect of timing and duration of dietary conjugated linoleic acid on mammary cancer prevention. *Nutrition and Cancer*, 24:241–247.
- Ip, C., Singh, M., Thompson, H.J., Pariza, M.W. (1994). Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat, *Cancer Research*, 54: 1212–1215.
- Ip, M.M., Masso-Welch, P.A., Ip, C. (2003). Prevention of Mammary Cancer With Conjugated Linoleic Acid: Role of the Stroma and the Epithelium. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 8 (1): 103-118.
- Kaufer, H., Aguilar, S. (2005) Vitamina E. En: Bourges, H. Casanueva, E., Rosado, J. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana. Bases fisiológicas. *Médica Panamericana*. México, pp. 55-63.
- Karoui, R. Mazerolles, G., Bosset, J.O., Baerdemaeker, J., Dufour, E. (2007). Utilisation of mid-infrared spectroscopy for determination of the geographic origin of Gruyere PDO and L’Etivaz PDO swiss cheeses. *Food Chemistry*, 105: 847-854.
- Khanal, R.C., Olson, K.C. (2004). Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat and egg: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(2):82-98.
- Korhonen, H., Pihlanto, A. (2006). Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal*, 16:945-960.
- Kraft, J., Collomb M., Möckel, P., Sieber, R., Jahreis, G. (2003). Differences in CLA Isomer Distribution of Cow’s Milk Lipids, *Lipids* 38 (6): 657-664.
- Lavillonnière, F., Martin, J.C., Bougnoux, P., Sébédio, J.L. (1998). Analysis of Conjugated Linoleic Acid Isomers and Content in French Cheeses, *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 75 (3): 343-352.
- Lee, J., Hwang, D. (2008). En Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Chow, C. CRC Press y Taylor & Francis Group. 3ª ed., USA. pp 121, 717-719.
- Lee, K. W., Lee, H. J., Cho, H. Y., Kim, Y. J. (2005). Role of the conjugated linoleic acid in the prevention of cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45:135–144.



- Lobb, K., Chow, C.K. (2000). Fatty acid classification and Nomenclature. En: Chow, C.K. Fatty acids in foods and their health implications. 2<sup>da</sup> ed. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 1-9.
- Lock, A. L., Garnsworthy, P. C. (2002). Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and  $\Delta 9$ -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science*, 79: 47-59.
- Luna, P., Juárez, M., de la Fuente, M. (2007). Conjugated linoleic acid content and isomer distribution during ripening in three varieties of cheeses protected with designation of origin. *Food Chemistry*, 103:1465-1472.
- Luquet, F. (1993). Los productos lácteos. Transformación y tecnologías. Vol 2. Acribia. Zaragoza, pp. 3, 89, 287-291.
- Luque-Garcia, J.L., Luque de Castro, M.D. (2001). Review: Extraction of fat-soluble vitamins. *Journal of Chromatography A*, 935:3-11.
- MacDonald, H. B. (2000) Conjugated linoleic acid and disease prevention: a review of current knowledge. *Journal of American College of Nutrition*, 19: 1115-1185
- Marilley, L., Casey M. (2004). Flavour of cheese products: Metabolic pathway, and analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 139-159.
- Marván, L., Pérez, A., Palacios, B. (s/fecha). Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. 2<sup>a</sup> ed. Fokmento de Nutrición y Salud, pp. 52.
- Mataix, J. (2004). Libro blanco de los omega-3. Editorial Medica Panamericana, Zaragoza, España, pp. 9, 10, 15-18.
- Mayes, A. (2001). Estructura y función de las vitaminas liposolubles. En Murria, K. Granner, K. Rodwell, W y Mayes, A. Bioquímica de Harper. 15<sup>a</sup> ed. Manual Moderno. Santafé Bogota, pp. 735-746.
- Medina, M., Núñez M. (2004). Cheeses made from Ewes' and goats' milk. En: Fox F P, McSweeney L. H. P., Coga M. T. y Guinee P. T. CHEESE: Chemistry, Physics and Microbiology. Major Cheeses Groups. United Kingdom: Elsevier Academic Press, pp. 279-299
- Mejía, D. (2007). Validación de un método para la determinación de calcio por absorción atómica en productos nixtamalizados. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. 128.
- Mel'uchová, B., Blasko, J., Kubinec, R., Górová, R., J. Dubravská, J., Margetín, M., Soják, L. (2008). Seasonal variations in fatty acid composition of pasture forage plants and CLA content in ewe milk fat. *Small Ruminant Research*, 78: 56-65
- Morales de León, J., Babinsky, V., Bourges, H., Camacho, M. E. (2000). Composición de Alimentos Mexicanos. INNSZ, México versión electrónica
- Nielsen, S. (2003). Food Analysis Laboratory Manual. Kluwer Academic/Plenum Publishers. Nueva York, pp.13-17.
- Nollet, L.M. (1996). Handbook of food analysis. Marcel Dekker. Nueva York, pp. 55-80.
- Norma Mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001. Análisis de aguas. Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba
- Norma Mexicana NMX-F-099-1970. Método de prueba para la determinación de pH en quesos procesados. Secretaría de comercio y Fomento Industrial.



- Norma Mexicana NMX-F-206-1986. Alimentos. Lácteos. Lácteos. Determinación de acidez expresada como ácido láctico en leche en polvo. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- Norma Mexicana NMX-F-701-COFOCALEC-2004. Sistema de productos de la leche. Alimentos Lácteos. Determinación de cenizas en quesos. Método de prueba.
- Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI-1994. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.
- Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos frescos, madurados y procesados. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-F-098-1976. Determinación de proteínas en quesos. Secretaría de comercio y Fomento Industrial.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-F-100-1984. Alimentos Lácteos. Determinación de grasa butírica en quesos. Secretaría de comercio y Fomento Industrial.
- O'Connell, J. (2001). Significance and applications of phenolics compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal*, 11:103-120.
- Odent, M. (1991). La salud y los ácidos grasos esenciales. Barcelona, pp. 155.
- Oliszewski, R., Rabasa A., Fernández J., Poli, M., Núñez de Kairúz, M. (2002). Composición química y rendimiento quesero de la leche de cabra Criolla Serrana del noroeste argentino. *Zootecnia Tropical*, 20(2):179-189.
- OMS/FAO (2003). Dieta, Nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Informe de un grupo de estudio de la OMS. Ginebra. Disponible en [http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO\\_TRS\\_916\\_spa.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf) consultada el 18 de febrero del 2010.
- Pariza, M., Park, W., Cook, M. (1999). Conjugated linoleic acid and the control of cancer and obesity, *The Journal of Toxicological Sciences*, 52:107-110.
- Pariza, M., Park, W., Cook, M. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid, *Progress in Lipid Research*, 40:283-298.
- Parodi P W. (1999). Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat, *Journal of Dairy Science*, 82: 1339-1349.
- Pavia, M. Trujillo, A.J., Sendra, E., Guamis, B., Farregut, V. (2000). Free fatty acid content of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation. *International Dairy Journal*, 10:563-568.
- Perotti, M., Bernal, S., Meinardi, C., Zalazar C. (2005). Free fatty acid profiles of Reggianito Argentino cheese produced with different starters. *International Dairy Journal*, 15: 1150-1155.
- Peterson, D.g., Kelsey, J.A., Bauman, D. E. (2002). Analysis of variation in *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. *Journal Dairy Science*, 85:2164-2172.
- Pikul, J., Wojtowski (2008). Cholesterol content and fatty composition of mares' colostrums and milk during five lactation months. *Livestock Science*, 113: 285-290.

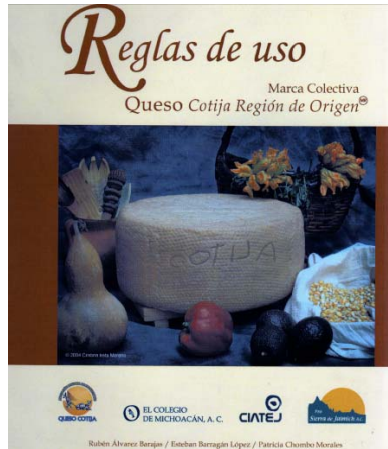


- Piironen, V., Toivo, J., Lampi, A.M. (2002). New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. *Journal of Food Composition and analysis*, 15: 705-713.
- Pita, R. (1997). Funciones de la vitamina E en la nutrición humana. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 11(1):46-57.
- Podsedeck, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidants capacity of Brassica vegetables: A review. *Lebensm, Wiss u Technology*, 40:1-11.
- Pomeon, T. (2007). El queso Cotija, México. Un producto con marca colectiva queso “Cotija Region de origen”, en proceso de adquisición de una Denominación de origen. Consultoría realizada para la FAO y el IICA en el marco del estudio conjunto sobre los productos de calidad vinculada al origen, pp. 63.
- Prandini, A., Sigolo, S., Tansini, G., Brogna, Nico., Piva, G. (2007). Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20:472-479.
- Qian, H., Sheng, M. (1998). Simultaneous determination of fat-soluble vitamins A, D and E and provitamin D2 in animal feeds by one-step extraction and high-performance liquid chromatography analysis. *Journal of Chromatography A*, 825: 127-133.
- Richardson, R.K., Evers, J.M., Gray, I.K. (1994). Determination of cholesterol in dairy products by whole sample saponifiable. *International Dairy Journal*, 521-532..
- Robinson, R., Sadler, M. (1993). Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Wiley-Interscience Publication. USA. Vol 6, pp. 3801, 3806.3808, 3820-3826.
- Robinson, S., Calvo, M., Sevillano, E. (1991). Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos. Acribia, Zaragoza, pp. 313-326.
- Rogelj, I. (2000). Milk, dairy product, nutrition and health. *Food Technology and Biotechnology*, 38(2) 143-147.
- Ronayne, F. (2000). Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Archivos Argentinos Pediátricos*, 98: 231-238.
- SAGARPA. Escenario base. 09-18. Proyecciones para el Sector Agropecuario de México disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/EBespa%C3%B1ol300909.pdf> consultada el 18 de Febrero del 2010.
- Schlimme E. (2002). La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas. ACRIBIA. Zaragoza, pp. 1-15, 33-36, 77-81,87-94.
- Saurel, R. (2004). Modelling of French Emmental cheese water activity during salting and ripening periods. *Journal of Food Engineering*, 63:163-170.
- Santos, A., Villegas de Gante, A. (1997). El queso Cotija, propuesta para su fabricación a partir de leche pasteurizada. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*, 12 (3): 7-14.
- Simopoulos, A.P. (2006). Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 60(9): 502-507.

- Sokol, R.J. (1997) .Vitamina E. En: Ziegler, E. E., Filer, L.J. Conocimientos actuales sobre nutrición, copublicación Organización Panamericana de la Salud e Instituto de Ciencias de la Vida. Publicación Científica N° 565. 7a. ed. Washington, USA. pp. 139-145.
- Steijns, J. (2008) Dairy products and health: Focus on their constituents or on the matrix? *International Dairy Journal*, 18 425–435.
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference disponible en <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/> consultada el 21 de junio del 2010.
- Varnam, A. (1995). Leche y productos lácteos. Tecnología, química y microbiología. Acribia. Zaragoza, pp. 1-28,167-189, 291-349.
- Villalpando, S., Caraceo, V., Valdés, R. (2005). Vitamina A y carotenos. En: Bourges, H. Casanueva, E. y Rosado, J. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana. Bases fisiológicas. Medica panamericana. México, pp. 27-40.
- Villegas de Gante, A. (2003). Los quesos mexicanos. Universidad Autónoma de Chapingo, 2<sup>da</sup> ed. México, Texcoco, pp. 21-23.
- Voet, D., Voet, J. (1995). Bioquímica. 2<sup>da</sup> ed. Barcelona, España. Ediciones Omega, pp. 294-295.
- Watkins, B., Li, Y. (2002). Conjugated Linoleic Acids: Nutrition and Biology. En: Akoh, C.C., Min, D.B., Marcel Dekker, Food lipids. Chemistry, nutrition and biotechnology. Inc., New York, pp. 637- 639.
- Web B.H., Jonson, A. H. Alford, J A. (1978) Fundamentals of dairy chemistry 2<sup>nd</sup> ed. The avi publishing company Inc. USA, 73-81,779-783.
- Weinstein, S., Wright, M. Pietinen, P. King, I., Tan, C. Taylor, P., Virtamo, J., Albans, D. (2005). Serum  $\alpha$ -tocopherol and  $\gamma$ -tocopherol in relation to prostate cancer risk in a prospective study. *Journal of the National Cancer Institute*, 97(5) 396-399.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R. Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat science*, 78: 343-358.
- Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C., Sagrados, A. (2002). CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. *Food Chemistry*, 78:471-477.
- Zuñiga, A.B. (2009). Descripción e identificación de la comunidad bacteriana presente en el cotija por métodos moleculares. Tesis de Maestría (Ciencias Bioquímicas). Facultad de Química. UNAM, pp. 133.

## ANEXOS

### ANEXO A. RESUMEN DE LAS REGLAS DE USO (Álvarez *et al.*, 2005)



Las Reglas de Uso de la Marca Colectiva son la iniciación del proceso de protección oficial -tendiente a una Denominación de Origen- del queso Cotija que tiene por cuna la amplia región serrana que históricamente ha reconocido como cabecera a Cotija.

En dicho folleto se describe como la costumbre se convirtió en regla al recoger el conocimiento tradicional de los habitantes de la sierra respecto del manejo de su medio geográfico, de sus recursos naturales y de sus pautas culturales, del manejo del ganado y de lo los ranchos, del proceso de elaboración, afinación y comercialización del queso. Las reglas de uso recuperan el sentido de dignidad y de orgullo tanto del trabajo que implica la elaboración del queso como de las familias que lo soportan; sentido que representa la principal garantía en el cumplimiento del compromiso de calidad que asumen los queseros ante los consumidores, y del compromiso de ambos y de las instituciones con la prevención de este modo de vida y del medio ambiente en el que se recrea.

Con ello, se pretende una revitalización progresiva del patrimonio natural, histórico y cultural de la región de Jalmich, a favor, en primer lugar, de sus habitantes y de los consumidores y, en general, de las diversas, auténticas y ricas tradicionales que pueden seguir poniendo en alto el nombre de México.

Las Reglas de Uso constan de 13 puntos que se resumen a continuación:

1° La Asociación Regional de Productores de Queso Cotija es la que tienen la titularidad de la Marca Colectiva del queso *Cotija Región de Origen*.

2° La Marca Colectiva se refiere a la denominación y diseño protegidos por esta marca e incluye el uso del nombre queso *Cotija Región de Origen*. La Asociación es la única autorizada para utilizar la Marca Colectiva queso *Cotija Región de Origen*, preparar material informativo bajo este signo y para fines promocionales, sin embargo no podrá otorgar licencias de uso a productores externos.

3° El productor que desee pertenecer a la Asociación deberá de cumplir con los trámites administrativos de registro, pagar la aportación social acordada por la misma, así como el control del ganado, producción de leche y queso, además de su comercialización para su pertenencia. Finalmente la Asociación apoyará los asuntos relativos a la verificación y certificación de la calidad y la inocuidad del queso.



4° El espacio territorial se refiere al área geográfica donde pastora el ganado productor de la leche con la que se elabora el queso, ubicada en las inmediaciones serranas de los estados de Jalisco y Michoacán. La ubicación, factores físicos, ambientales y culturales de la región geográfica se traducen en ciertos parámetros que se relacionan con las características del queso.

5° El ganado criollo deberá estar sano libre de brucela y tuberculosis.

6° Las vacas productoras de leche se alimentan durante el periodo de ordeña mediante el sistema de libre pastoreo.

7° La leche deberá ser fresca y provenir de las vacas ordeñadas durante los meses de lluvia. Se puede descremar manualmente hasta un mínimo de 3.7%. El contenido de proteínas debe ser de mínimo 3%, sin residuos químicos, materia extraña y microorganismos patógenos.

8° El cuajo debe ser natural, a partir del cuajo de rumiantes jóvenes, o en su defecto, se podrá utilizar cuajo comercial de origen natural. La sal deberá de ser de mar, principalmente.

9° El proceso de obtención del queso Cotija debe ser tradicional, respetando tiempos y condiciones.

10° El queso deberá producirse de manera natural, libre de microorganismos patógenos y compuestos químicos. Su composición básica deberá de ser: 36% máximo de humedad, 23% mínimo de grasa y 25% mínimo de proteína. El queso Cotija región de Origen deberá ser de forma cilíndrica y de gran formato (40 cm de diámetro y 18 cm de altura, con un peso de 20 kg aproximadamente), además de tener mínimo tres meses de vida dentro del área geográfica que protege la marca. De acuerdo a su añejamiento se puede clasificar en añejo (3-6 meses de vida) y rendido (>6 meses); de acuerdo a su consistencia y características al corte se puede dividir en de Tajo (no se desmorona), de grano (se desmorona al corte) y de medio Tajo. También se puede subclasificar por el nombre del rancho en donde fue elaborado el producto.

11° La ordeña se realizará higiénicamente: ubres de las vacas y manos del ordeñador limpias. El material y el equipo deberán libre de contaminaciones durante toda la etapa de elaboración. El productor deberá de encontrarse libres de enfermedades para poder elaborarlo y manipularlo, además de realizar todas las operaciones de acuerdo con los principios de higiene y buenas prácticas de manufactura. El queso deberá mantenerse limpio y libre de materia extraña, plagas, entre otros animales.

12° El queso no deberá de comercializarse antes de los tres meses de elaborado, ni si fue madurado fuera de la zona de producción durante un mínimo de tres meses. El queso deberá de comercializar con la subclasificación de acuerdo al tiempo de maduración.

13° La Asociación sancionará al productor que no cumplan con lo especificado en los puntos anteriores con una multa o suspensión del uso de la Marca Colectiva.





## ANEXO B. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

#### A) DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y SÓLIDOS TOTALES

El procedimiento que se realizó es el descrito por Nielsen (2003) que consistió en pesar, en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640), 2 a 3 g de queso sobre un pesafiltro a peso constante (3 h a 100 °C en una estufa, Riossa Ec). La determinación se realizó en una estufa a vacío (National Appliance Co, 5831) con las siguientes condiciones: Presión 12 kPa y una temperatura de 60±1 °C por 12 h, hasta alcanzar un peso constante

El cálculo correspondiente para determinar el contenido de humedad se muestra a continuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{peso}_{\text{muestra húmeda}} (\text{g}) - \text{peso}_{\text{muestra seca}} (\text{g})}{\text{peso}_{\text{muestra húmeda}} (\text{g})} \times 100$$

#### B) DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES

El procedimiento que se llevó a cabo es el estipulado en la norma NMX-F-701-COFOCALEC-2004, que consistió en pesar, en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640), 3 a 5 g de queso sobre un crisol a peso constante (500±25 °C durante 20 minutos.). Posteriormente, la muestra se carbonizó en una placa caliente (Magnetic Stirrer 04803-00) y se calcinó en una mufla a 550 ± 25°C durante 2 h, hasta alcanzar un peso constante.

El cálculo correspondiente para determinar el contenido de cenizas se muestra a continuación:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{peso}_{\text{cenizas}} (\text{g})}{\text{peso}_{\text{muestra}} (\text{g})} \times 100$$

#### C) DETERMINACIÓN DE GRASA BUTÍRICA (Gerber-Vangulik)

El procedimiento que se realizó fue el descrito en la NOM-F-100-1984 que consistió en pesar 3.0±0.001 g de queso una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640) sobre un butirómetro 15 mL de ácido sulfúrico concentrado ( $\delta=1.53$  a 15 °C, BAKER) y se colocó en un baño (Oaklon Stable Temp., 17501-00) a 65 °C durante 30 minutos. Se agregó 1 mL de alcohol isoamílico (grado analítico, SIGMA). Se agitó y adicionó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se tapó y se colocó el butirómetro en el baño durante 5 minutos. Se mezcló y se colocó en una centrifuga (Garver, Manufacturing Co., Model 424G) a 2000rpm durante 5 minutos. Se incubó durante 10



minutos. La lectura observada en la escala indica, directamente, la cantidad en % de la grasa contenida en el queso.

#### D) DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA TOTAL (método Kjeldahl)

El método Kjeldahl determina el nitrógeno total contenido en una matriz alimentaria. El procedimiento que se realizó fue el descrito en la AOAC que consistió en pesar 0.1 a 0.2 g de queso en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640). Se colocó en un tubo Kjeldahl junto con una pastilla digestora (sulfato de cobre pentahidratado y sulfato de potasio o sodio anhidro) y 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado ( $\delta=1.53$  a 15°C, BAKER). Se sometió al tubo a la digestión (Digest-Kjeldahl) con una trampa de succión de gases hasta su digestión completa. Posteriormente, el tubo Kjeldahl se colocó en un destilador (destilador-Kjeldahl), al que se le disparó NaOH 40% y se recolectó en 50 mL de ácido bórico al 4% y 10 gotas de verde de bromocresol al 0.1%, hasta obtener un volumen aproximado de 100 mL. Finalmente, el nitrógeno amoniacal se tituló con ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N y registró el volumen gastado

El cálculo correspondiente para determinar el contenido de proteína total se muestra a continuación:

$$\% \text{Nitrógeno} = \left( \frac{\text{mililitros de HCl}_{\text{gastados}} \times \text{Normalidad}_{\text{HCl}} \times 0.014 \text{meq}}{\text{gramos}_{\text{muestra}}} \right) \times 100$$

$$\% \text{Proteína} = \% \text{Nitrógeno} \times 6.38$$

#### E) DETERMINACION DE ENERGÍA (bomba calorimétrica)

El procedimiento que se llevó a cabo es el descrito en el manual de la bomba calorimétrica 1341 Parr, el cual consistió en pesar, en una balanza (Sartorius BP210 S),  $0.5 \pm 0.01$  g de QCRO sobre un crisol y se conectó el alambre de ignición previamente pesado (10 cm) a los electrodos (verificar que el alambre sólo toque el combustible). Se adicionó 1 mL de agua destilada. A la bomba cerrada, se le agregaron 25 atm de O<sub>2</sub> y se sumergió en 2 L de agua destilada. Se prendió el motor y se midió la temperatura inicial. Se encendió el botón de ignición, para lograr la combustión de la muestra. A partir de este momento, y hasta que la temperatura sea constante, se tomaron lecturas cada 15 segundos. Posteriormente, se lavó con el indicador anaranjado de metilo y se tituló con NaOH 0.1 N. Se empleó ácido benzoico como compuestos de referencia, ya que se sabe que 1 g de éste ácido en una bomba calorimétrica produce 26.38 kJ de calor.

Los cálculos empleados para la determinación de energía se muestran a continuación:

$t = t_c - t_a - r_1(b - a) - r_2(c - b)$  donde  $T_w$  es  $t_a$  es la temperatura en el momento del disparo,  $t_c$  temperatura al inicio del post-periodo,  $r_1$  es la tasa a la cual sube la temperatura en el pre-periodo,  $r_2$  es la tasa a la cual baja la temperatura en el post-periodo,  $a$  es el tiempo del disparo,  $b$  es el tiempo en el que se alcanza el 60% de la temperatura total y  $c$  es el tiempo de inicio del post-periodo.



$H_g = \frac{t \cdot W - e_1 - e_2 - e_3}{m}$ , donde W es la energía equivalente de estandarización,  $e_1$  calor de formación de  $HNO_3$ ,  $e_2$  es el calor de formación de  $H_2SO_4$ ,  $e_3$  es el calor de combustión del alambre, m es la masa de la muestra y  $H_g$  es el calor de combustión.

## 2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS NUTRIMENTALES

### A) DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS TOTALES

La determinación de lípidos totales se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito por Bligh y Dyer (1959). El procedimiento consistió en pesar  $1 \pm 0.01$  g de queso en una balanza analítica. Se adicionaron 25 mL de solución cloroformo:etanol (1:1). Se agitó a 176 rpm. Se realizaron lavados con cloroformo:etanol (1:1). Se evaporó con nitrógeno gaseoso hasta sequedad en baño María a 60 °C. Se enfrió a temperatura ambiente.

El cálculo para determinar la cantidad de material lipídico se muestra a continuación:

$$\text{Lípidos(\%)} = \frac{\text{peso}_{\text{material lipídico}} (\text{g})}{\text{peso}_{\text{muestra}} (\text{g})} \times 100$$

### B) DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y CLA

Para esta determinación se empleó el método oficial del AOAC 965.49, el cual consistió en adicionar, a la muestra reconstituida a través de la extracción propuesta por Bligh y Dyer (1959), 1 mL de ácido miristoléico 1 mg/mL (Sigma, Aldrich), como estándar interno. Se adicionó 2 mL de NaOH/metanol al 2%. Se sometió a ebullición en baño María por 10 minutos. Se enfrió a temperatura ambiente y se adicionó 1 mL de  $BF_3$  en metanol al 14% (Sigma Aldrich, grado analítico). Se colocó en baño María a ebullición por 2 minutos. Se agregó 5 mL de heptano (J. T. Baker, grado analítico) y colocó en baño María durante 2 minutos. Se enfrió a temperatura ambiente. Se adicionaron 3 mL de solución saturada de NaCl. El tubo se colocó en una centrifuga por 10 minutos. Al cabo de la centrifugación, se extrajo la fase orgánica con 5 mL de heptano. Esta última operación se repitió tres veces. Se filtró con papel filtro (Whatman No. 42) y  $Na_2SO_4$ . Se evaporó el filtrado con nitrógeno gaseoso a baño María a 60 °C hasta sequedad. Se reconstituyó con 1 mL de hexano (J.T. Baker, grado HPLC) y se inyectó 1  $\mu$ L del extracto en un cromatógrafo de gases (Varian CP-3380) con un inyector split/splitless de inyección automática en columna (on column), un detector de ionización de flama (FID), una columna capilar DB 23 película de polietilén glicol (PEG) de 0.25  $\mu$ m, una longitud de 30 m y diámetro interno de 0.25 mm, además de contar con un automuestreador CP 8400. La temperatura de inyección fue de 250 °C y la del detector de 300 °C. El programa de temperatura de la columna fue temperatura de inicio en 120 °C, con un aumento 10 °C/min hasta 200 °C, posteriormente 5 °C/min hasta los 220 °C y finalmente, 4 °C/min hasta alcanzar 230 °C. El tiempo total del análisis cromatográfico fue de 30 minutos. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador y una mezcla de



estándares Supelco FAME mix C4-C24 #18919-1AMP. Los datos obtenidos fueron procesados en una estación de trabajo equipada con un Software Star Chromatography Workstation Versión 6.30 Varian Associates, Inc.

### **C) DETERMINACIÓN DE COLESTEROL**

La técnica que se realizó fue la descrita por Fenton y Sim (1991), la cual consistió en pesar  $1 \pm 0.01$  g de queso en una balanza analítica (Ohaus Modelo Adventure). Se adicionó 1 mL de alcohol etílico (J. T. Baker, grado reactivo), 2 mL de KOH (J. T. Baker, grado reactivo) al 40% y 1 mL de 5- $\alpha$ -colestano en heptano 1 mg/mL (Sigma Aldrich), como estándar interno. Se colocó en baño María a 70 °C por 75 minutos. Se agitó cada 15 minutos. Se adicionaron 10 mL de agua desionizada y 5 mL de hexano (Baker Analyzed al 95%). Se colocó en una centrifuga (Garver, Manufacturing Co., Model 55) a 3500 rpm por 5 minutos. Se extrajo el material insaponificable y se filtró con papel filtro (Whatman No. 4) y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T. Baker). Se evaporó hasta sequedad con nitrógeno gaseoso en baño María a 60 °C. Se reconstituyó con 1 mL de heptano (J.T. Baker, grado HPLC) y se inyectó 1  $\mu$ l en un cromatógrafo de gases marca Varian 3,400 con un inyector split/splitless de inyección automática en columna (on column), un detector de ionización de flama (FID), un automuestreador 8200CX, un inyector split una columna capilar DB-5 con una película de 1  $\mu$ m de 5% de fenil-metil polisiloxanos con una longitud de 3 m y un diámetro interno de 0.25 mm. La temperatura del inyector fue de 280 °C y del detector de 300 °C. El programa de temperatura de la columna fue: temperatura de inicio 180 °C con un incremento de 40 °C/min hasta alcanzar los 290 °C, manteniendo por 1.25 minutos. El tiempo total del análisis cromatográfico fue de 10 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.

### **D) DETERMINACIÓN DE AMINOÁCIDOS (Método Accq-Tag fluor de Waters)**

Para la determinación de aminoácidos, se desengrasaron 5 g de queso con 50 mL de cloroformo/metanol (2:1) a temperatura ambiente sobre papel filtro No. 42. El procedimiento Accq-Tag fluor de Waters consistió en pesar  $0.1 \pm 0.01$  g de queso desengrasado en una balanza analítica (Ohaus Modelo Adventure) y adicionar fenol y 500 mL de HCl 6 N en un ambiente de nitrógeno. Se colocó en un bloque de calentamiento durante 24 h. a una temperatura de 115 °C en campana de extracción. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se reconstituyeron las muestras con 10 mL de HCl 20 mM. Se filtrar con un acrodisco de 0.22  $\mu$ m. Se colocó 20  $\mu$ l de la muestra hidrolizada y se filtró en un tubo de reacción y se adicionó 60  $\mu$ L de buffer de fosfatos y 20  $\mu$ L de reactivo derivatizante AccQ-fluor. Se agitó, se dejó reposar y se calentó durante 10 min a 55 °C. Se enfrió a temperatura ambiente y se inyectaron 5  $\mu$ L en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (Waters 510) equipado con 2 bombas de alta presión, automuestreador 717 plus, un controlador de temperatura marca Millipore y horno para columna (Waters/universal). Se empleó una columna AccQ-TAG Nova-Pak C18 de alta eficiencia, 4  $\mu$ m de 3.9x150 mm Part No. WAT 052885 y una temperatura de 37 °C. Se emplearon dos fases móviles: la fase A que consistió en un concentrado de eluyente A (acetato de sodio trihidratado, ácido fósfórico, trietilamina, azida



de sodio y agua 19:7:1:0.1:73, buffer waters Accq-Tag) y la fase B que consistió en acetonitrilo grado HPLC y agua milli-Q (80:20) con un tiempo total de la corrida de 60 minutos. La lectura de los aminoácidos se realizó con un detector de fluorescencia (Waters modelo 470) con filtro de 0.5, un módulo sat/in (Millipore), así como un módulo de control de temperatura (Millipore) a una longitud de excitación de 250 nm y una longitud de emisión de 395 nm. Los datos obtenidos se analizaron con una estación de trabajo Millennium 2010 versión 2.00.

En el Cuadro 34 se muestra el gradiente de la fase móvil empleado en la determinación.

**Cuadro 34. Gradiente de la fase móvil para la determinación de aminoácidos**

TIEMPO	FLUJO	FASE A (%)	FASE B (%)
0.00	1.00	0.0	100.0
0.50	1.00	98.0	2.0
15.0	1.00	93.0	7.0
19.0	1.00	90.0	10.0
32.0	1.00	67.0	33.0
33.0	1.00	67.0	33.0
34.0	1.00	0.0	100.0
37.0	1.00	0.0	100.0
38.0	1.00	100.0	0.0
39.0	1.20	100.0	0.0
50.0	1.20	100.0	0.0
60.0	1.00	100.0	0.0

### E) DETERMINACIÓN DE VITAMINAS LIPOSOLUBLES

La metodología que se empleó fue la descrita por Qian y Sheng (1998) que consiste en pesar  $10 \pm 0.00$  g del alimento en un matraz de yodo al que se le añade 7 g de hidróxido de potasio (KOH, Baker), 30 mL de agua destilada a 45-50°C, 60 mL de alcohol etílico absoluto ( $C_2H_5OH$ , Baker) y 0.5 g de ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ , Baker) como antioxidante. La mezcla se deja reaccionar toda la noche a temperatura ambiente y al resguardo de la luz. La extracción del material insaponificable se realiza con cinco lavados sucesivos de 50 mL de n-hexano (Reasol, reactivo analítico) en embudo de separación y el posterior lavado de la fase orgánica con fracciones de 100 mL de agua hasta que ésta no de reacción colorida con fenoftaleína. La solución lavada se filtra con 5 g de sulfato de sodio anhidro ( $Na_2SO_4$ ) y el embudo se lava con 50 mL de n-hexano. Finalmente, se evapora el disolvente a presión reducida con un rotavapor (Buchi K-205) a 40 °C hasta sequedad. El residuo se resuspende en 3 mL de metanol grado HPLC (Honeywell) y se filtra a través de un acrodisco de 0.45  $\mu m$  de tamaño del poro.



Las vitaminas A, D<sub>3</sub> y E se determinaron de manera simultánea por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), en Cromatógrafo Beckman System Gold, detector UV  $\lambda=325$  nm, columna Ultrasphere-ODS de octadecil (C18) 25 cm de longitud y 4.6 mm de diámetro interno, fase móvil metanol (grado HPLC) y flujo 1 mL/min. Para la cuantificación de las vitaminas liposolubles se emplearon los siguientes estándares: retinol (Sigma, Aldrich), colecalciferol (Sigma, Aldrich) y  $\alpha$ -tocoferol (Fluka Analytical).

#### **F) DETERMINACIÓN DE VITAMINAS HIDROSOLUBLES**

La metodología que se empleó fue una modificación de lo descrito por Albalá *et al.*, (1997 y 2000), la cual consistió en pesar  $10\pm 0.00$  g del alimento homogeneizado en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640) y se dispersó en 50 mL de HCl 0.1 N con agitación en un homogeneizador a 8000 rpm por 10 minutos, posteriormente se sometió a 12,500 rpm por 10 minutos en una centrifuga (LabtronC scientific H-1650). El sobrenadante se aforó a 50 mL seguido de una filtración en acrodiscos con poro de 0.45  $\mu$ m.

La cuantificación de tiamina, riboflavina, niacina y piridoxina, se realizó simultáneamente en un equipo Waters 515 acoplado a un detector Waters UV-Vis 2487 ( $\lambda=254$  nm) y a un detector de Fluorescencia Waters 454 ( $\lambda_{\text{excitación}}=440$  nm,  $\lambda_{\text{emisión}}=565$  nm). La separación se realizó con una columna Thermo Scientific Hypersil ODS de 150 mm de longitud y 4.6 mm de diámetro interno, la fase móvil fue hexansulfonato de sodio/n-metanol (75:25) y un flujo de 0.6 mL/min. Para la cuantificación de las vitaminas hidrosolubles se emplearon los siguientes estándares: tiamina, riboflavina, niacina y piridoxina (Sigma Aldrich).

#### **G) DETERMINACIÓN DE NUTRIMENTOS INORGÁNICOS**

El procedimiento que se llevó a cabo para la determinación de los nutrientes inorgánicos fue una modificación de la NOM-117-SSA1-1994 descrito por Mejía (2007), el cual consistió en pesar 10 g de queso y se adicionó 15 mL de ácido nítrico concentrado (Baker). Se calentó lentamente durante 1-2 horas hasta la obtención de una solución translúcida. Se enfrió y filtró en un matraz aforado de 100 mL. Se adicionó 0.5% de óxido de lantano (Sigma, Aldrich) para eliminar interferencias químicas por la presencia de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  ya que dificultan la atomización del  $\text{Ca}^{2+}$  formando quizá sales no volátiles. Se aforó con agua. En el caso de calcio, sodio y fósforo, realizar las diluciones pertinentes para su determinación y cuantificación. Realizar la lectura correspondiente junto con una curva de calibración. Se graficó la absorbancia vs concentración y se determinó la regresión lineal.

Por esta técnica se determinaron calcio, sodio, potasio, hierro, cobre, zinc y plomo. En todos los casos se prepararon soluciones estándar de acuerdo a la sensibilidad del equipo de absorción atómica (Perkin Elmer 3110) y se emplearon lámparas (Perkin Elmer) para la cuantificación de los nutrientes inorgánicos de interés.



Las longitudes de onda (nanómetros, nm) empleadas para cada uno de los nutrimentos inorgánicos fueron: calcio 422.7, sodio 330.2, potasio 404.4, hierro 248.3, cobre 324.8, zinc 213.9 y plomo 217.0. En todos los casos se empleó un slit de 0.7 nm excepto para hierro que fue de 0.2 nm.

El procedimiento para la determinación de fósforo que se realizó fue el descrito en el método AOAC 957.02 que consistió, en primer lugar, preparar el reactivo molibdo-vanadato al disolver 10 g de molibdato de amonio en 100 mL de agua desionizada caliente y se enfrió (A). Por otro lado, disolver por agitación magnética 0.50 g de metavanadato de amonio en 100 mL de agua desionizada caliente. Se enfrió y adicionó lentamente 62.5 mL de ácido perclórico concentrado (B). Una vez enfriadas las dos soluciones, se agitó con barrita magnética la solución B y se vertió sobre ella, poco a poco, la solución A hasta su total disolución. Se aforó a 500 mL. Por otra parte se pesaron 0.8788 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y se disolvió con unos 20 mL agua desionizada. Se aforó a 100 mL para obtener la solución estándar 2 mg/mL de fósforo. De la solución estándar, tomó una alícuota de 25 mL y se aforó a 500 mL para obtener la solución de trabajo.

Para leer cada muestra, se adicionaron 0.5 mL de la muestra digerida, se agregaron 2 mL de la solución de molibdo-vanadato y se aforó a 10 mL. Se dejó reposar 10 minutos y se leyó la absorbancia a 400 nm junto con una curva de calibración de 0.0 a 15 mg/L de fósforo.

### **3. DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS**

#### **A) DETERMINACIÓN DE pH**

El procedimiento del método instrumental que se siguió fue una modificación de lo descrito en la NMX-F-099-1970, el cual consistió en pesar 9 g de muestra en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640). Se llevó a 100mL con  $\text{H}_2\text{O}$  destilada pH=7 y temperatura ambiente. Se sometió a agitación (200 rpm, T=30 °C) en una incubadora (Labtine Instruments INC., Shakerbath) durante 15 minutos y se filtró. El potencial se midió directamente en términos de pH en la escala de un potenciómetro (Beckam. Maclem. Modelo 34 pH) mediante el empleo de un electrodo de vidrio en combinación con un electrodo de referencia de calomel en agitación continua (Magnetic Stirrer 4802-00).

#### **B) DETERMINACIÓN DE ACIDEZ**

El procedimiento para la determinación de la acidez consistió en partir del filtrado obtenido en el procedimiento anterior. Tomar una alícuota de 25 mL y adicionar 0.5 mL de fenolftaleína 1%. Titular con NaOH 0.1 N con agitación continua (Magnetic Stirrer, 4802-00) hasta obtener el vire rosa claro (persistente por 30 segundos). El cálculo para determinar la acidez (expresado como % ácido láctico) se muestra a continuación:



$$\% \text{ Ácido Láctico} = \left( \frac{\text{mililitrosde}_{\text{NaOH}} \times \text{Normalidad}_{\text{NaOH}} \times 0.09 \text{ miliequivalentes}_{\text{ácido láctico}}}{\text{gramos}_{\text{muestra}}} \right) \times 100$$

### C) DETERMINACIÓN DE CLORUROS (Método de Mohr)

El procedimiento empleado fue una modificación del método de Mohr descrito por Hernández 2007 que consistió en pesar  $10 \pm 0.01$  g en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640) y agregar 15 mL de agua a una temperatura de  $50^\circ\text{C}$ . Posteriormente, se adicionaron 25 mL más de agua. Colocar el matraz en una incubadora (New Brunswick 4000) a 200 rpm a  $50^\circ\text{C}$  durante 30 minutos. Se decantó, se lavó y se aforó hasta 100mL. Se filtró y ajustó el sobrenadante a un pH de 7. Se tomó una alícuota de 20 mL y se adicionó 1 mL de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  al 10%. Finalmente, se tituló con agitación constante (Cole- Parner. Chicago, 60648) con una solución 0.1 N de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ , SIGMA).

$$\% \text{ NaCl} = \left( \frac{\text{mililitrosde}_{\text{AgNO}_3} \times \text{Normalidad}_{\text{AgNO}_3} \times 0.0585 \text{ miliequivalentes}_{\text{NaCl}}}{\left( \frac{\text{gramos}_{\text{muestra}} \times \text{mL}_{\text{alícuota}}}{\text{mL}_{\text{Aforo}}} \right)} \right) \times 100$$





## ANEXO C. DISEÑO ESTADÍSTICO

A continuación se muestra un ejemplo del análisis estadístico de cada una de las determinaciones realizadas en este trabajo. En el Cuadro 35 se muestra la  $F_{\text{Cuadros}}$  y la  $F_{\text{calculada}}$ , obtenida mediante el diseño factorial aleatorio con ayuda del paquete estadístico SPSS versión 16.0.

**Cuadro 35. Análisis de varianza para el contenido de humedad de ocho QCRO**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$F_{\text{calculada}}$	$F_{\text{Cuadros}}$	Interpretación
<b>Productor</b>	202.8	3	67.6	140.0	3.24 5.29	**
<b>Tiempo de maduración</b>	4.8	1	4.8	9.9	4.49 8.53	**
<b>Interacción productor y tiempo de maduración</b>	85.1	3	28.4	58.7	3.24 5.29	**
<b>Error</b>	7.7	16	0.5			
<b>Total</b>	25165.2	24				

\*\* Existen diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) entre productor, tiempo de maduración y la interacción entre productor y tiempo de maduración.

De acuerdo al análisis de varianza, se encontró diferencias altamente significativas entre las tres fuentes de variación (productor, tiempo de maduración y la interacción de productor y tiempo de maduración), por lo que se realizó un análisis de rangos múltiples mediante la prueba Duncan para la interacción productor x tiempo de maduración para identificar entre que muestras se encontraban esas diferencias (Cuadro 36).

**Cuadro 36. Prueba Duncan ( $P < 0.01$ ) para el contenido de humedad de ocho QCRO**

Muestra	Meses	Clasificación de acuerdo con el paquete estadístico SPSS					Interpretación*
		I	II	III	IV	V	
<b>SMO</b>	4	25.0					25.0±0.7a
<b>CP1</b>	3		30.1				30.1±0.5b
<b>CP1</b>	4		30.5	30.5			30.5±0.7bc
<b>SMO</b>	3			32.1	32.1		32.1±0.9cd
<b>Q</b>	3				32.6		32.6±0.6d
<b>Q</b>	4					35.6	35.6±1.0e
<b>CP2</b>	3					35.7	35.7±0.5e
<b>CP2</b>	4					35.9	35.9±0.5e

\* Letras diferentes indican que existen diferencias estadísticamente significativas.



A continuación se muestran los análisis de varianza de los resultados obtenidos en las determinaciones químicas proximales, nutrimentales y fisicoquímicas del QCRO de cuatro productores (CP1, CP2, Q y SMO) y dos tiempos de maduración (3 y 4 meses).

**Cuadro 37. Contenido promedio y ANOVA de la composición proximal**

Componente	Contenido	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de Maduración (Tm)	Interacción PrxTm
Humedad <sup>1</sup>	32.2±0.7	**	**	**
Proteína <sup>2</sup>	37.9±1.1	**	NS	**
Grasa <sup>2</sup>	43.3±1.0	**	*	**
Cenizas <sup>2</sup>	14.2±1.1	**	NS	NS
Energía <sup>3</sup>	282±7.3	**	NS	NS

<sup>1</sup> g por 100g QCRO; <sup>2</sup> g por 100g QCRO seco; <sup>3</sup> kcal por 100g QCRO; NS No existen diferencias significativas;

\* Diferencias significativas con P<0.05; \*\* Diferencias significativas con P<0.01

**Cuadro 38. Contenido promedio y ANOVA de la fracción lipídica**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO seco)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de Maduración (Tm)	Interacción PrxTm
Lípidos totales	45.0±0.9	**	**	**
De los cuales				
Saturados	25.4±0.5	**	**	**
Monoinsaturados	14.6±0.36	**	**	**
Poliinsaturados	3.2±0.1	**	**	**
ω-6	1.00±0.022	**	**	**
ω-3	0.54±0.02	**	NS	**
Relación ω 6:3	1.8±0.06	**	**	**
CLA	1.18±0.02	**	**	**
Colesterol <sup>1</sup>	92.1±5.0	**	NS	**

<sup>1</sup>mg por 100g QCRO seco; NS No existen diferencias significativas; \*\* Diferencias significativas con P<0.01

**Cuadro 39. Contenido promedio y ANOVA de los ácidos grasos de cadena par**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO seco)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de Maduración (Tm)	Interacción PrxTm
C4:0	0.004±0.007	-	-	-
C 6:0	0.01±0.018	NS	NS	NS
C 8:0	0.11±0.06	NS	NS	NS
C 10:0	0.57±0.09	**	**	**
C 12:0	0.99 ±0.03	**	**	**
C 14:0	4.39±0.42	**	NS	**
C 16:0	12.11±0.13	**	**	**
C 18:0	6.46±0.06	**	**	**
C 20:0	0.160±0.004	**	NS	**
C22:0	0.007±0.009	-	-	-
C 24:0	0.044±0.002	**	**	**

NS No existen diferencias significativas; \*\* Diferencias significativas con P<0.01; - no se realizó el análisis para la interacción productor y tiempo de maduración

**Cuadro 40. Contenido promedio y ANOVA del contenido de ácidos grasos de cadena impar**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO seco)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción PrxTm
C 11:0	0.004±0.003	**	*	NS
C 13:0	0.029±0.007	NS	NS	NS
C 15:0	0.61±0.01	**	NS	**
C 17:0	0.500±0.067	**	**	**
C 21:0	0.015±0.007	NS	NS	NS
C 23:0	0.035±0.004	NS	NS	**

NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con  $P<0.05$ ; \*\* Diferencias significativas con  $P<0.01$

**Cuadro 41. Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos monoinsaturados**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO seco)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción PrxTm
Pentadecenoico	0.147±0.014	NS	*	**
Palmitelaídico	0.138±0.007	**	**	**
Palmitoleico	0.412±0.021	**	*	NS
Heptadecenoico	0.129±0.004	**	**	**
Oleico	12.97±0.15	**	**	**
cis-vaccenico	0.012±0.005	*	NS	NS
Eicosenoico	0.17±0.02	**	NS	NS

NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con  $P<0.05$ ; \*\* Diferencias significativas con  $P<0.01$

**Cuadro 42. Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos poliinsaturados**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO seco)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción PrxTm
Linolelaídico	0.253±0.008	**	**	**
<i>t</i> 9, <i>t</i> 12, <i>t</i> 15-Linolénico	0.075±0.011	**	NS	**
<i>c</i> 11, <i>c</i> 14-eicosadienoico	0.028±0.005	NS	NS	*
<i>c</i> 11, <i>c</i> 14, <i>c</i> 17-eicosadienoico	0.040±0.007	NS	NS	NS
Dohomo- $\gamma$ -linolénico	0.022±0.004	NS	NS	NS

NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con  $P<0.05$ ; \*\* Diferencias significativas con  $P<0.01$

**Cuadro 43. Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos omega 6**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción Pr x Tm
AL	0.94±0.02	**	**	**
ARA	0.036±0.004	*	NS	NS
GAL	0.020±0.003	**	**	**

NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con  $P<0.05$ ; \*\* Diferencias significativas con  $P<0.01$

**Cuadro 44. Contenido promedio y ANOVA de los distintos ácidos grasos omega 3**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción Pr x Tm
aLA	0.400±0.008	**	**	**
EPA	0.094±0.005	**	NS	**
DPA	0.155±0.009	**	**	**
DHA	0.013±0.002	NS	NS	*

NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con P<0.05; \*\* Diferencias significativas con P<0.01

**Cuadro 45. Contenido promedio y ANOVA de los distintos isómeros del CLA**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción Pr x Tm
c9,t11 + t9,c11	1.02±0.01	**	**	**
t10, c12	0.104±0.007	**	**	**
Otros	0.054±0.011	NS	NS	NS

NS No existen diferencias significativas; \*\* Diferencias significativas con P<0.01

**Cuadro 46. Contenido promedio y ANOVA de aminoácidos esenciales y no esenciales**

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO seco)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción PrxTm
<b>TOTALES</b>	42.5±1.6	**	NS	**
Arg	0.76±0.05	**	**	**
His	1.1±0.1	**	NS	**
Ile <sup>Pr</sup>	2.6±0.2	**	*	NS
Leu	3.7±0.2	*	**	**
Lis	3.1±0.2	**	**	**
Met	0.56±0.04	**	**	**
Fen <sup>Pr</sup>	3.3±0.3	**	NS	NS
Tre	0.65±0.04	**	**	**
Val	3.9±0.2	**	NS	**
<b>ESENCIALES</b>	19.6±0.8	**	**	**
Ala	1.6±0.1	**	**	**
Asp	4.4±0.2	**	NS	**
Cis	0.16±0.0	**	*	**
Glu <sup>Pr</sup>	6.5±0.3	**	**	NS
Gli	1.4±0.1	**	NS	**
Pro	2.4±0.2	**	**	**
Tir	4.6±0.3	**	NS	**
Ser	2.0±0.1	**	*	NS
<b>NO ESENCIALES</b>	20.4±0.9	**	*	**

NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con P<0.05; \*\* Diferencias significativas con P<0.01; <sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor.



Cuadro 47. Contenido promedio y ANOVA de las distintas vitaminas liposolubles

Componente	Contenido (g por 100 g QCRO seco)	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción PrxTm
<i>Liposolubles</i>				
A <sup>Pr</sup>	0.651±0.098	**	NS	NS
D	0.458±0.120	**	NS	NS
E	0.013±0.002	**	NS	**
<i>Hidrosolubles</i>				
B1	1.98±0.25	**	*	**
B2	0.573±0.043	**	**	**
B3 <sup>Pr</sup>	21.26±1.47	**	**	NS
B6	2.89±2.22	**	**	**

<sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor;

NS No existen diferencias significativas; \*\* Diferencias significativas con P<0.01.

Cuadro 48. Contenido promedio y ANOVA de distintos nutrimentos inorgánicos

Componente	Contenido (mg/100 g QCRO seco)	Tiempo de maduración		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción PrxTm
Ca	1341±21	**	NS	**
Cl	5.3±0.2	**	*	**
P	832±50	NS	NS	NS
Fe	4.7±0.6	**	**	**
K <sup>Pr</sup>	274±56	**	NS	NS
Na	1944±37	**	**	**
Zn	1.9±0.4	**	NS	**

<sup>Pr</sup> Análisis Duncan por la fuente de variación: productor; NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con P<0.05; \*\* Diferencias significativas con P<0.01.

Cuadro 49. Valores promedio y ANOVA de los parámetros fisicoquímicos

Componente	Valor	Fuente de variación		
		Productor (Pr)	Tiempo de maduración (Tm)	Interacción PrxTm
a <sub>w</sub>	0.88±0.01	**	*	**
pH	5.40±0.03	**	**	**
Acidez <sup>1</sup>	0.389±0.023	**	NS	**

<sup>1</sup>g por 100 g QCRO seco; NS No existen diferencias significativas; \* Diferencias significativas con P<0.05; \*\* Diferencias significativas con P<0.01