

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN DEL QUESO CREMA DE
CHIAPAS ELABORADO EN LAS REGIONES
COSTA Y CENTRO-FRAILESCA**

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

**MAESTRA EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA**



PRESENTA:

PILAR CORCHADO NAVARRO

Chapingo, Texcoco, Estado de México, diciembre 2011

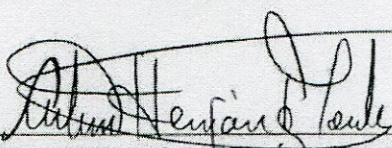


**CARACTERIZACIÓN DEL QUESO CREMA DE CHIAPAS ELABORADO
EN LAS REGIONES COSTA Y CENTRO-FRAILESCA**

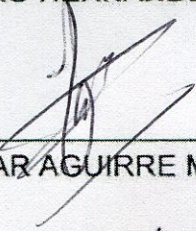
Tesis realizada por Pilar Corchado Navarro bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

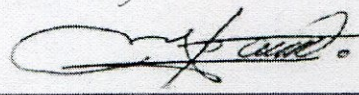
DIRECTOR


DR. ARTURO HERNÁNDEZ MONTES

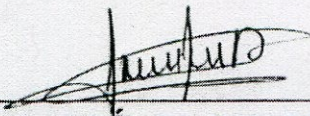
CO-DIRECTOR


DR. ELEAZAR AGUIRRE MANDUJANO

ASESORA


DRA. MA. CARMEN YBARRA MONCADA

ASESORA


DRA. DORA ANGÉLICA AVALOS DE LA CRUZ

Chapingo, Texcoco, Estado de México, diciembre 2011.

AGRADECIMIENTOS

Los agradecimientos están dirigidos a todas aquellas personas e identidades que hicieron posible la realización exitosa de esta investigación. A los profesores que dirigieron, asesoraron y revisaron esta tesis. A los productores de queso que se comprometieron y confiaron en esta investigación. Así como a los técnicos y personal de laboratorios por el apoyo prestado.

También se agradece a los académicos del Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por los conocimientos compartidos como parte de mi desarrollo profesional.

Al CONACyT por otorgarme una beca para la realización de estudios de Maestría.

DEDICATORIA

A Rafael y Camila, por el amor y apoyo que me impulsan a seguir adelante.

A mi familia que siempre me ha demostrado su apoyo incondicional, en especial a mis padres y hermanos.

A mis amigos que siempre están al llamado.

Con cariño PILAR

DATOS BIOGRAFICOS

Pilar Corchado Navarro autora de la presente investigación, nació el 12 de octubre de 1986 en Tlalnepantla Estad de México, realizó estudios de nivel medio superior y superior en la Universidad Autónoma Chapingo, egresó de la carrera de Ingeniería Agroindustrial y realizó estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
2.3 Hipótesis.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Leche, concepto y producción	5
3.2 Composición de la leche	6
3. 2. 1 Agua.....	7
3. 2. 2 Carbohidratos	7
3. 2. 3 Grasa	8
3. 2. 4 Proteínas.....	9
3. 2. 5 Vitaminas y minerales.....	12
3. 2. 6 Propiedades fisicoquímicas de la leche	13
3. 3 Queso.....	14
3. 4 Caracterización de quesos	15
3. 5 Manufactura de los quesos.....	18
3. 6 Composición y propiedades del queso.....	19
3. 6. 1 Humedad.....	20
3. 6. 2 Grasa	21
3. 6. 3 Proteína.....	21
3. 6. 4 Minerales.....	23
3. 6. 5 Propiedades fisicoquímicas	23
3. 6. 6 Propiedades texturales y reológicas.....	26
3. 6. 7 Propiedades sensoriales	31
3. 6. 8 Microbiología.....	36
3. 7 Quesos tradicionales.....	38
3. 8 Marca Colectiva y Denominación de Origen	41

3. 9 Sistemas de producción leche y queso en Chiapas.....	43
3. 10 Queso Crema de Chiapas	48
3. 11 Características de la zona de estudio.....	53
4. MATERIALES Y MÉTODOS	55
4. 1 Muestreo	55
4. 2 Análisis químico proximal y fisicoquímico.....	56
4. 3 Análisis de Perfil de Textura	57
4. 4 Análisis Reológico.....	57
4. 5 Análisis sensorial descriptivo	58
4. 6 Pruebas con consumidores	59
4. 7 Análisis microbiológico.....	60
4. 8 Análisis estadístico.....	60
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
5.1 Propiedades fisicoquímicas y químicas proximales	63
5. 2 Perfil de textura	80
5. 3 Parámetros reológicos	91
5. 4 Descriptores sensoriales.....	101
5. 5 Aceptabilidad.....	114
5. 6 Calidad microbiológica	118
6. CONCLUSIONES	121
7. BIBLIOGRAFÍA.....	124
8. ANEXOS.....	134

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Diseño de tratamientos para cada región de estudio.....	60
Cuadro 2. Propiedades químicas proximales de la leche utilizada en la elaboración de Queso Crema de Chiapas en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.....	63
Cuadro 3. Propiedades químicas de la leche utilizada en la elaboración de Queso Crema de Chiapas en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.....	66
Cuadro 4. Propiedades químicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.....	68
Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales de las muestras de leche y queso Crema producidos en la región Costa...	71
Cuadro 6. Propiedades fisicoquímicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año...	73
Cuadro 7. Propiedades químicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año...	75
Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales de las muestras de leche y queso Crema producidos en la región Centro-Frailesca.....	77

Cuadro 9. Propiedades fisicoquímicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.	79
--	-----------

Cuadro 10. Parámetros del perfil de textura del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.	80
Cuadro 11. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y del perfil de textura del queso Crema producido en la región Costa.....	81
Cuadro 12. Parámetros del perfil de textura del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.....	86
Cuadro 13. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y del perfil de textura del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca.....	87
Cuadro 14. Parámetros reológicos del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.....	93
Cuadro 15. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y reológicas del queso Crema producido en la región Costa.....	94
Cuadro 16. Parámetros reológicos del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.....	98
Cuadro 17. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y reológicas del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca.....	99
Cuadro 18. Atributos sensoriales, descripción, forma de evaluar y calificación de referencias utilizados en la evaluación sensorial del queso Crema de Chiapas.....	101

Cuadro 19. Atributos sensoriales descritos del queso Crema de Chiapas de la región Costa en época de lluvias.....	102
Cuadro 20. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y descriptivas del queso Crema de la región Costa.....	104
Cuadro 21. Atributos sensoriales descritos del queso Crema de Chiapas de la región Centro-Frailesca en época de lluvias.	107
Cuadro 22. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y descriptivas del queso Crema de la región Centro-Frailesca.....	109
Cuadro 23. Aceptabilidad por atributos del queso Crema de la región Costa de Chiapas en época de lluvias.....	115
Cuadro 24. Aceptabilidad por atributos del queso Crema de la región Centro-Frailesca de Chiapas en época de lluvias.....	116
Cuadro 25. Calidad microbiológica del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.....	118
Cuadro 26. Calidad microbiológica del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de análisis de perfil de textura.....	28
Figura 2. Proceso de elaboración del queso Crema de Chiapas.....	48
Figura 3. Firmeza y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.....	82
Figura 4. Cohesividad y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.....	84
Figura 5. Adhesividad y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.....	85
Figura 6. Firmeza y propiedades del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca en dos épocas.....	88
Figura 7. Masticabilidad y propiedades del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca en dos épocas.....	89
Figura 8. Espectro mecánico del queso Crema producido en dos regiones de Chiapas en dos épocas del año.....	91
Figura 9. Módulo de almacenamiento y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.....	95
Figura 10. Módulo de pérdida y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.....	96
Figura 11. Porcentaje de deformación al ser $G' = G''$ y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.....	97

Figura 12. Tangente de pérdida y propiedades del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca en dos épocas.....	100
Figura 13. Intensidad de los atributos sensoriales identificados en el Queso Crema de Chiapas.....	112
Figura 14. Atributos descriptivos del queso Crema de Chiapas proveniente de dos regiones del Estado en la época de lluvias.....	113
Figura 15. Mapa interno de preferencia del queso Crema.....	117

CARACTERIZACIÓN DEL QUESO CREMA DE CHIAPAS ELABORADO EN LAS REGIONES COSTA Y CENTRO-FRAILESCA

CREAM CHEESE CHARACTERIZATION FROM CHIAPAS ELABORATED IN COAST AND CENTER-FRAILESCA REGIONS

(Bajo la dirección del Dr. Arturo Hernández Montes y del Dr. Eleazar Aguirre Mandujano)

RESUMEN

El queso Crema elaborado en las regiones Costa y Centro de Chiapas presentó efecto significativo en la interacción del factor quesería (proceso de elaboración) y el factor época de producción de la leche, sobre sus propiedades composicionales, texturales y reológicas. La grasa y la proteína del queso fueron mayores en la época de lluvias. El queso producido en la región Costa se clasificó como semiduro y extragraso, y el de la región Centro-Frailesca como semiblando y extragraso. La firmeza fue mayor en los quesos producidos en la región Costa y en la época de secas. El Queso Crema elaborado en la región Costa se describió como de menor humedad y friabilidad, así como, de mayor firmeza, acidez y adhesividad comparado con el de la región Centro-Frailesca. Los quesos de mayor aceptabilidad global fueron los de la región Centro-Frailesca, los cuales presentaron mayor humedad, menor recubrimiento en boca y menos amargos y ácidos. El contenido de humedad, grasa y proteína influyeron sobre las propiedades texturales, reológicas y sensoriales

Palabras clave: queso Crema de Chiapas, Análisis Descriptivo Cuantitativo, Perfil de textura, reología.

ABSTRACT

Cream cheese elaborated in coast and center regions from Chiapas presented a significant effect in the relation between the elaboration process and the period of milk production based on its composition, texture, and rheological properties. Fat and proteins were greater during raining season. Cheese produced in the coast region was classified as semi-hard and high-fat and the one produced in the Center-Frailesca was classified as semi-soft and high-fat. Hardness was greater on cheese produced in the coast region during dry season. Cream cheese elaborated in the coast region was described to have lower humidity and coldness as well as greater hardness, sourness, and adhesiveness compared to the one produced in the Center-Frailesca region, which presented higher humidity, lower bitterness, and acids. The content of humidity, fat, and protein influenced over the texture, rheological, and sensorial properties.

Key words: cream cheese from Chiapas, Quantitative Descriptive Analysis, Profile of texture, rheology.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se identifican al menos 35 diferentes tipos de quesos genuinos, elaborados por una industria micro, pequeña o mediana, que emplea métodos rústicos(Villegas, 2008),varios de estos quesos artesanales son originales (por su forma, origen de la leche con que se elaboran, técnica de fabricación, maduración, propiedades sensoriales, etc.) que, en principio, pueden ser aspirantes a lograr una marca colectiva (MC) o una denominación de origen (DO) (Chombo-Morales, 2008), como una protección jurídico-comercial.

Para lograr una MC o una DO se requiere revalorar al producto, destacando su historia, su procedencia geográfica y sus atributos intrínsecos distintivos (tipicidad), que lo hace original (Bertozzi, 1995).Para caracterizar un queso, en lo que atañe a su tipicidad, es necesario obtener el máximo de información objetiva y cuantificable de la naturaleza de la leche, de la tecnología utilizada en el proceso de elaboración, que junto con el sistema microbiano confieren propiedades organolépticas y fisicoquímicas, que otorgan características sensoriales únicas al producto final (Castañeda, 2000).

El Queso Crema producido de forma artesanal en el estado de Chiapas tiene características propias, que lo diferencian de otros quesos, derivadas de un proceso artesanal acuñado en la región, por lo que requiere ser revalorado y protegido.

En el presente estudio se caracterizó al Queso Crema elaborado en las regiones Costa y Centro-Frailesca de Chiapas, para aportar elementos de tipicidad del mismo, considerando las diferencias en los sistemas de producción de leche entre épocas del año y en el proceso de producción entre queserías; también se evaluó el efecto de estos factores en las propiedades fisicoquímicas, viscoelásticas y sensoriales del queso, y las correlaciones entre dichas variables.

Los resultados de este estudio fueron proporcionados a la Asociación de Productores de Queso Crema S.P.R. de R. L, del Estado de Chiapas; con el fin de que sean considerados como elemento para tramitar una forma de protección jurídico-comercial (una MC o incluso una DO).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar las propiedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriales y la calidad microbiológica del queso Crema de Chiapas elaborado en las regiones Costa y Centro-Frailesca del Estado en dos épocas del año, destacando los atributos que aporten tipicidad al producto.

2.2 Objetivos específicos

- Estudiar la composición de la leche utilizada y las características del queso elaborado por las diferentes queserías, en dos regiones del estado de Chiapas, durante dos épocas del año.
- Comparar las características de la leche y el queso provenientes de distintas queserías de dos regiones, en dos épocas del año.

2.3 Hipótesis

- La composición de la leche es afectada por la época de producción y por ende las características del queso elaborado con la misma son diferentes entre épocas del año.

- El proceso de elaboración del queso influye en sus características, por lo que al ser elaborado en diferentes queserías dichas características son diferentes.
- Existe correlación entre las variables de composición de la leche y del queso, y entre las variables de textura, reología, sensoriales y composicionales del queso.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Leche, concepto y producción

La leche es un fluido secretado por las glándulas mamarias de las hembras de todas las especies de mamíferos, con el fin de satisfacer los requerimientos nutricionales del neonato, los cuales son principalmente energía (suministrados por lípidos y lactosa, y cuando hay en exceso por proteínas), aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, vitaminas, elementos inorgánicos, agua y grupos amino para la biosíntesis de aminoácidos no esenciales (Fox y McSweeney, 1998). La leche es un alimento muy completo, contiene una gran diversidad de nutrientes, junto con sus derivados, son ricos en vitaminas (A y B) y minerales (calcio).

En el año 2010 la producción mundial de leche fue de 710 millones de toneladas. México se ubica como el productor número 15, con un aporte del 1.9% del total mundial (FAO, 2010). La producción anual de leche en el país en los últimos años ha sido alrededor de 12 millones de toneladas, dicha producción tiene una marcada estacionalidad, del mes de julio a octubre se da la mayor producción mientras que de diciembre a abril se da la producción más baja.

El consumo de leche ha presentado cambios considerables propiciados por factores económicos y de salud, por lo que el sector lácteo ha venido readaptando sus presentaciones y la variedad de los productos derivados a los que puede acceder el consumidor mexicano. El consumo per cápita de la leche líquida en 1990 fue de 37.2 kilos, y en el 2005 de 39.4 kilos, para el caso de los derivados lácteos, el queso ha presentado un incremento en el consumo per cápita de 2.56% en el mismo periodo (SIAP, 2009).

El Estado de Chiapas aporta el 4% del total de la producción nacional de leche, producida en su mayoría bajo un sistema extensivo, cerca del 70% de esa producción se canaliza a la elaboración de productos lácteos (SIAP, 2009).

3.2 Composición de la leche

La leche contiene 88% de agua y 12% de materia sólida, de la cual el 4.5% son hidratos de carbono (lactosa), 3.3% proteínas de alto valor nutritivo, siendo la principal la caseína y, 3% de grasas saturadas. El resto está formado principalmente por minerales: calcio, magnesio y potasio, y trazas de sustancias como vitaminas: A, B2 (riboflavina), B1 (tiamina); pigmentos, enzimas y gases. Sin embargo, es pobre en vitamina C, D y hierro.

La composición de la leche se ve afectada por diversos factores genéticos y ambientales. Los factores genéticos de importancia son la especie, la raza y el individuo. Las diferencias raciales en ganado bovino, afectan fundamentalmente la grasa y, en menor medida, a la proteína, lactosa y cenizas. Los factores ambientales son la temperatura, la alimentación, la época del año, la etapa de

lactación, la edad y el estado de salud del animal (Tornadijo *et al.*, 1998). Los cambios estacionales que experimenta la composición de la leche se encuentran estrechamente relacionados con los cambios en la cantidad y tipo de alimentos que reciben las vacas (Guerrero, 2002).

3. 2. 1 Agua

La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por la corriente circulatoria. La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución en el consumo de agua y cae el mismo día que su suministro es limitado o no se encuentra disponible. Esta es una de las razones por las que la vaca debe de tener libre acceso de agua (Wattiaux, 2010).

3. 2. 2 Carbohidratos

El principal componente de la leche de la mayoría de las especies es el disacárido lactosa, el cual está compuesto por galactosa y glucosa unidas por un enlace glicosídico $\beta 1-4$, su concentración varía de 0 a 10%, dependiendo de la especie (Fox y McSweeney, 1998). En la leche de vaca la concentración de lactosa es relativamente constante y promedia alrededor de 5% (4.8%-5.2%). Sin embargo, las moléculas de las que la lactosa se encuentra constituida se encuentran en una concentración mucho menor en la leche: glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12 mg/ 100 g) (Wattiaux, 2010).

La síntesis de la lactosa atrae agua osmóticamente hacia las vesículas del aparato de Golgi afectando el volumen de leche y la concentración de caseína, que están empacadas en dichas vesículas. Existe una correlación inversa entre la concentración de lactosa y caseína en leche (Jenness y Holt, 1987), al igual que la relación entre lactosa y sales (cenizas) y la de lactosa y proteínas (Jenness y Sloan, 1970).

A diferencia de la concentración de grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación (Wattiaux, 2010). Sin embargo, durante la mastitis o al final de la lactación, la integridad de la membrana de las células de los mamocitos es dañada incrementándose la presión osmótica y para que esta se reajustarse es necesario que la concentración de lactosa se reduzca (Alais, 1996).

3. 2. 3 Grasa

La grasa constituye del 3.5 al 6.0% de la leche, variando entre razas de vacas y con las prácticas de alimentación. Ésta se encuentra presente en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, que evitan que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo a otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Siempre que esta estructura se encuentre intacta, la leche permanece como una emulsión (Wattiaux, 2010). Las dimensiones de los glóbulos son variables, de acuerdo con la raza de origen (Madrid, 1996).

La grasa de la leche está compuesta principalmente de lípidos neutros, los triglicéridos (98% del total de los lípidos), cuyos ácidos grasos son de cadena corta (C4-C8: 8.3%), cadena mediana (C10-C12: 6.6%) y cadena larga (C14-C18: 81.9%), de estos últimos del 65 al 70% son ácidos grasos insaturados (principalmente C16:0, C18:0 y C14:0) y del 30 al 35% son saturados (principalmente C18:1) (López y Briard-Bion, 2007).

Madrid (1996), considera que es favorable la presencia de glóbulos de diámetro pequeño en la leche cuando se utiliza para la fabricación de queso ya que los glóbulos grandes se rompen con facilidad y van a parar en el suero, dando a la cuajada un aspecto aceitoso.

El contenido de grasa en la leche es uno de los componentes de mayor variación. En general, aumenta al subalimentar al ganado por periodos cortos, al final del otoño y a temperaturas extremas; y disminuye al proporcionar dietas ricas en cereales, al aumentar la edad de la vaca y al existir infecciones mamarias (Tornadijo *et al.*, 1998). Una ración demasiado rica en concentrados que no estimula la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (2.0 a 2.5%) (Wattiaux, 2010).

3. 2. 4 Proteínas

La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína, la concentración de proteína en la leche es de 3.0 a 4.0%. El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Las proteínas de la leche se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80%) y

proteínas séricas (20%). Esta clasificación es debida al proceso de fabricación de queso, que consiste en la separación de las proteínas séricas luego de que la leche se ha coagulado bajo la acción de la renina (una enzima digestiva colectada del estómago de los terneros) (Wattiaux, 2010) o por acidificación.

El contenido de proteína en la leche disminuye al reducir la cantidad de alimento proporcionado al animal, a temperaturas altas y también al final del invierno y a medio varano. La leche producida por vacas con mastitis tiene menor caseína pero mayor proteína soluble (Tornadijo *et al.*, 1998).

Proteínas lactoséricas

Las principales proteínas lactoséricas son proteínas altamente estructuradas y, por lo tanto, son susceptibles de ser desnaturalizadas. Al pH de la leche fresca, entre 6.6 y 6.7, la β -lactoglobulina existe en forma de dímero. El monómero está formado por 162 componentes aminoácidos y contiene dos puentes de disulfuro (-S-S-) y un grupo tiol (-SH) por molécula. Aunque es la más hidrofóbica de las proteínas lactoséricas, la β -lactoglobulina es muy soluble en agua debido a que la mayoría de los componentes no polares están en el interior de la proteína y a que la mayoría de los componentes polares están en la superficie (Cayot y Lorient, 1997), en términos de masa constituye cerca del 50 % de las proteínas lactoséricas.

Por otro lado, la α -lactoalbúmina es una molécula formada por 123 aminoácidos, contiene cuatro puentes disulfuro y es una glicoproteína que tiene cantidades variables de carbohidrato. Esta proteína constituye cerca del 20 % de la masa de las proteínas lactoséricas.

Caseínas

En leche de bovino, la familia de caseínas consta de cuatro miembros, designados como α_{s1} , α_{s2} , β y κ -caseína que se encuentran en las proporciones 3.8:1.4:1.2 respectivamente. Además de que se diferencian por su secuencia de aminoácidos, las caseínas se distinguen por su número y distribución de residuos fosforilados y su sensibilidad para precipitarse por el ion Ca. La α_{s1} , α_{s2} y β -caseína son multifosforiladas y se encuentran en grupos o clúster. La κ -caseína tiene solamente un residuo fosforilados. Las micelas de caseína son agregados coloidales de caseína dispersos junto con Ca^{+2} y fosfatos coloidales. (Lucey *et al.*, 2003; Qi, 2007).

La κ -caseína puede mantenerse estable hasta contenidos de calcio de diez veces su peso molecular, luego precipita formando complejos coloidales conocidos como micelas. Una micela contiene un orden de 1000 moléculas de κ -caseína, y normalmente lleva ligada a razón de 2 gramos de agua por cada gramo de proteína. La estructura micelar aún se encuentra bajo estudio, pero esta generalmente aceptado, que la micela está formada por sub-micelas unidas por puentes de fosfato de calcio coloidal, interacciones hidrofóbicas y ligaduras de hidrógeno. Las cargas positivas debidas al calcio de las α_s y β - caseínas interactúan hidrofóticamente para formar el cuerpo de la sub-micela, rodeada por la κ -caseína, quien es que tiene la mayor superficie de contacto. El nitrógeno terminal de la κ -caseína es hidrofóbico y se liga al cuerpo de las sub-micelas, manteniendo los carbonos terminales hidrofílicos (carga negativa) de la κ -caseína, en la superficie, orientados hacia el ambiente.

Las κ -caseínas en las superficies de las micelas confieren un aspecto veloso, y con un alto potencial eléctrico negativo. Esto último, más la hidratación intensa, hacen que las micelas se repulsen impidiendo que se junten unas con otras, de esta manera es que la leche se encuentra en un estado de solución coloidal.

El contenido de caseínas de la leche influye más sobre la firmeza del coagulo que sobre el tiempo de coagulación, cuando se enriquece la leche con caseínas, mediante técnicas de ultrafiltración, se acelera la velocidad de endurecimiento del gel y acentúa su firmeza máxima, reduciendo la velocidad de sinéresis (Lucas *et al.*, 2006).

3. 2. 5 Vitaminas y minerales

La leche es una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento del lactante, siendo la mejor fuente de calcio para el crecimiento del esqueleto del lactante y el mantenimiento de la integridad de los huesos en el adulto (Wattiaux, 2010).

En la leche los minerales están de forma soluble en agua o en forma coloidal insoluble unidos a las caseínas. La proporción respectiva de las diferentes formas de minerales depende del componente considerado. En la leche de vaca el Ca^{+2} , P y Zn están principalmente unidos a la caseína (alrededor de 75, 60 y 98%, respectivamente) mientras que el Mg y K están principalmente en forma soluble (alrededor del 70 y 90 % respectivamente). De acuerdo a su forma dominante en la leche, los minerales pueden comportarse de una forma u otra durante el proceso de elaboración del queso (Lucas *et al.*, 2006). La presencia

de iones calcio, en cantidad suficiente, es indispensable para la floculación de las micelas de caseína.

3. 2. 6 Propiedades fisicoquímicas de la leche

Densidad y punto de congelación

La densidad es una propiedad de la leche, que puede servir como parámetro de calidad en la compra de leche cruda. Se relaciona con el contenido de sólidos totales a cierta temperatura del fluido (Santos y Villegas, 2004). La leche con una composición normal posee una gravedad específica (densidad) que normalmente varía de 1.023 a 1.040 (a 20°C) y un punto de congelación que varía de -0.518 a -0.543°C. Cualquier alteración, por ejemplo agregado de agua o adición de solutos, puede ser fácilmente identificada debido a que los valores de éstos parámetros de la leche estarán fuera de los parámetros mencionados (Wattiaux, 2010). Sin embargo, la leche de gran mezcla de un hato, o la colecta de alguna región específica varía la densidad durante el año influenciada por la fase de lactancia y por la calidad de los alimentos que consume el ganado (Santos y Villegas, 2004).

Acidez

La medida de acidez titulable se basa en la adición, para un volumen dado de leche, del volumen necesario de solución alcalina (hidróxido de sodio) de una concentración exacta hasta que el punto de neutralización de la leche es alcanzado, que es determinado por la presencia de un indicador, generalmente fenolftaleína, con cambio de color de incoloro a rosa a pH de 8.4. Los

resultados pueden ser expresados en diferentes unidades: mg de ácido láctico mL⁻¹ de leche, grados Dornic (°D), grados Soxhlet-Henkel (°SH) o grados Thorner (Fabro *et al.*, 2006). La acidez titulable es una característica fisicoquímica de la leche que se relaciona con su riqueza en sólidos totales y no grasos, especialmente proteínas, y con la acidificación de la misma por la actividad de la microflora acidificante. En nuestro país un valor normal de acidez titulable en leche fresca se sitúa entre 14 y 20°D, siendo un valor muy común 16°D (Santos y Villegas, 2004).

3. 3 Queso

En México, la producción de quesos se encuentra regulada por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, institución responsable de la calidad sanitaria de los productos alimenticios elaborados en el país o importados, mediante la Norma Oficial Mexicana “NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias”. Dicha norma define al queso, como “ un producto elaborado con la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin crema, obtenido por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos ofrecidos al consumidor como un producto fresco, madurado o procesado”.

En la actualidad existen muchas variedades de quesos, con diferente valor nutritivo, apariencia, sabor, textura, etc., por lo que el queso como producto satisface diversos rangos sensoriales y demanda nutricional en el consumidor (Guinee, 2002). El queso es una fuente rica de nutrimentos esenciales; en particular, proteínas, péptidos bioactivos, aminoácidos, grasa, ácidos grasos, vitaminas y minerales; que en conjunto tienen influencia en la salud y nutrición humana. En cuanto a la influencia en la salud el calcio tiene un efecto positivo en varios desórdenes (hipertensión, osteoporosis, obesidad y caries dental), algunos péptidos bioactivos disminuyen la hipertensión y el Ácido Linoleico Conjugado tiene un posible efecto anticancerígeno en humanos (Walther *et al.*, 2008). Desde el punto de vista nutricional, es considerado como un alimento nutritivo ya que contiene todos los aminoácidos esenciales para el ser humano: isoleucina, leucina, lisina, treonina, triptofano, fenilalanina y valina (Schlimme, 2002).

En países como Grecia, Francia, Alemania, Italia y Suiza el consumo per cápita de queso es de más de 20 Kg (28.9, 23.9, 22.4, 23.7 y 22.2 kg, respectivamente en el año 2006) sin embargo, en México el consumo es mucho menor; alrededor de 2 kg (FAO, 2010; SIAP, 2009).

3. 4 Caracterización de quesos

La tipicidad se define de acuerdo a dos dimensiones, la dimensión horizontal, que es la característica de un producto que, implícita o explícitamente lo diferencian de otros productos de la misma familia, y la dimensión vertical que

liga las características originales y la singularidad del producto a su origen geográfico (Granados, 2004).

Para caracterizar un queso, en lo que atañe a su tipicidad, es necesario obtener el máximo de información objetiva y cuantificable de la naturaleza de la leche en relación con la raza, las prácticas de producción, las condiciones de la colecta y la composición; además de la tecnología utilizada en el proceso de elaboración, que junto con el sistema microbiano confieren propiedades organolépticas y fisicoquímicas, que otorgan características sensoriales únicas al producto final (Castañeda, 2000).

La calidad sensorial de los quesos depende de un gran número de factores relacionados entre sí, que abarcan tanto las características fisicoquímicas y biológicas de la materia prima como los procesos tecnológicos de elaboración y maduración. Para conocer y diferenciar variedades de quesos es necesario estudiar en detalle sus características de apariencia, textura, sabor y olor. Las mismas se determinan a través de la utilización de métodos instrumentales y/o con el análisis sensorial (Montero *et al.*, 2005). En este sentido se han estudiado las características de varios quesos con diferentes condiciones, por ejemplo:

Hernández-Morales (2010), caracterizó el queso Añejo de Zacazonapan producido en el Estado de México, encontrando diferencias en su composición debidas al proceso de manufactura y la composición inicial de la leche. Además generó un léxico de 20 descriptores sensoriales de este queso. En este estudio

los consumidores tuvieron mayor aceptabilidad de quesos húmedos, friables y con aroma a mantequilla.

Van Hakken *et al.* (2006), caracterizaron sensorialmente el queso Chihuahua elaborado con leche cruda y pasteurizada, los atributos predominantes de “flavor” (combinación de sabor, olor y sensaciones táctiles, quinestáticas y trigeminales) descritos fueron salado, diacetilo, cocido, suero y grasa de leche; sin embargo, los queso de leche cruda tuvieron mayor intensidad en los atributos amargo, agrio y picoso. Los atributos de textura fueron similares pero los de leche cruda fueron percibidos más suaves que los de leche pasteurizada. Posteriormente Van Hakken *et al.* (2007), encontraron que el queso Chihuahua elaborado con leche pasteurizada era más firme, masticable y cohesivo pero con menor elasticidad que el de leche cruda.

Qian y Reineccius (2002), identificaron a través de cromatografía de gases/olfatometria los compuestos aromáticos del queso Parmesano-Reggiano, encontrando compuestos relacionados con aromas lipolíticos y frutales.

Ziino *et al.* (2005), realizaron un análisis de fracción de volátiles en queso Provola de Nebrodi en diferentes estados de maduración en el que identificaron 60 compuestos. A los 30 días el contenido de ácidos grasos y esterres aumentaron y el contenido de aldehídos disminuyó.

Antoniou *et al.* (2000), evaluaron la textura de quesos franceses, encontrando que el contenido de materia grasa y la resistencia a la compresión son variables

que describen mejor la textura y se correlacionan ampliamente con atributos sensoriales como firmeza, fragilidad, cohesividad y adhesividad.

Karoui y Dufourt (2003), estudiaron los cambios en las propiedades viscoelásticas y de la estructura, de la superficie al centro, de diferentes quesos suaves. Encontraron que los módulos de almacenamiento y pérdida eran mayores en el centro e iban decreciendo hacia la superficie, mientras que la $\tan \delta$ aumentó.

Awad (2006), comparó características de textura desarrolladas en la maduración del queso Ras elaborado con leche cruda y pasteurizada. Los parámetros del perfil de aumentaron durante la maduración. El queso de leche cruda tuvo mayor dureza en el día uno, el mayor desarrollo de dureza fue en los primeros 60 días, debido a la pérdida de humedad, por lo que hubo pérdida de elasticidad y aumento de la fractura durante la compresión. La cohesividad aumento gradualmente durante los primeros 120 días; sin embargo, no hubo diferencia significativa entre los quesos.

3. 5 Manufactura de los quesos

El queso es la consecuencia de la precipitación de las caseínas, que deja como residuo el suero de la leche. Para llevar a cabo esto, se emplean tres métodos: la acidificación acompañada del uso de la renina o cuajo, o bien, por la acidificación hasta llegar al punto isoeléctrico en las caseínas, siendo el primero el más usado (Badui, 1997) y calentamiento o la combinación de estos tres métodos (Lucey *et al.*, 2003).

Las etapas básicas en la fabricación tradicional del queso según Amiot (1991), son:

- Coagulación de la leche: se produce por la desestabilización de la solución coloidal de caseína que origina la aglomeración de las micelas libres y la formación de un gel en el que quedan atrapados el resto de los componentes de la leche.
- Desuerado o sinéresis: se elimina, al mismo tiempo que el agua, una parte de las sustancias que se encuentran en suspensión, es decir, de los elementos del lactosuero. La materia grasa permanece en su mayor parte adherida y retenida en la cuajada de caseína.
- Maduración: se producen diversas modificaciones por acción de los microorganismos y las enzimas, que dan lugar a las distintas variedades de queso.

La manufactura del queso se basa en controlar cinco factores clave: la composición de la leche, velocidad y grado del desarrollo de la acidez, contenido de humedad, manipulación de la cuajada y condiciones de maduración (Lucey *et al.*, 2003).

3. 6 Composición y propiedades del queso

El queso es considerado un material sólido-blando que consiste de una red compuesta principalmente de proteína, agua y lípidos (Walstra, 2003). Los diferentes tipos de quesos pueden ser clasificados acorde al origen de la leche usada (vaca, borrega, cabra o búfala), por su manufactura (cuajado, agriado de

la leche, ultrafiltración), por su consistencia (extra duro, duro, semiduro, semiblando, blando, queso fresco), por su contenido de grasa (doble crema, crema, completo en grasa, media crema), por el tipo de fermentación (ácido láctica, ácido láctica y butírica, ácido butírica), por su superficie (dura, blanda, para untar, mohecida) e interior (con ojos o moho). Adicionalmente, por sus diferencias en sabor y de algunos compuestos bioactivos, que son principalmente creados durante las etapas de maduración cuando sus componentes: lactosa, proteína y grasa, se rompen durante la fermentación, proteólisis y lipólisis (Molimard y Spinnler, 1996).

3. 6. 1 Humedad

Los quesos frescos tienen un alto contenido en humedad y no han sufrido un proceso de maduración, por lo que suelen tener sabor a leche fresca o leche acidificada. Si los quesos son moldeados cuando aún están inmersos en suero (lo que evita la presencia de aire) el número de pequeñas grietas o pequeños espacios libres entre los granos de cuajada será más reducido (Peláez *et al.*, 2003). De acuerdo a la NMX-F-713-COFOCALEC-2005 por su contenido de humedad (expresado como % de humedad sin materia grasa) los quesos se clasifican: extraduro si su porcentaje de humedad es <51%, duro si el porcentaje es de 49-56%, semiduro o firme si el porcentaje es de 54-63%, semiblando si el porcentaje es de 61- 69% y blando si el porcentaje es >67%.

Los quesos elaborados con leche pasteurizada pueden presentar mayor contenido de humedad que los de leche cruda, presentándose la mayor pérdida de humedad durante los primeros 30 días de maduración (Awad, 2006).

3. 6. 2 Grasa

La grasa varía entre un 20 y 35% en materia seca del queso. Esta tiene una función muy importante en la elaboración de quesos, pues no permite que la red que conforma la caseína dentro del cuerpo del queso se endurezca y se vuelva difícil de consumir. Por otra parte, la lipólisis de la grasa de la leche en los quesos genera un sabor característico teniendo en cuenta que durante este proceso se producen una serie de ácidos grasos libres (Law, 1997).

Los ácidos grasos saturados más comunes en el queso son al ácido palmítico (16:0) con 260 gkg^{-1} de grasa, en segundo lugar el ácido mirístico (14:0) con 98 gkg^{-1} de grasa y en tercer lugar el ácido esteárico (18:0) con 80 gkg^{-1} de grasa. Todos los otros ácidos grasos saturados se encuentran entre 0.2 y 31 gkg^{-1} de grasa. El ácido insaturado más común es el ácido oleico (18:1 c9). En quesos el contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) varía entre 0.1 y 2.4 g*kg^{-1} de grasa (Collomb *et al.*, 2001). El CLA predominante en la leche y productos lácteos es el ácido ruménico (cis-9, trans-11) y comprende alrededor de 75-90% del total de CLA. Los ácidos grasos volátiles son liberados durante la maduración, aunque a bajos niveles, y son responsables de las características de “flavor” (Partidário *et al.*, 2008)

3. 6. 3 Proteína

El queso es una importante fuente de proteínas y aminoácidos, provee todos los aminoácidos esenciales, excepto metionina y cistina, en mayores cantidades a las recomendadas en la nutrición de niños y adultos (Tomé *et al.*, 2002).

El proceso de coagulación de la leche se puede dividir en dos fases. Durante la primera fase de la coagulación, por acción de la enzima, solamente la k-caseína es hidrolizada en el enlace Fen105-Met106, en consecuencia se generan dos cadenas residuales de k-caseína, 1-105 denominada para k-caseína y la 106-169 denominada glicomacropéptido. La importancia de las interacciones electroestáticas en el complejo quimosina-substrato formado, es substancial en la fase enzimática por el efecto de inhibición del cloruro de sodio en bajas concentraciones.

Es de aceptación generalizada, que todos los cuajos y sus sustitutos, hidrolizan a la caseína en el enlace 105-106. Aunque, las características de la agregación de las micelas hidrolizadas por los sustitutos de cuajos, son diferentes de las hidrolizadas por la quimosina, principalmente en la extensión de la K-caseína hidrolizada.

Una vez liberada de las altas cargas negativas de los péptidos hidrofílicos de la micela de caseína, y reducido el potencial eléctrico de los péptidos de la superficie, es reducida la repulsión intermicelar y la estabilidad de la micela. Cuando el 80 al 85 % de la superficie de k-caseína ha sido hidrolizada, la caseína comienza a agregarse y flocular, dando formación al coágulo, reteniendo la grasa. Esta es la fase secundaria

La matriz de proteína en el queso es originada por pequeñas partículas de caseína unidas por varias fuerzas en todas direcciones que dispersan la humedad y los glóbulos de grasa (Lucey *et al.*, 2003). Las caseínas son muy

importantes ya que emulsionan la grasa contribuyendo a la estabilización de la emulsión y conformar la estructura del queso (Shimp, 1985).

3. 6. 4 Minerales

Diferentes condiciones de manufactura usadas en la producción de quesos resultan en composiciones características y en concentraciones típicas de calcio (Ca^{+2}) y fosforo (P), en la manufactura de queso Cheddar aproximadamente 60 y 55% del Ca^{+2} y PO_4 , respectivamente, son retenidos en el queso terminado; del total de estos compuestos en la leche el 85 y 90%, respectivamente, se eliminaron en el suero drenado. Durante la maduración del queso, la proporción de calcio asociado con caseína y calcio soluble sigue cambiando lentamente, en queso Cheddar la proporción de calcio asociado con caseína disminuye de 64 a 56% del total del calcio en el queso durante los primeros cuatro días (Lucey *et al.*, 2003; Lucey y Fox, 1993). La proporción insoluble de calcio asociada con partículas de caseína es un parámetro estructural mucho más importante que el contenido total de calcio o en su lugar es más usual el uso de la relación da calcio/proteína como un parámetro estructural (Lucey *et al.*, 2003).

3. 6. 5 Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas (color, pH, a_w , acidez, etc.) del queso son influenciadas por la composición inicial de la leche usada, el proceso de manufactura y las condiciones de maduración. Dos de los factores más importantes que influyen sobre estas propiedades son la condición de las

partículas de caseína en el queso (interacciones entre y dentro de la moléculas, la cantidad de calcio asociado a estas partículas) y el grado de proteólisis (Lucey *et al.*, 2003).

pH

El pH es uno de los factores que más influyen en las características del queso y en los procesos de elaboración principalmente sobre el desuerado y una serie de operaciones a que se somete la cuajada en la tina. Las micelas proteicas se encuentran hidratadas, en virtud de su carga eléctrica, por lo que retienen agua. Al aumentar la acidez de la leche por acción microbiana o por adición de ácidos, desciende la carga eléctrica de las proteínas, que terminan por deshidratarse. De ahí que el desuerado de la cuajada sea tanto más fácil cuanto más se eleve su acidez, lo que explica que las cuajadas obtenidas a partir de leches maduras desueren más fácilmente que las cuajadas de leches frescas. La formación de ácido láctico, que comienza antes de que la leche coagule prosigue durante la acidificación de la cuajada, a lo largo de la cual la temperatura es favorable al desarrollo de las bacterias ácido lácticas.

Durante el prensado fermenta la lactosa y aumenta el índice de acidez de la masa, que alcanza según los tipos de queso al fin del proceso un valor de 66-88 °SH (Dilanján, 1984).

Actividad acuosa (a_w)

La actividad del agua (a_w) se define como la cantidad de agua libre en el alimento, es decir, el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y

para que se puedan llevar a cabo diferentes reacciones químicas. Tiene un valor máximo de 1 y un mínimo de 0. Cuanto menor sea este valor, mejor se conservará el producto. La actividad del agua está directamente relacionada con la textura de los alimentos: a una mayor actividad de agua, la textura es mucho más jugosa y tierna y a medida que la actividad de va disminuyendo, la textura se endurece y el producto se seca rápidamente. Por el contrario, los alimentos cuya actividad de agua es baja por naturaleza son más crujientes y se rompen con facilidad. En ambos casos, el parámetro de la actividad de agua del alimento es un factor determinante para la seguridad del mismo y permite determinar su capacidad de conservación junto con la capacidad de propagación de los microorganismos (Badui-Dergal, 1993).

La actividad de agua es un parámetro que establece el inicio o final del crecimiento de muchos microorganismos. La mayoría de patógenos requieren una a_w por encima de 0.96 para poder multiplicarse. Sin embargo existen otros que pueden existir en valores inferiores. Por ejemplo, algunos hongos que son capaces de crecer a valores inferiores a 0.6.

Color

El color es una de las características que define la calidad del producto y que más influye en el consumidor en el momento de aceptar o rechazar un alimento. Es la primera sensación que se percibe y la que determina el primer juicio sobre la calidad. Es también importante dentro del conjunto de sensaciones que

aporta el alimento, y tiende a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y el olor (Fresno *et al.*, 2007).

Existen una gran variedad de escalas para describir el color, las que más se usan en el campo del color en alimentos son el sistema CIE $L^* a^* b^*$, el Hunter L, a, b y el Munsell. La valoración del color ayudada por patrones como los del atlas Munsell mejora las valoraciones visuales ya que el sistema visual humano tiene una gran habilidad para discriminar entre colores pero una pobre memoria visual. Sin embargo no siempre es posible encontrar cartas de color adecuadas para este propósito cuando se trabaja con alimentos (Purroy *et al.*, 2005).

En investigación de la calidad de alimentos se utilizan instrumentos de medición de color, colorímetros, que transforman las medidas de color en espacios de color de tres dimensiones. La interpretación de estos resultados aporta datos sobre las cualidades del color (luminosidad o claridad, tono, matiz o saturación, etc.). Del color se captan tres atributos, el tono con el cual quedan definidos los colores tal como se entienden habitualmente (verde, rojo...), la claridad que hace referencia a la mayor o menor oscuridad de los colores y por último la saturación que representa el grado de pureza, es decir la existencia o no de mezclas en el color (Fresno *et al.*, 2007).

3. 6. 6 Propiedades texturales y reológicas

Textura

Las propiedades físicas en queso son comúnmente identificadas en los términos “cuerpo” y “textura”. Por convención, en la industria láctea el término

“cuerpo” denota la consistencia del producto (firmeza, suavidad, cohesividad, gomosidad, elasticidad, plasticidad, pastosidad, etc.) mientras “textura” se refiere a un número, tipo y medida de “aberturas” que puede ser observada visualmente (cerrada, abierta, gaseosa, etc.) o por la sensación al tocar (harinosa/granulosa) para dejar ver las partículas internas. Confusamente, todos los términos listados sobre el “cuerpo” del queso son ampliamente usados para describir las propiedades de textura, reología y fractura de los alimentos (Lucey *et al.*, 2003).

Desde el punto de vista físico, la textura es el modo en que varios constituyentes y elementos estructurales están dispuestos y combinados, tanto en su estructura macroscópica como microscópica (Santini *et al.*, 2007).

En el caso específico del queso, la estructura depende fundamentalmente de sus componentes químicos, tales como agua, cloruro de sodio, proteína y grasa, entre otros (Santini *et al.*, 2007).

Tradicionalmente, la textura (cuerpo) de alimentos ha sido evaluada por mediciones sensoriales e instrumentales (TPA, compresión uniaxial y prueba de perforación). Dichos atributos sensoriales y parámetros instrumentales de textura están correlacionados, y puede utilizarse uno solo si todos los considerados están relacionados a fenómenos similares (Benedito *et al.*, 2000).

El Análisis del Perfil de Textura (TPA) trata de simular las condiciones con que se encuentra un alimento en la boca, motivo por el cual los resultados obtenidos

mediante esta técnica deben mantener una buena correlación con los alcanzados mediante el análisis sensorial (Pavia *et al.*, 1999).

Los parámetros del TPA son dureza, adhesividad, cohesividad, resorteo y masticabilidad y son calculados a partir de la información de la curva del TPA (Figura 1). La dureza o firmeza es la fuerza necesaria para obtener una deformación dada. La adhesividad es la medida del trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales, por ejemplo: la fuerza requerida para retirar el material que se adhiere al paladar durante su consumo (A_3). La cohesividad representa el punto límite hasta el cual puede deformarse el material antes de romperse (A_2/A_1). La elasticidad es la altura que recupera la muestra entre el fin de la primera compresión y el inicio de la segunda (D_2/D_1). La masticabilidad es el producto multiplicativo de la elasticidad por la cohesión y la dureza, representa la energía requerida para masticar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido (Pavia *et al.*, 1999).

Los parámetros del TPA en queso (dureza, cohesividad, resorteo y masticabilidad) se ven afectados por la pasteurización o no de la leche y por la maduración del queso (Van Hakken *et al.*, 2007). Por ejemplo, el queso elaborado con leche cruda tiene mayor dureza que el de leche pasteurizada, y va aumentando conforme a su maduración, debido a su contenido de humedad (Awad, 2006).

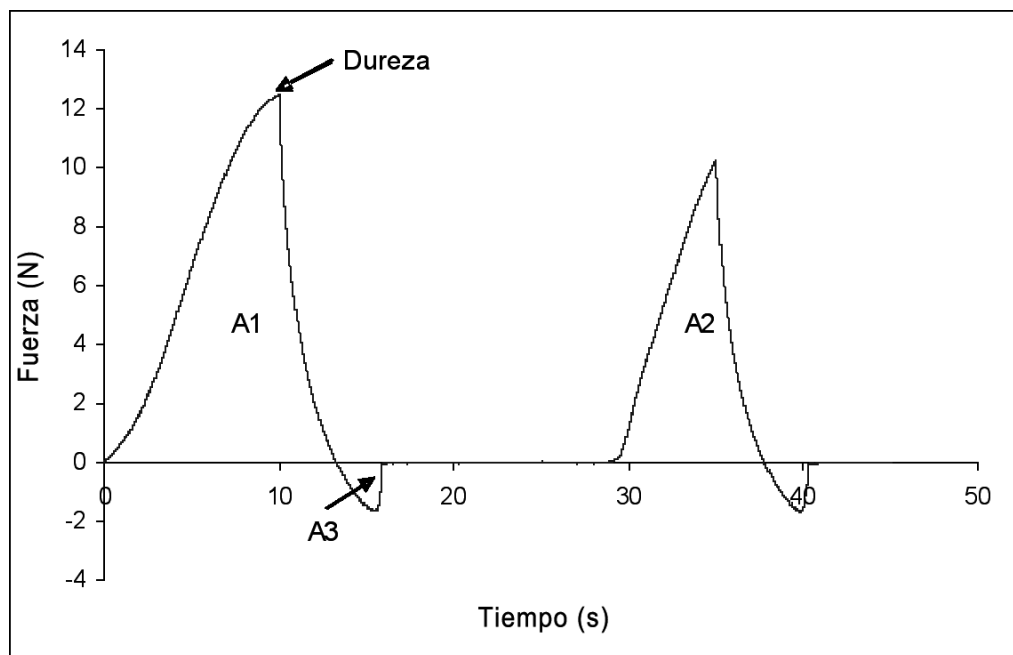


Figura 1. Curva de análisis de perfil de textura.

El pH y el contenido de minerales en el queso tienen una mayor influencia en la estructura y textura, porque estos son relacionados con la velocidad de producción de acidez. Diferencias en las condiciones de manufactura de variedades de queso resultan en composiciones características y una típica concentración de Ca y P, la proporción de Ca insoluble asociado con partículas de caseína en queso es un mejor parámetro estructural que el Ca total (Lucey *et al.*, 2003).

Propiedades reológicas

La mayoría de los alimentos poseen complejas estructuras tridimensionales, presentando comportamientos que se encuentran en el rango de los fluidos, de los materiales newtonianos y de los productos semi-sólidos, poniendo de

manifiesto la relación existente entre la estructura física y las propiedades mecánicas (Ibañez *et al.*, 1998).

El queso es un material viscoelástico debido a que durante y después de la deformación parte de la energía mecánica suplida en el queso es almacenada en el material (parte elástica) y parte es disipada (parte viscosa). La proporción de energía almacenada y disipada depende en la escala de tiempo de la deformación y como consecuencia la respuesta del material depende del tiempo. Además la disipación de la energía puede causar la deformación, larga o permanente (Lucey *et al.*, 2003).

Dichas propiedades pueden ser determinadas por la aplicación de un pequeño esfuerzo (fuerza por unidad de área) o tensión (deformación por unidad de longitud) a niveles que no causen cambios significativos irreversibles en el queso. Las pruebas pueden ser clasificadas por el nivel de deformación que el instrumento aplica, las pruebas reológicas de pequeña deformación son aplicables para un rango de textura de queso suave (Brie) a duro (Cheddar). El tipo de propiedades mecánicas medidas depende de la relación entre esfuerzo y deformación y puede ser separadas en región lineal y no lineal y de fractura (Foegeding y Drake, 2007).

Las propiedades viscoelásticas de los alimentos pueden ser determinadas por pruebas de oscilación dinámica de baja amplitud para medir el módulo de almacenamiento (G'), módulo de pérdida (G''), módulo complejo (G^*) y la

tangente de pérdida ($\tan \delta$), que es la relación del módulo de pérdida y almacenamiento (G''/G') (Lucey *et al.*, 2003).

Se puede llegar a correlacionar la microestructura de un alimento con su comportamiento reológico. La mayoría de los quesos tienen propiedades reológicas variables en función de la profundidad de extracción de las muestras a estudiar. Los ensayos se efectúan generalmente sin corteza, ya que la estructura física de esta parte es distinta en la mayor parte de los casos, debido a una agregación diferente de las moléculas de caseína (Roudot, 2004).

El comportamiento y propiedades de la matriz proteica dominan los parámetros reológicos y texturales del queso, tales como la rigidez, elasticidad, viscoelasticidad y ablandamiento. Incrementando el contenido de humedad o la relación de humedad con proteína (sustancias no grasas) en el queso se debilita la rigidez y esto influye en un amplio rango de características texturales (blandura, fragmentabilidad y suavidad). La relación de grasa con humedad y proteína en el queso juegan un rol muy importante en propiedades como la blandura o dureza. La grasa puede ser considerada como el relleno interno entre los agregados de micelas de caseína (Lucey *et al.*, 2003).

3. 6. 7 Propiedades sensoriales

El análisis sensorial es un método científico para medir la respuesta humana ante estímulos externos. Las pruebas son conducidas usando procedimientos específicos que se establecieron basándose en observaciones científicas de la conducta humana. Los resultados pueden ser objetivos o subjetivos

dependiendo del objetivo específico y selección del procedimiento sensorial. Frecuentemente, un inapropiado procedimiento es seleccionado o un procedimiento seleccionado no es conducido apropiadamente (Foegeding y Drake, 2007).

La calidad sensorial de los quesos depende de un gran número de factores relacionados entre sí, que abarcan tanto las características fisicoquímicas y biológicas de la materia prima como los procesos tecnológicos de elaboración y maduración. Para conocer y diferenciar variedades de quesos es necesario conocer en detalle sus características de apariencia, textura y flavor. Las mismas se pueden determinar a través del análisis sensorial, utilizando paneles entrenados de evaluadores, y en forma instrumental, utilizando analizadores de textura, lenguas electrónicas, narices electrónicas, etc. (Montero, 2005).

Hay dos grupos básicos de experimentos sensoriales: pruebas analíticas y pruebas de consumidores, las últimas frecuentemente referidas para las pruebas afectivas. Los resultados de estas pruebas son, respectivamente, objetivos y subjetivos. Las pruebas sensoriales analíticas generalmente usan jueces entrenados o anónimos dependiendo de la prueba específica, sin embargo las pruebas sensoriales afectivas usa consumidores. La prueba sensorial analítica más poderosa es el análisis descriptivo, el cual generalmente se elige cuando se determinan o establecen relaciones con medidas instrumentales. El análisis descriptivo consiste de entrenar a un grupo de individuos (generalmente de 6 a 12) para identificar y cuantificar todos o específicos atributos sensoriales de un alimento. Los panelistas son entrenados

(algunas veces por varios cientos de horas) para evaluar acorde con un instrumento. Las pruebas a consumidores son usadas cuando es deseable la información y percepción de probables consumidores, este tipo de pruebas requiere de muchos consumidores (más de 50) (Foegeding y Drake, 2007). Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Anzaldúa-Morales, 1994).

El proceso de masticación puede ser el también una forma para medir las propiedades mecánicas de los alimentos. Este proceso es realizado en tres etapas, la primera es el posicionamiento del alimento, seguida de la masticación y finalmente la deglución. La fase de masticación es referida como la habilidad de triturar o pulverizar los alimentos (Foegeding y Drake, 2007). La textura se define como un conjunto de propiedades reológicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un producto, perceptibles por los mecareceptores, los receptores táctiles y en ciertos casos, por los visuales y los auditivos (Costel *et al.*, 1997).

Es muy amplia la relación de características sensoriales y su conjunto puede dividirse en tres: grupos apariencia, consistencia o textura y olfato-gustativas (Chamorro y Losada, 2002). La textura es la característica de los alimentos que se relaciona con las propiedades físicas percibidas con el sentido de la vista (excepto color), el sentido del tacto cuando tocamos los alimentos y los receptores táctiles de la boca durante la masticación, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Pérez *et al.*, 1996). La textura es uno

de los parámetros cualitativos sensoriales que más afectan la aceptación de alimentos. La percepción de la textura es un proceso dinámico formado por diferentes factores tal como fisiológicos, modelos de masticación, temperatura, lectura cognitiva, etcétera (Benedito *et al.*, 2000).

El rol exacto que la textura juega en la aceptabilidad de los consumidores es difícil de definir por que el sabor no puede ser desacoplado de la textura cuando se evalúa el queso. La apariencia visual puede afectar la percepción del “flavor” y la textura. De esta manera si un producto le gusta al consumidor, todos los atributos son calificados positivamente y viceversa, es decir, el “flavor”, la textura y la apariencia son unidos en la mente de los consumidores para determinar el gusto y calidad de un producto. Esta es la razón por la que los panelistas entrenados son usados para mediciones sensoriales objetivas. Cuando un panelista entrenado evalúa el “flavor” y textura se recomienda realizarlo en sesiones separadas con diferentes códigos en productos para eliminar la posibilidad de influencia cruzada entre la textura y el “flavor” (Foegeding y Drake, 2007).

El sabor y aroma son características muy importantes del queso. Los consumidores hacen su elección de queso primeramente con base a las características de flavor, el cual resulta de la lipólisis, proteólisis y degradación de aminoácidos por cultivos iniciadores y no iniciadores de bacterias ácido lácticas (Awad, 2006).

El análisis sensorial define al sabor como la impresión combinada de una percepción vía química debido a las sensaciones provocadas por un producto en la boca (salado, dulce, amargo y ácido), además se tienen los factores de sensación química que estimulan los nervios terminales en las membranas bucales y cavidades nasales (astringencia, picoso, especies sabor a metal). El término aromático es usado para indicar los constituyentes volátiles, los cuales son originados a partir de los alimentos ingeridos y depositados en la boca y percibidos por el olfato, no por la vía retronasal (Meilgaard *et al.*, 1991). Este atributo en los alimentos es muy complejo, ya que combina tres propiedades: olor, aroma y gusto. El sabor es la suma de las tres características, su medición y apreciación son más complejas que aquellas para cada propiedad por separado. El sabor es lo que diferencia a un alimento de otro y no el gusto. Por ello, cuando se realizan pruebas de evaluación del sabor, no solo es importante que la lengua del juez sea capaz de distinguir sabores, sino que también no tenga problemas con su nariz y garganta (Anzaldúa- Morales, 1994).

El olor es la percepción, por medio del olfato, de sustancias volátiles liberadas en los alimentos. Una característica del olor es la intensidad o potencia de éste. La primera, es la persistencia, que aún de retirarse de las sustancias olorosas, la persona continúa percibiendo el olor. Esto se debe a que las fosas nasales y la mucosa que recubre el interior de estas quedan impregnadas de las sustancias volátiles. Es por eso, cuando se realizan pruebas sensoriales de olor, ventilar muy bien el sitio en donde éstas se realizan (BS 5929: Part 1:1986).

El aroma en los quesos se debe principalmente a la oxidación de las grasas (lipólisis) o a los microorganismos contenidos en la leche con que se elaboran, si la leche es pasteurizada los responsables son los microorganismos adicionados para el desarrollo del olor y si la leche es cruda la responsable será la flora contenida en la leche de forma natural (Luquet, 1991). El queso elaborado con leche cruda desarrolla las características de “flavor” más rápidamente que el elaborado con leche pasteurizada. Las bacterias ácido lácticas en leche cruda son importantes no solo por el desarrollo de acidez que acelera la coagulación de la leche y ayuda a la expulsión de suero, sino también por su influencia en el “flavor”, cuerpo y textura del queso. El consumidor tiene mayor preferencia del “flavor” y textura desarrollados en quesos elaborados con leche cruda (Awad, 2006).

3. 6. 8 Microbiología

Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) son un grupo de bacterias que fermentan azúcares como glucosa y lactosa para producir ácido láctico. Dentro de este grupo se reconoce la existencia de microorganismos aerobios, anaerobios y anaerobios facultativos. Los géneros representativos de las BAL son: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium* y *Pediococcus*. Con excepción de *Bifidobacterium*, todos son aeróbicos. Las BAL es posible encontrarlas en diferentes productos de leche fermentada como jocoque y yogur, también se encuentran en quesos frescos y madurados, en diferentes carnes y sus productos y en algunas hortalizas. Estos microorganismos se

pueden clasificar además por su metabolismo, en homofermentativos y heterofermentativos, los primeros producen exclusivamente ácido láctico, mientras que los segundos, producen además ácido acético, etanol y dióxido de carbono (Martin del Campo *et al.*, 2008).

Las bacterias ácido lácticas tienen una amplia aplicación como cultivos iniciadores en una variedad de alimentos fermentados, además pueden mejorar el sabor y la textura y en algunos casos aumentan el valor nutricional, por sus efectos sobre la digestibilidad (Martin del Campo *et al.*, 2008).

Los efectos antagónicos, sobre microorganismos contaminantes, de las BAL, en la mayoría de los casos se deben a la disminución en el pH, por la producción de ácidos orgánicos, y en otros por la acción de sustancias antibacterianas diferentes a los ácidos orgánicos (Martin del campo *et al.*, 2008).

Microorganismos patógenos

Los principales patógenos relacionados con la industria de productos lácteos son: *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. La presencia de microorganismos patógenos en queso depende de la calidad y del tratamiento térmico de la leche, la limpieza en general de la quesería, la calidad de los cultivos, del manejo de la cuajada durante el procesamiento, de la temperatura de almacenamiento, transporte y distribución del queso. Lo anterior, es importante debido a los altos niveles de humedad que presentan los quesos frescos mexicanos, lo que provoca el desarrollo de microorganismos patógenos como *Salmonella* y *E. coli* serotipo O157:H7 causantes de

infecciones e intoxicaciones alimentarias, la presencia de estos patógenos en queso, indica malas prácticas de higiene en su elaboración (Romero-Castillo *et al.*, 2009).

En la caracterización microbiológica de quesos artesanales se ha encontrado un elevado nivel de enterococos durante toda la maduración, debido a contaminación fecal durante el ordeño a mano, realizado muchas veces en condiciones precarias, sin embargo el nivel encontrado de enterobacterias y coliformes fecales es más bajo de lo esperado, probablemente por efecto de la acidez detectada (Mas *et al.*, 1991)

3. 7 Quesos tradicionales

Según Villegas (2008), a nivel nacional se identifican al menos 35 diferentes tipos de queso genuinos. La mayoría son elaborados por la agroindustria artesanal, constituida por numerosas micro y pequeñas empresas dispersas en todo el país. En la mayoría de ellas, los procesos son rústicos, con mínima tecnología y se emplea leche cruda (Cervantes *et al.*, 2008). Debido a esto, dichos quesos muestran una gran variabilidad composicional y sensorial, limitada conservación y son objeto de señalamientos por su presunta falta de inocuidad (Villegas, 2008).

Según Villegas (2004), los quesos mexicanos genuinos cumplen con las siguientes características:

- Son elaborados a partir de leche fluida, de vaca o de cabra, con el empleo mínimo de aditivos tradicionalmente incorporados, permitidos por

las normas vigentes, tales como cuajo, colorante de achiote, cloruro de calcio y sal común. No incluyen grasa vegetal, ni derivados proteicos de leche, a excepción de pequeñas cantidades de estos últimos, solamente para estandarizar la proporción entre la grasa y la proteína de la leche de proceso.

- Una fuerte raíz histórica nacional; se elaboran desde tiempos de la Colonia, o en tiempos más recientes, pero al menos desde hace más de cuatro décadas. Aunque no se dispone de información escrita puntual, se considera muy valiosa la tradición oral recogida a lo largo y ancho del territorio nacional por diversos informantes, técnicos de diversas especialidades y gente del pueblo.
- Son elaborados dentro del territorio nacional. Muchos de estos productos han nacido regionalmente, y siguen siendo productos locales, otros se han difundido ampliamente en el país y poco en el extranjero, sobre todo por migrantes mexicanos en los Estados Unidos de Norteamérica.

Varios quesos mexicanos han sido objeto de estudio, tal es el caso del queso Chihuahua en el que se evaluó el efecto de la estacionalidad y la pasteurización (Tunick *et al.*, 2007; Van Hekken *et al.*, 2008), otros quesos, como el Cotija y el Añejo de Zacazonapan han sido caracterizados (Hernández- Briones, 2007; Hernández *et al.*, 2010),

Villegas (2008) resume la problemática de los quesos mexicanos genuinos, como sigue:

- Presentan calidad variable. Desde el punto de vista de composición, sanidad y atributos sensoriales; esto se debe a la falta de estandarización en la leche y en los procesos de fabricación del queso, amén de la calidad original de la leche cruda.
- Altos costos de producción. Debido a la falta de tecnología apropiada y a la ineficiencia de los procesos de elaboración.
- Problemas de comercialización. Relacionados con bajos volúmenes de producción y ausencia de estrategias mercadotécnicas.
- Competencia con quesos de imitación. Existe una competencia desleal basada en los precios bajos de estos productos, que frecuentemente se venden como genuinos.
- Falta de cumplimiento con la normatividad. Sobre todo de la legislación sanitaria, ya que la leche con la que se elaboran adolece de una baja calidad bacteriológica; a menudo no se pasteuriza.
- Futuro incierto. Ante la competencia con productos sustitutos nacionales, y la muy probable entrada de quesos extranjeros similares, debido a la cada vez mayor apertura económica del país.

Los productores de quesos artesanales tienen el reto de establecer y mantener nuevos mercados, que requieren quesos de alta calidad homogénea. Por esta razón, recientemente, se han estudiado varios quesos tradicionales y de Denominación de Origen Protegida y se ha promovido la definición de sus

atributos para coadyuvar a su preservación. La imagen tradicional y auténtica de estos productos juega un papel muy importante en los consumidores, creando mercados crecientes (Hernández, 2007).

3. 8 Marca Colectiva y Denominación de Origen

La designación de productos agroalimentarios con el nombre de lugar de producción, en la distribución y venta es una práctica antigua, que al hacerlo se les confiere un valor especial, reconociéndose implícitamente, la fuerte unión entre el medio natural y el hombre y sus especificidades históricas y culturales expresadas en métodos de producción y transformación, que en conjunto confieren las características propias y la calidad de los productos. De este modo, el nombre geográfico de la región determinada llega confundirse con el producto que ahí se originó y nacen las condiciones para su protección (Granados, 2004), tal es el caso de los quesos genuinos elaborados en diferentes regiones del país.

Por otra parte, la globalización pone en riesgo la tradición de elaboración de los quesos genuinos, ya que pueden ser fácilmente reemplazados por productos procesados o análogos de menor calidad sensorial y nutrimental, para garantizar su futuro es conveniente una protección jurídica y económica que se logra mediante una indicación geográfica, como una Marca Colectiva (MC) o mejor aún, una Denominación de Origen (DO).

Varios quesos artesanales mexicanos son tan originales (por su forma, origen de la leche con que se elaboran, técnica de fabricación, maduración

propiedades organolépticas, etc.) que, en principio, pueden ser aspirantes a lograr una MC o DO (Chombo-Morales, 2008).

El Instituto Mexicano de la Protección Industrial (IMPI, 2006 b) define la Marca Colectiva como aquel signo visible que distingue en el mercado de los servicios y productos de asociaciones, sociedades de productores, fabricantes, comerciantes o prestadores de servicio, legalmente constituidas respecto de los productos o servicios de terceros. Mediante esta forma de protección legal, se le puede dar valor agregado o se puede revalorizar el producto en el caso de los productos artesanales o tradicionales, y tener acceso a un mercado de competencia justa, solo aquellos productos que cumplen con las reglas de uso de la MC y que estén registrados como parte de la asociación titular de la marca podrán comercializar sus productos como tales.

La Denominación de Origen es una figura de protección jurídica comercial de un producto alimentario, cuya calidad se asocia a factores naturales y humanos que la región productora le brinda (Chombo, 2004). De acuerdo con el IMPI (2006a), es definida como el nombre de una región geográfica del país que sirve para designar el producto originario de la misma, y cuya calidad y características se deben exclusivamente al medio natural y humano.

Para lograr una MC o una DO se requiere revalorar a los quesos tradicionales, destacando su historia, su procedencia geográfica y sus atributos intrínsecos distintivos (tipicidad), que los hace originales (Bertozzi, 1995).

Aunque no es posible predecir el beneficio concreto de la DO, para un queso artesanal, los altos niveles de consumo, el prestigio de su nombre y las valoraciones que le hacen sus consumidores, asociados muchas veces a simbolismos de tipo rural, constituyen señales favorables acerca de los beneficios de su registro (Granados y Álvarez, 2007). Además, la DO puede ser presentada como una revalorización del producto, la reinención de las tradiciones con el cambio tecnológico en los procesos productivos y de transformación y la resignificación de la calidad (Rodríguez, 2001).

3. 9 Sistemas de producción leche y queso en Chiapas

La ganadería bovina ha sido una forma usual de explotación de la productividad vegetal del trópico. Originalmente se dedicó a los sistemas de producción de carne y luego se introdujo la ordeña estacional a una parte de las vacas, para obtener ingresos que cubrieran los costos de operación, como el pago de mano de obra. La leche se dirigió en gran medida al abastecimiento del consumo local para queserías pequeñas o como leche fresca; posteriormente se estableció en muchas regiones tropicales la industria procesadora con gran capital y volumen de captación (Guerrero, 2002). En el estado de Chiapas, México, la ganadería pudo extenderse a costa de la ampliación de la frontera agropecuaria sobre bosques y selvas (Villafuerte *et al.*, 1987).

El sistema de doble propósito se caracteriza por ordeñar a las vacas con la estimulación del becerro al pie, el destete frecuentemente coincide con el final de la lactancia (Wadsworth, 1992). La ganadería de doble propósito, se compone generalmente de hatos pequeños de cruces Cebú con Holstein,

Suizo y otras razas especializadas. Estas vacas tienen un periodo de lactancia aproximadamente de 120 a 150 días que coincide con la época de lluvias, la ordeña se hace en forma manual, se utiliza la monta directa, la cría del becerro se realiza con amamantamiento restringido y destete a los 8 o 10 meses de edad (Santos, 1996).

Gómez y colaboradores (2002), identificaron y caracterizaron tres tipos de sistemas ganaderos de doble propósito en la zona Centro de Chiapas, los cuales se describen a continuación:

Los ranchos semi-extensivos aglutinan al mayor número de unidades de producción, cuyos terrenos son utilizados principalmente para potreros, quedando una superficie cercana al 18% destinada al cultivo de maíz. En este grupo de ranchos predominan las áreas de pastizales y en pequeña proporción parcelas de maíz y acahuales. Esta es la ganadería de doble propósito convencional de la región; que consiste en ranchos de mediana extensión (67.5 ha), con aproximadamente 100 cabezas de ganado, de las cuales 20 son vacas produciendo alrededor de $5 \text{ kg leche día}^{-1} \text{ vaca}^{-1}$, con becerro al pie y 4 kg por hectárea de terreno. Con una deficiencia marcada de forraje en los primeros meses del año. Cuando la presencia de forraje en los potreros es prácticamente nula, el ganado es llevado a parcelas de maíz y alimentado principalmente con rastrojo, en consecuencia se reduce la producción láctea. Ante esta situación el productor complementa la dieta con otros subproductos disponibles, como grano de maíz molido y melaza; sin embargo, no se evita que la producción en los meses de mayor escasez (de febrero a mayo) baje a sólo tres kg de leche

por ordeño. Los becerros y toretes se venden para ser engordados principalmente en el norte del país, mientras que las vacas de desecho son comercializadas localmente. La leche se vende principalmente a la empresa transnacional Nestlé y en segundo término a queserías particulares. Esta preferencia por la Nestlé se puede explicar porque aunque les paga un precio relativamente bajo por litro de leche, lo mantiene fijo a lo largo del año, por lo tanto da certidumbre al productor, mientras que los queseros varían el precio de la misma dependiendo de la oferta. En tiempo de secas la leche se compra a un precio mayor que en la época de lluvias.

En los ranchos semi-intensivos el cultivo de maíz es prioritario para el productor, por lo tanto, dedican, de acuerdo al tamaño de la explotación, grandes parcelas para el cultivo del mismo, llegando a ocupar hasta el 60% del predio. El grupo representa el 16.7%, posee un promedio de 58 cabezas de las cuales 15 vacas lactantes, cuya producción de leche por ordeño es similar al grupo anterior (5 kg), pero significativamente superior en cuanto a producción por hectárea ($7.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$). Aunque la productividad es menor a otros sistemas especializados en leche de otras regiones tropicales, este es un grupo que presenta mejor eficiencia en el uso del suelo y de los recursos disponibles, y por lo tanto un aprovechamiento más integral de la asociación ganado-maíz. Lo cual se hace evidente debido a que se le dedica una gran parte del predio al cultivo de maíz. La mayor intensidad en el uso del suelo se debe a que la mayoría de los terrenos se utilizan para producir pastos y cultivos, algunos de ellos se ubican en vega de ríos o cuentan con riego, tienen el abasto necesario

de granos y rastrojos para la época seca, realizan un mejor manejo animal y tienen animales más aptos para la producción lechera (Pardo Suizo, Holstein y algunas cruas con Cebú). Es importante resaltar que en este grupo la producción láctea logró un repunte desde marzo hasta mayo, lo que se explica por las estrategias de suplementación practicadas por los productores en este periodo. Los ranchos semi-intensivos se basan en potreros de estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*), dejándose frecuentemente descansar en los meses críticos (febrero, marzo y abril). En estos meses los animales se mantienen rastrojeando en parcelas de maíz y se suplementan en el corral con una ración balanceada. En este tipo de ranchos parecen quedar cubiertas las necesidades de materia seca, si se toma en cuenta que se cultivan de 20 a 30 ha de maíz con producciones promedio de 2.6 ton ha^{-1} , y se mantienen sólo a 15 vacas lactantes. Además del rastrojeo en parcela, se suministra a los animales raciones balanceadas con rastrojo de maíz molido, rastrojo de frijol molido, maíz molido y pollinaza. No obstante, que estos ranchos tienen una mejor estrategia alimenticia, no se cuenta con técnicas que efficienten el aprovechamiento del rastrojo por los animales. La comercialización de los productos del rancho se realiza de la misma forma que el grupo anterior.

Se identificó un pequeño grupo de ranchos extensivos, los cuales cuentan con un área importante de montaña y acahual, que llega a cubrir hasta 40% de la superficie que frecuentemente corresponden a tierras de ladera incomunicada, representan sólo el 7.3% de los ranchos y son de mayor tamaño (95 ha), con cerca de cien cabezas de ganado y 22 vacas en lactación. Estos ranchos

dependen más de la ampliación de los potreros mediante la roza-tumba-quema, que de la intensificación en el uso de los recursos. Un problema común para este tipo de ranchos es el sobrepastoreo y la subsecuente degradación de pastizales, quedando por consecuencia áreas prácticamente inutilizadas. En este grupo se optó por dejar de ordeñar a las vacas de enero a mayo, con el propósito de que los becerros tomen toda la leche y alcancen un mejor peso y precio a la venta. Esto significa que en el periodo de mayor escasez de forraje, este sistema se orienta a la producción de carne, mermando así la producción de leche. La comercialización de becerros, toritos, vacas de desecho y leche se realizan de la misma forma que en los otros grupos. El tipo de tenencia de la tierra es de pequeña propiedad y cuentan con cierto nivel de acceso a infraestructura y equipo necesario por lo que no se pueden considerar de escasos recursos. Sin embargo, son ranchos grandes con baja intensidad en el uso de la tierra, lo que hace que se identifiquen como ranchos extensivos. En este grupo es apremiante iniciar mecanismos para el restablecimiento de pasturas degradadas, de tal forma que son necesarias alternativas tecnológicas sostenibles que mejoren el aprovechamiento de los recursos naturales. Los ranchos extensivos cuentan con más infraestructura que los otros grupos, lo cual se puede explicar porque son propiedades de productores con mayor extensión de terreno y recursos económicos, que les da posibilidad de comprar tractores, maquinaria y contar con mejores instalaciones; sin embargo, el aprovechamiento de las áreas de pastoreo no siempre es satisfactorio.

Los grupos se distinguen entre sí dependiendo de la distribución en el uso del suelo (pasto vs parcelas de maíz, y pasto vs acahuals y/o montaña) dentro del rancho. El grupo semi-intensivo se separa de los otros grupos por presentar mayor extensión de parcelas de maíz, lo cual mejora el nivel de intensificación, y alcanza los mejores niveles de producción de leche, aun en los meses más críticos. El grupo extensivo presenta la mayor superficie de montaña y acahual. Es importante hacer notar que este último grupo incluye ranchos en los que ha existido una importante deforestación, por lo mismo, se aprecia un área importante de acahual y grandes áreas de pastizales degradados e improductivos. La diferenciación socioeconómica y la heterogeneidad ecológica y tecnológica identificada en los tres sistemas de producción conducen a su vez a una diferenciación productiva, en consecuencia, no puede esperarse que las medidas de política económica, social o de investigación sean homogéneas para toda la región estudiada.

3. 10 Queso Crema de Chiapas

El Queso Crema producido de forma artesanal en el estado de Chiapas es elaborado solamente con leche fluida y algunos aditivos permitidos, presenta características fisicoquímicas, mecánicas y sensoriales distintivas; debido a la calidad de la leche y a las condiciones climáticas de la región que ayudan a diferenciar la flora microbiana presente en cada una de las etapas de elaboración. El Queso Crema de Chiapas, es uno de los quesos más emblemáticos del Estado elaborado con leche cruda (Villegas, 2009). De

acuerdo a Ortiz *et al.* (2010), este queso pudo tener sus inicios en 1890 en la región norte del Estado.

La leche con la que se elabora el queso proviene exclusivamente de ganado propio de la región este es de la raza Suizo Europeo, Suizo Americano y Cebuino (que comprende a razas de Cebú, Indobrasil, Gineta. Brahmán y Nelore, que presentan características particulares para sobrevivir bajo un sistema extensivo y en un terreno demasiado agreste, con únicas condiciones durante el estiaje, las que se manifiestan por la falta de alimento y de agua durante esa temporada, No obstante, durante el temporal de lluvia el ganado se alimenta solo de praderas naturales con pastos nativos de la región de la variedad gramas y es sometido a la ordeña diaria. Este panorama es la razón de la peculiar composición de la leche y, por consecuencia, lo que permite que el queso tenga características distintivas.

Dentro de la región de producción de queso Crema se encuentran ranchos grandes y pequeños que se dedican principalmente a la cría de ganado bovino para su venta, sin embargo algunos de ellos ordeñan a las vacas para la venta de la leche, cuyos recursos se destinan al salario de sus trabajadores en los ranchos. La ordeña en la mayoría de los casos es manual, la leche se colecta en botes lecheros que son trasladados hasta las queserías, donde generalmente se elabora el queso Crema, cuyo proceso se describe en la Figura 2.

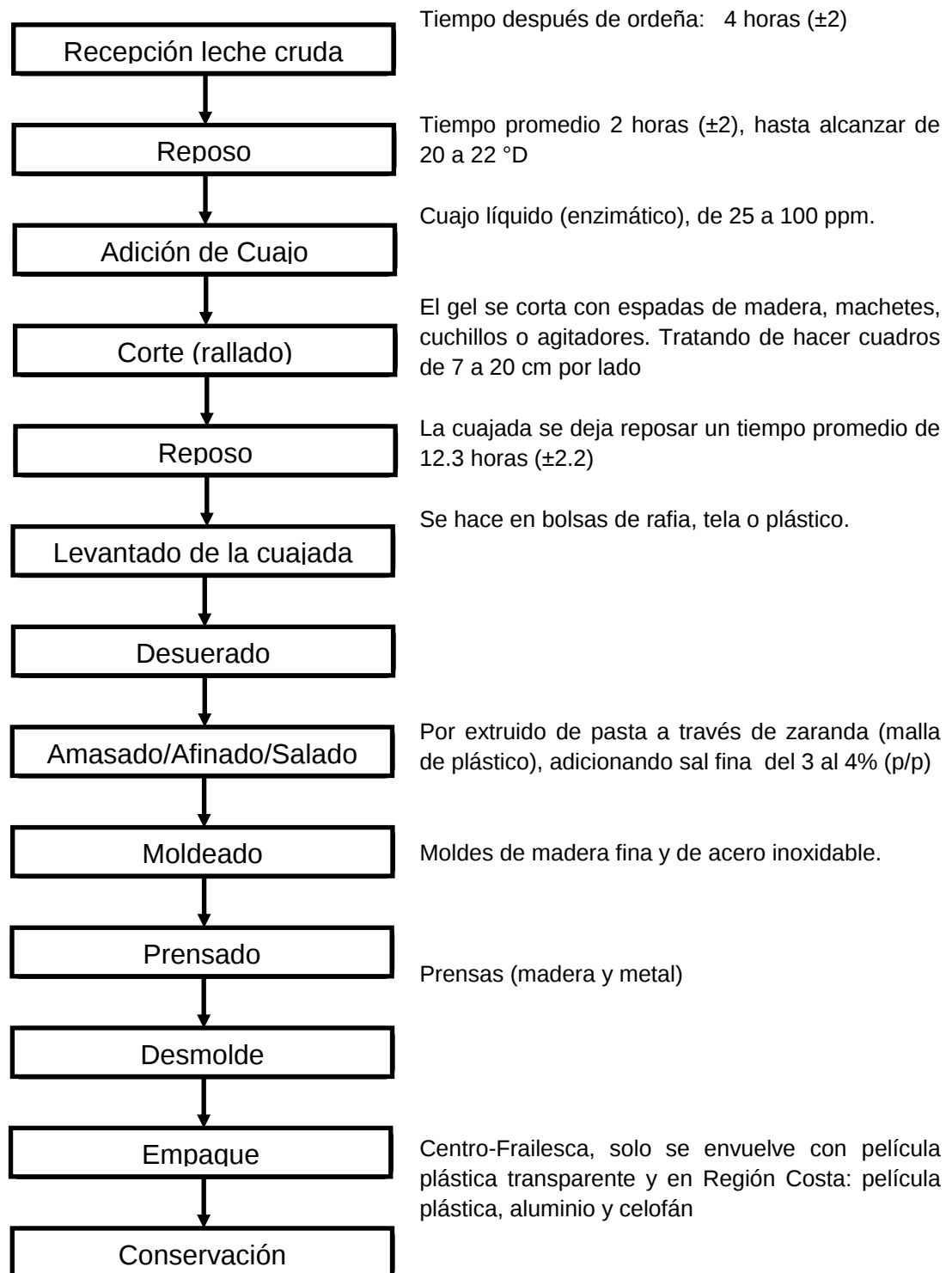


Figura2. Proceso de elaboración del queso Crema de Chiapas.

Recepción de la leche. La leche llega a la quesería entre las 10 y 14 horas, se eliminan impurezas toscas (insectos, pelo, residuos de alimento, etc.) y se coloca en grandes bandejas o tinas que pueden ser de acero inoxidable o plástico. Dependiendo de la temperatura ambiente y el tiempo de recorrido la leche se encuentra en un intervalo de 16 a 22°D de acidez.

Reposo. Para que la leche desarrolle un poco más de acidez y adicionar el cuajo se deja la leche reposar en lugares frescos a temperatura ambiente. En algunas queserías este paso no se efectúa y el cuajo se adiciona a la llegada de la leche puesto que su acidez desarrollada ya es avanzada (v.g. 20-22 °D).

Cuajado. Se adiciona cuajo utilizado líquido, enzimático; de renina, pepsina o de origen microbiano; en un rango de 25 a 100 ppm de cuajo en leche (cuando la fuerza de cuajo es de 1 a 10000). El cuajo se diluye en agua para poder adicionarse a la leche y se mezcla con agitador para asegurar una dispersión homogénea. El tiempo que transcurre hasta llegar a la siguiente etapa varía entre 2 a 8 horas, dependiendo de las condiciones de la leche; acidez, temperatura y de la fuerza del cuajo utilizado.

Corte (rallado). Se lleva a cabo con ayuda de “espadas de madera”, generalmente; sin embargo también se utilizan otros instrumentos como agitadores o machetes. El corte se hace de manera transversal y longitudinal, tratando de formar “cuadros” que van de los 7 a los 20 cm, el tamaño de corte depende de la temperatura ambiente ya que cuando ésta es alta el tamaño del cuadro debe ser mayor y viceversa.

Reposo de la cuajada. Con el objetivo de desarrollar acidez, a través de la fermentación láctica, la cuajada se deja en la tina con el suero. El aumento en la concentración de ácido láctico se lleva a cabo por 12 horas aproximadamente.

Levantado de la cuajada. Los bloques de cuajada que se forman cuando se realizó el corte son colocados en contenedores que permiten atrapar la cuajada mientras que el suero escurre, lo más común es el uso de costales de rafia aunque también se ocupan bolsas de tela. El pH que alcanza la cuajada en este punto es alrededor de 4.5.

Desuerado. La pasta o cuajada contenida en costales se deja reposar varias horas hasta dejar la pasta en las condiciones de humedad adecuada para poder amasarla. Los costales o bolsas se cuelgan para favorecer el escurrimiento del suero y en ocasiones se acelera el desuerado con ayuda de prensas.

Amasado/Afinado/Salado. La pasta se amasa con las manos tratando de reducir el tamaño de partícula y se extrude sobre una zaranda por la cual pasa la pasta; en esta etapa también se agrega la sal fina, en una cantidad que oscila del 3 al 4% p/p con respecto al total de pasta.

Moldeado. La pasta se coloca en moldes, los cuales son de madera y en algunos casos de acero inoxidable.

Prensado. Los moldes con la pasta, se colocan en la prensa, ya sea de madera o metálica entre 20 y 24 horas. Las prensas operan con un dispositivo con tornillo que comprime la pasta contenida en los moldes.

Desmolde. El queso se saca de los moldes y se cortan los bordes para dejar un prisma rectangular. Recién desmoldado el pH de las piezas de queso oscila entre 3.8 a 4.2 (generalmente a los tres días de haber iniciado la fabricación).

Empaque.El producto final se acondiciona para ser llevado al mercado, en la zona Centro-Frailesca el queso se envuelve en Clean Pack y se le coloca la etiqueta, mientras que en la Costa se emplean tres capas de material; de adentro hacia afuera, película de plástico, aluminio y celofán de color amarillo generalmente.

Conservación. En la región Centro-Frailesca, el producto terminado, ya empacado, se coloca en refrigeración (cerca de 4 °C); y en la región Costa se mantiene a temperatura ambiente.

3. 11 Características de la zona de estudio

Región Costa

Pijijiapan: se encuentra asentado en los límites de la Sierra Madre y de la Llanura Costera del Pacífico, presentando un relieve variado montañoso al noroeste y plano al suroeste. Sus coordenadas geográficas son 15° 41' N, 93° 13' W. Limita al norte con Villa Corzo y La Concordia, al este con Mapastepec, al sur con el océano Pacífico, al Oeste con Tonalá. Atraviesan el territorio municipal los ríos Margaritas, Jericó, San Isidro, Central, Urbana, Pijijiapan y Coapa. El clima es cálido subhúmedo en las partes bajas y semicálido - húmedo en las montañas. El 55% de la población económicamente activa realiza actividades agropecuarias.

Región Centro-Frailesca

Ocozocoautla: está ubicado en la parte occidental del Estado, abarcando parte de la Depresión Central y de las Montañas del Norte. Sus coordenadas geográficas son 16° 45' N y 93° 22' W. Su altitud es de 820 msnm, colinda al norte con Tecpatán, al este con Berriozábal, Tuxtla Gutiérrez y Suchiapa, al sur con Villaflores y al oeste con Jiquipilas y Cintalapa. El clima varía de cálido subhúmedo a cálido-húmedo según la zona, por lo que el tipo de vegetación es de selva media y alta. El 53% de la población económicamente activa realiza actividades agropecuarias

Villa Corzo: se localiza en los límites de la Sierra Madre y de la Depresión Central, predominando el relieve montañoso, sus coordenadas geográficas son 16° 11' N y 93° 16' W. Su clima varía según la altitud: cálido subhúmedo con lluvias en el verano en las partes bajas y semicálido húmedo en la sierra. La vegetación es de selva baja y bosque de pino-encino. El 63% de la población económicamente activa realiza actividades agropecuarias.

Villaflores: se localiza en los límites de Depresión Central y de la Sierra Madre, predominando el relieve montañoso. Sus coordenadas geográficas son 16° 14' N y 93° 16' W. Su clima varía según la altitud: cálido subhúmedo con lluvias en el verano y semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano. El 49% de la población económicamente activa realiza actividades agropecuarias.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4. 1 Muestreo

A partir del padrón de queseros registrados en la Asociación de Productores de Queso Crema S.P.R. de R. L., se seleccionaron ocho queserías, cuatro del Centro-Frailesca (Municipios de Villaflores, Villacorzo y Ocozocuatla) y cuatro de la Costa (Municipio de Pijijiapan). Los criterios para seleccionar las queserías fueron: prestigio de la quesería, percibido por consumidores, años elaborando quesos y un volumen de producción mayor de 200L diarios de leche. El muestreo se realizó en la época de lluvias, agosto del 2010, y en la época de secas en abril del 2011.

Se colectaron por triplicado muestras de 50mL de leche de la tina, previamente mezclada, y fueron guardadas en recipientes estériles de plástico de 90 mL con tapa hermética a los cuales se les adicionó 70mg de dicromato de potasio, como conservador. Las muestras fueron colectadas en termos a 5°C y trasladadas a laboratorios de investigación del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo, y analizadas en un periodo de 48h después.

De los quesos elaborados de cada tina de leche muestreada se tomaron 6 y 3 piezas de un kilogramo, respectivamente en cada época. Los quesos de la región Centro-Frailesca se almacenaron y transportaron a 5°C, y los de la Costa fueron almacenados a temperatura ambiente, $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, debido a que así se almacenan y comercializan normalmente.

Los análisis instrumentales y sensoriales se realizaron en tres piezas de queso de cada quesería, los primero cinco a once días posteriores de su elaboración, en los laboratorios de los Departamentos de Ingeniería Agroindustrial, Zootecnia y Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

4. 2 Análisis químico proximal y fisicoquímico

Leche

De las muestras de leche se determinó proteína, caseína, grasa, lactosa y densidad con en el equipo MilkoScan (Foss Electric, tipo 71200, Dinamarca) del laboratorio del Posgrado del Departamentos de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Queso

De las muestras de queso se determinó humedad (método 926.08; AOAC, 1995), cenizas (método 935.42; AOAC, 1995), proteína (método 920.123; AOAC, 1995), NaCl (método 935.43; AOAC 1995), Ca^{+2} (método 991.25; AOAC, 1995) y contenido de grasa por el método de Soxhlet (James, 1999).

La actividad acuosa fue medida con un equipo Aqualab Serie 3 (Decagon, WA, EUA), a 25° C. El pH de los quesos se midió con un potenciómetro, HI 98230, (Hanna Instruments, Italia) calibrado con buffers de pH 4 y 7 (Sigma de México, México). Para medir el color de los quesos se utilizó un espectrofotómetro MiniScan 45/0 LAV (Hunter Associates Laboratory, EUA), a partir de los datos obtenidos con la escala Cielab, el iluminante D₆₅ y un ángulo del observador humano de 10°, se calcularon la luminosidad, pureza de color, el ángulo de tono y el índice de amarillamiento (YI D1925 2/C).

4. 3 Análisis de Perfil de Textura

Muestras cilíndricas de 10 mm de espesor y 15 mm de diámetro fueron obtenidas de la parte central de cada queso con un perforador metálico. Las muestras fueron analizadas aplicando el Análisis de Perfil de Textura (TPA) en un analizador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, RU) con una celda de carga de 5 Kg. Las muestras fueron comprimidas uniaxialmente a una deformación del 50 % empleando un disco acrílico de 35mm de diámetro (A/BE35), a velocidades de pre-ensayo, ensayo y post-ensayo del cabezal de 1mm s⁻¹. La dureza, adhesividad, cohesividad, resorteo y masticabilidad de los quesos fue calculada a partir de las curvas de TPA obtenidas.

4. 4 Análisis Reológico

Se realizaron pruebas oscilatorias dinámicas de baja amplitud utilizando un Reómetro Paar Physica MCR 301 (Physica Messtechnik, Stuttgart, Alemania) con una geometría rugosa de plato paralelo de 50 mm de diámetro. Muestras

de queso de 0.5 cm de espesor y 5 cm de diámetro, fueron cortadas de la parte central de los quesos y colocadas en el disco rugoso de la geometría. Con el objetivo de controlar la fuerza aplicada por la geometría a las muestras, se ajustó la fuerza normal a 0.5 N en todas las determinaciones. Se determinó la región visco elástica lineal mediante barridos de amplitud de 0.01% a 100% a una frecuencia de 5 Hz y de frecuencia de 0.001 a 100 Hz a una amplitud de 0.01%. Posteriormente se analizaron los cambios en las propiedades viscoelásticas de los quesos mediante una prueba oscilatoria con barrido de amplitud a una frecuencia de 5 Hz. A partir de los espectros mecánicos se determinaron los valores de los módulos de almacenamiento (G') y de pérdida (G'') y la tangente de pérdida ($\tan \delta$), en la zona viscoelástica lineal. Debido a que en los reogramas obtenidos se observaron diferentes valores de deformación en los que hubo cambios en el comportamiento viscoelástico de los quesos: de viscoelástico sólido a viscoelástico líquido (zona donde $G' = G''$), se determinaron los valores de deformación en los que ocurrieron estos cambios.

4. 5 Análisis sensorial descriptivo

Con el análisis secuencial y a través de pruebas triangulares se llevó a cabo una selección de panelistas, a partir de una población de 30 personas. Se empleó un $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.05$, $P_0 = 0.33$, $P_1 = 0.666$ y $P_d = 0.5$. Nueve panelistas fueron seleccionados (6 mujeres y tres hombres, de entre 20-27 años). Los panelistas tuvieron un entrenamiento de 30 horas para familiarizarse con la metodología, escala y los atributos a evaluar. Los panelistas describieron las

muestras de queso para generar descriptores de los mismos. Cada miembro del panel evaluó cada queso individualmente y describió los atributos identificados. El líder del panel junto con el panel, por consenso, definieron los descriptores del Queso Crema de Chiapas, utilizando tres quesos diferentes por sesión, en cuatro sesiones. Las referencias fueron propuestas por los panelistas y sus intensidades fueron ubicadas en las escalas de intervalo de 15 cm (0=nada, 15=extremadamente fuerte). Muestras en forma de cubos de dimensiones de 3.0 x 2.0 x 1.0 cm fueron servidas en vasos de plástico codificados con números aleatorios de tres dígitos. Los panelistas evaluaron en forma aleatoria cuatro quesos por día, cada queso fue evaluado por triplicado. Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcela dividida, donde los panelistas fueron considerados los bloques y se analizó la interacción panelista tratamiento para evaluar el desempeño del panel. La evaluación se llevó a cabo en un laboratorio sensorial en cabinas individuales. Los panelistas siempre tuvieron disponibles vasos con agua y las referencias.

4. 6 Pruebas con consumidores

La prueba con consumidores fue realizada diez días después de la elaboración del queso. Los sesenta consumidores incluían estudiantes y trabajadores de la Universidad Autónoma Chapingo y personas ajenas a la misma, cuyas edades fluctuaron de 15 a 55 años. Las muestras de quesos fueron presentadas en cubos de 2 cm³ y presentadas en vasos de plástico codificados con números aleatorios de tres dígitos en orden contra balanceado. Las muestras fueron mostradas monódicamente y evaluadas para aceptabilidad por atributos y

aceptabilidad global, usando una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente.

4. 7 Análisis microbiológico

Se cuantificaron mesófilos aerobios y coliformes totales mediante cuentas totales, utilizando Placas Petrifilm™ 3M™. Una muestra de queso de 10g se tomó del centro, en condiciones asépticas y se depositó en frascos previamente esterilizados con 90mL de agua y se homogenizó mediante agitación. Se obtuvieron diluciones 10^{-5} tomando alícuotas de 1mL y depositando en tubos con 9 mL de agua estéril. Las placas Petrifilm™ fueron inoculadas con 1 mL de las diluciones e incubadas a 33°C por 48h para mesófilos y a 33°C por 24h para coliformes.

4. 8 Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado para cada región fue completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 (factor A: quesería y factor B: época de producción) (Cuadro 1), con tres repeticiones de cada tratamiento. El factor quesería representó, en la leche, el efecto general de las condiciones de producción, colecta y transporte de la leche mezclada en cada unidad de producción; en el queso representó el efecto del proceso de elaboración adoptado en cada unidad de producción sobre sus propiedades. El factor época representó, en la leche, el efecto general del cambio de alimentación del ganado sobre las propiedades de la leche; en el queso representó el efecto de la composición de la leche sobre las propiedades del queso en cada época.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos para cada región de estudio.

		Época de producción	
		Lluvias	Secas
Quesería	Q1	T1	T5
	Q2	T2	T6
	Q3	T3	T7
	Q4	T4	T8

T1- T8: tratamientos

Se utilizó un modelo lineal para las variables fisicoquímicas, químicas proximales, texturales, reológicas y microbiológicas medidas en las muestras de queso, de la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$$

Donde μ fue la media poblacional observada, α_i fue el efecto principal a nivel i del factor A (quesería), β_j fue el efecto principal a nivel j del factor B (época), $\alpha\beta_{ij}$ es el efecto de la interacción a nivel i del factor A y el efecto principal a nivel j del factor B (Díaz, 2009). Las variables se analizaron según el modelo mediante el procedimiento de Modelos Lineales Generalizados (GLM) con el paquete estadístico SAS V8, además se solicitó la estimación de las medias corregidas por mínimos cuadrados (LSMEANS) y la probabilidad de la diferencia entre dos medias (PDIFF), la cual usa la prueba de t para las comparaciones. En las estimaciones del LSMEANS del SAS, las medias son ajustadas por las variaciones de los efectos residuales, cuando se observa la significancia correspondiente (SAS, 2008).

Las variables descriptivas y de aceptabilidad de las muestras de queso fueron analizadas de forma individual y en conjunto por métodos estadísticos univariados y multivariados. Para los datos descriptivos se usó análisis de varianza con comparación de medias usando el procedimiento LSD y análisis de componentes principales (PCA), para este último los datos fueron centrados y estandarizados y se les aplicó validación cruzada utilizando el software Unscrambler.

Para establecer la relación entre las variables composicionales de la leche y el queso, entre las variables composicionales y las variables texturales, reológicas, descriptivas y de aceptabilidad se realizaron regresiones de mínimos cuadrados PLS2 para explicar las variaciones en las medidas de las variables dependientes a través de las variaciones de las medidas de las variables independientes. Adicionalmente, se realizaron regresiones PLS1 para explicar las variaciones de las medidas de las variables dependientes, de mayor importancia en la regresión PLS2, a través de las variaciones en las medidas de las variables independientes utilizando el software Unscrambler. La regresión PLS se basa en encontrar un modelo de regresión lineal mediante la proyección de las variables dependientes e independientes consideradas en un nuevo espacio. Este nuevo espacio es creado considerando nuevas variables denominadas factores del PLS, los cuales son generados utilizando combinaciones lineales de las variables dependiente e independientes consideradas en el análisis.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Propiedades fisicoquímicas y químicas proximales

Leche

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables de respuesta de la leche utilizada en la región Costa para los factores de estudio se muestran en el Anexo1. La interacción de los factores época y quesería tuvo efecto significativo ($p<0.05$) en el contenido de proteína, caseína y lactosa de la muestras de leche analizadas. La época de producción tuvo efecto significativo ($p<0.05$) en el contenido de grasa y la relación caseína/proteína. La quesería tuvo efecto significativo ($p<0.05$) en el contenido de grasa y las relaciones caseína/proteína y grasa/proteína.

El efecto de las variables independientes y en su caso la interacción de estas sobre las propiedades de las muestras de leche utilizada en la elaboración del queso en la región Costa se muestra en el Cuadro 2. El contenido de proteína, caseína y lactosa fueron diferentes en la leche de las cuatro queserías de la región Costa y mayores en la época de lluvias, aunque el contenido de caseína en la leche de la unidad Q3 y el contenido de lactosa de la leche de las unidades Q2 y Q3 fue igual en ambas épocas de producción.

Cuadro 2. Propiedades químicas proximales de la leche utilizada en la elaboración de Queso Crema de Chiapas en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.

Proteína (%)						
Q	Lluvias			Secas		
Q1	3.34	±	0.01 ^{a A}	3.22	±	0.00 ^{ab B}
Q2	3.65	±	0.11 ^{b A}	3.34	±	0.01 ^{bc B}
Q3	3.32	±	0.01 ^{a A}	3.28	±	0.01 ^{abc B}
Q4	3.52	±	0.00 ^{c A}	3.27	±	0.02 ^{ab B}
Caseína (%)						
Q	Lluvias			Secas		
Q1	2.64	±	0.01 ^{a A}	2.52	±	0.01 ^{ab B}
Q2	2.81	±	0.06 ^{b A}	2.55	±	0.00 ^{abc B}
Q3	2.58	±	0.01 ^{c A}	2.56	±	0.00 ^{abc A}
Q4	2.81	±	0.01 ^{b A}	2.58	±	0.01 ^{bc B}
Lactosa (%)						
Q	Lluvias			Secas		
Q1	4.71	±	0.02 ^{ac A}	4.58	±	0.05 ^{a B}
Q2	4.61	±	0.13 ^{ab A}	4.53	±	0.04 ^{a A}
Q3	4.52	±	0.02 ^{b A}	4.56	±	0.03 ^{a A}
Q4	4.74	±	0.00 ^{ac A}	4.57	±	0.04 ^{a B}

Grasa (%)								
Q	Lluvias			Secas			PQ	
Q1	3.66	±	0.13	3.27	±	0.11	3.47	± 0.24 ^a
Q2	3.06	±	0.69	2.59	±	0.17	2.82	± 0.52 ^b
Q3	3.36	±	0.06	3.43	±	0.02	3.40	± 0.06 ^a
Q4	3.81	±	0.01	3.48	±	0.11	3.65	± 0.19 ^a
PE	3.47±0.43 ^A			3.19±0.39 ^B			--	
Caseína/Proteína								
Q	Lluvias			Secas			PQ	
Q1	0.79	±	0.00	0.78	±	0.00	0.79	± 0.01 ^a
Q2	0.77	±	0.01	0.76	±	0.00	0.77	± 0.01 ^b
Q3	0.78	±	0.00	0.78	±	0.00	0.78	± 0.00 ^c
Q4	0.80	±	0.00	0.79	±	0.00	0.79	± 0.01 ^d
PE	0.78±0.01 ^A			0.77±0.01 ^B			--	
Grasa/Proteína								
Q	Lluvias			Secas			PQ	
Q1	1.10	±	0.04	1.02	±	0.03	1.06	± 0.05 ^a
Q2	0.84	±	0.20	0.77	±	0.05	0.81	± 0.14 ^b
Q3	1.01	±	0.02	1.05	±	0.00	1.03	± 0.02 ^a
Q4	1.08	±	0.00	1.06	±	0.04	1.07	± 0.03 ^a

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

Q: quesería, PQ: promedio por quesería, PE: promedio por época.

El contenido de grasa y la relación caseína/proteína tuvieron valores mayores en la época de lluvias, Briñez *et al.* (2003), no encontraron efecto de la época de producción sobre el contenido de grasa, sólidos no grasos y lactosa en la leche, sin embargo si observaron efecto del mestizaje, numero de parto y etapa de lactancia sobre dichas variables.

El contenido de grasa y las relaciones caseína/proteína y grasa/proteína de la leche fueron menores en la unidad Q2, lo que nos podría indicar que el descremado de la leche es una práctica en esta quesería.

La leche utilizada en la elaboración de queso Crema en la región Costa cumplió con los parámetros indicados en las Normas NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y NOM-155-SCFI-2003. El contenido de caseína en la leche utilizada en la región Costa fue de 2.52 a 2.81%, el contenido de proteína fue de 3.22 a 3.65%, comparable con el encontrado por Martínez *et al.* (2010) en leche proveniente de las cruas de ganado criollo y Guzerat (3.56 a 3.88%). El contenido de grasa en la leche utilizada en la región Costa fue de 2.82 a 3.65%, comparable con el encontrado por Martínez *et al.* (2010), sin embargo, fue menor en comparación con el obtenido por Briñez *et al.* (2003), en leche proveniente de cruas Suizo y Cebú (4.79%). El contenido de lactosa fue de 4.52 a 4.74% comprable con el obtenido por Martínez *et al.* (2010), de 4.71 a 4.82%.

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables de respuesta de la leche utilizada en la región Centro-Frailesca para los factores de estudio se muestran en el Anexo 2. Para todas las variables dependientes, las variables

independientes y sus interacciones tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a excepción de la relación caseína/ proteína donde el efecto de la época no fue significativo.

Los valores promedio de las propiedades de la leche utilizada en las cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año se muestran en el Cuadro 3, se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) para las variables químicas proximales de la leche, para las queserías en cada época y para la época en cada quesería, es decir, el sistema de producción, colecta y transporte de la leche de la región Centro-Frailesca tuvo efecto sobre las variables de la leche.

Los mayores contenidos de grasa, proteína y lactosa en la leche (de 3.04 a 4.01%, de 3.12 a 3.53 % y de 4.81 a 4.92%, respectivamente) se observaron en la época de lluvias en cada unidad de producción.

El contenido de lactosa en la leche fue menor en la época de secas (4.59 a 4.72%), Wattiaux (2010), indicó que la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación, por lo que el menor contenido de lactosa pudo deberse a que el ganado se encontraba al final de la lactación o había problemas de mastitis ya que estos dos factores afectan a membrana de las células de los mamocitos provocando un incremento en la presión osmótica, que para reajustarse la concentración de lactosa se reduce.

Cuadro 3. Propiedades químicas de la leche utilizada en la elaboración de Queso Crema de Chiapas en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.

Grasa (%)			Lactosa (%)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	3.04 ± 0.05 ^{a A}	2.74 ± 0.30 ^{a B}	Q5	4.90 ± 0.01 ^{abc A}	4.59 ± 0.15 ^{ab B}
Q6	3.65 ± 0.05 ^{b A}	3.58 ± 0.02 ^{b A}	Q6	4.92 ± 0.01 ^{ab A}	4.65 ± 0.04 ^{abc B}
Q7	3.54 ± 0.02 ^{b A}	3.96 ± 0.02 ^{c B}	Q7	4.81 ± 0.00 ^{ac A}	4.60 ± 0.09 ^{ab B}
Q8	4.01 ± 0.07 ^{c A}	3.68 ± 0.05 ^{b B}	Q8	4.82 ± 0.01 ^{abc A}	4.72 ± 0.02 ^{bc A}
Caseína (%)			Caseína/Proteína		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	2.55 ± 0.00 ^{a A}	2.42 ± 0.07 ^{a B}	Q5	0.82 ± 0.00 ^{a A}	0.77 ± 0.01 ^{a B}
Q6	2.75 ± 0.01 ^{b A}	2.49 ± 0.01 ^{b B}	Q6	0.82 ± 0.00 ^{a A}	0.79 ± 0.00 ^{bc B}
Q7	2.74 ± 0.01 ^{b A}	2.70 ± 0.01 ^{c A}	Q7	0.81 ± 0.00 ^{b A}	0.79 ± 0.00 ^{bcd B}
Q8	2.85 ± 0.02 ^{c A}	2.74 ± 0.01 ^{c B}	Q8	0.81 ± 0.00 ^{b A}	0.80 ± 0.00 ^{cd B}
Proteína (%)			Grasa/Proteína		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	3.12 ± 0.01 ^{a A}	3.12 ± 0.06 ^{a A}	Q5	0.98 ± 0.01 ^{a A}	0.88 ± 0.11 ^{a B}
Q6	3.36 ± 0.01 ^{b A}	3.15 ± 0.02 ^{a B}	Q6	1.08 ± 0.01 ^{b A}	1.14 ± 0.00 ^{bc A}
Q7	3.40 ± 0.01 ^{c A}	3.42 ± 0.01 ^{b A}	Q7	1.04 ± 0.01 ^{ab A}	1.16 ± 0.00 ^{bcd B}
Q8	3.53 ± 0.02 ^{d A}	3.44 ± 0.01 ^{b B}	Q8	1.13 ± 0.02 ^{b A}	1.07 ± 0.02 ^{bd A}

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

Los menores contenidos de grasa, proteína y caseína se observaron en la leche utilizada en la unidad Q5 de esta región, en ambas épocas, lo que podría indicar que se descremó dicha leche.

En este estudio la época de producción mostró efecto significativo, ya sea como factor autónomo o en interacción con la unidad de producción, debido a que la diferencia en precipitación pluvial entre épocas del año en el Estado de Chiapas es marcada (CONAGUA, 2011) y por ende la calidad y cantidad de alimento del ganado junto con otros factores afectan la composición de la leche.

Queso

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables químicas proximales y fisicoquímicas del queso Crema de la región Costa para los factores de estudio se muestran en el Anexo 1. Para todas las variables dependientes, la interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$), a excepción del contenido de calcio, el cual tuvo efecto significativo de la época de producción.

Los valores promedio de las propiedades químicas proximales del queso elaborado en las cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año se muestran en el Cuadro 4. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables evaluadas del queso, entre las queserías en cada época. Esto muestra el efecto de la calidad de la materia prima, el proceso de fabricación y manejo del queso, de cada quesería sobre las variables químicas proximales del queso.

Cuadro 4. Propiedades químicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.

Humedad (%)			Grasa (%)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q1	38.51 ± 0.71 ^{a A}	43.82 ± 0.69 ^{a B}	Q1	34.42 ± 1.26 ^{a A}	26.59 ± 0.43 ^{acd B}
Q2	37.03 ± 0.27 ^{b A}	56.05 ± 0.61 ^{b B}	Q2	37.76 ± 1.31 ^{b A}	11.90 ± 0.93 ^{b B}
Q3	42.68 ± 0.22 ^{c A}	38.19 ± 0.64 ^{c B}	Q3	29.35 ± 0.93 ^{c A}	28.65 ± 3.24 ^{ac A}
Q4	34.66 ± 0.23 ^{d A}	44.90 ± 0.83 ^{d B}	Q4	34.28 ± 1.14 ^{a A}	25.21 ± 2.92 ^{ad B}

Proteína (%)			Cenizas (%)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q1	20.49 ± 1.12 ^{a A}	18.22 ± 3.69 ^{a A}	Q1	4.12 ± 0.11 ^{a A}	8.44 ± 0.26 ^{a B}
Q2	23.35 ± 2.72 ^{abc A}	18.33 ± 1.59 ^{a B}	Q2	2.06 ± 0.09 ^{b A}	14.40 ± 0.37 ^{b B}
Q3	22.47 ± 3.34 ^{ab A}	19.56 ± 1.21 ^{a A}	Q3	2.92 ± 0.49 ^{c A}	5.32 ± 0.14 ^{c B}
Q4	27.15 ± 1.13 ^{bc A}	17.65 ± 0.12 ^{a B}	Q4	3.84 ± 0.03 ^{a A}	7.89 ± 0.24 ^{d B}

NaCl (%)					
Q	Lluvias			Secas	
Q1	5.68	±	0.02 ^{a A}	3.29	± 0.91 ^{a B}
Q2	2.76	±	0.07 ^{b A}	4.88	± 0.09 ^{b B}
Q3	4.39	±	0.34 ^{c A}	2.37	± 0.26 ^{c B}
Q4	5.09	±	0.23 ^{a A}	3.46	± 0.14 ^{a B}

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

Van Hekken (2006), sugiere que la época del año puede tener efecto en la dieta de las vacas y en la microflora presente en el queso y por tanto influir en la composición del queso, en queso Chihuahua, estos autores sugieren que la grasa es el componente más variable (22.5 a 35%) con el contenido más bajo en invierno, seguido de la proteína, (24.1 a 31.1%) con menor valor en verano y la humedad con mayor valor en invierno.

Generalmente cada quesería sigue el mismo proceso de elaboración del queso durante el año, por tanto las diferencias en las propiedades del queso entre épocas, en la misma quesería, son principalmente debidas a las propiedades composicionales de la leche utilizada en su elaboración, que pueden variar por diversos factores entre ellos la alimentación del ganado que como ya se mencionó cambia según la época. Sin embargo, las diferencias en las propiedades del queso entre queserías se deben al efecto del proceso de elaboración de cada quesería.

El contenido de humedad del queso producido en la región Costa fue diferente entre todas las unidades en ambas épocas, esto podría deberse a diferencias en el proceso de elaboración, principalmente en el prensado y la cantidad de sal adicionada a la cuajada. El queso producido en la mayoría de las unidades en la época de lluvias tuvo menor contenido de humedad, que coincide con el mayor contenido de NaCl, ya que la sal incrementan la presión osmótica, lo que elimina parte del agua atrapada en la red proteica de la cuajada (Pinho *et al.* 2004)

El contenido de grasa en el queso producido en la región Costa fue diferente entre todas las unidades en ambas épocas, el contenido de grasa en el queso producido en la unidad Q2 en época de secas fue menor, lo que sugiere que la leche utilizada en su elaboración había sido descremada previamente. El contenido de proteína fue similar entre las queserías en época de secas. En general el contenido de grasa y proteína fueron mayores en el queso de las unidades en la época de lluvias.

El contenido de cenizas fue estadísticamente diferente en el queso de todas las unidades en ambas épocas, el producido en la época de secas mostro mayores porcentajes. El contenido de NaCl fue mayor en los quesos producidos en la época de lluvias, a excepción del producido en la unidad Q2, probablemente esto se explica como una técnica de conservación aplicada en la época de lluvias cuando las condiciones de temperatura y humedad relativa la limitan.

El contenido de calcio en el queso fue mayor en la época de secas (0.174 %), Choi *et al.* (2008), reportan que a un pH bajo en la leche se reduce la repulsión electrostática en las caseínas disminuyendo las interacciones de calcio insoluble y por tanto se reduce el contenido total de calcio en el queso así como la densidad en la matriz de proteína, lo cual mejora el fundido del queso.

La relación entre las variables composicionales de la leche y del queso producidos en la región Costa se analizó con PLS2, los dos primeros factores explicaron el 95% de la varianza de los datos de composición de la leche

(variables independientes X) y el 62% de la varianza de los datos de la composición del queso (variables dependientes Y).

El contenido humedad, grasa y proteína del queso tuvieron mayor correlación con la composición de la leche utilizada para su elaboración ya que la grasa y proteínas (principalmente caseínas) de la leche permanecen en su mayoría en el producto final (Walther *et al.*, 2008) (Cuadro 5). Sin embargo, los coeficientes de correlación no fueron significativos estadísticamente, por lo que las diferencias en las propiedades químicas proximales del queso se deben principalmente a las diferencias en el proceso de elaboración del mismo.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales de las muestras de leche y queso Crema producidos en la región Costa.

Variables del queso	PLS2	PLS1
Humedad (%)	0.853	0.845
Cenizas (%)	0.702	0.706
Grasa (%)	0.810	0.801
Proteína (%)	0.752	0.833
Ca (%)	0.599	-

El queso producido en la región Costa cumplió con los parámetros indicados en la Norma NMX-F-713-COFOCALEC-2005, de acuerdo al contenido de humedad y grasa el queso se clasificó como semiduro y extragrasso.

Los valores promedio de las propiedades fisicoquímicas del queso elaborado en las cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año se muestran en el Cuadro 6. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables físicas evaluadas del queso, respecto a las queserías en cada época y a la época en cada unidad.

La a_w del queso fue diferente entre las queserías en cada época y entre épocas para cada unidad de producción, a excepción del queso producido en la unidad Q4 en donde la época no tuvo efecto sobre esta variable. El pH del queso fue diferente entre las unidades en ambas épocas, en la mayoría de los quesos producidos en la época de secas tuvo mayor pH, el cual está influenciado por el crecimiento de bacterias ácido lácticas en la leche, que sin duda es alto en leche cruda (Awad, 2006).

Las propiedades de color (luminosidad, índice de amarillamiento, tono y pureza de color) fueron estadísticamente diferentes en las muestras evaluadas de todas las queserías en las dos épocas y en las muestras de cada época en cada unidad de producción, a excepción del índice de amarillamiento y la pureza de color del queso producido en la unidad Q3.

Algunos factores que influyen las propiedades físicas y el aroma del queso son la composición de la leche, la acidificación inicial, la concentración de las sales de calcio, la proteólisis y otras reacciones de la maduración (Lucey, 2003).

Cuadro 6. Propiedades fisicoquímicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.

a_w				pH			
Q	Lluvias		Secas	Q	Lluvias		Secas
Q1	0.92	± 0.01 ^{aA}	0.95 ± 0.01 ^{aB}	Q1	3.89	± 0.02 ^{aA}	4.11 ± 0.02 ^{aB}
Q2	0.96	± 0.00 ^{bA}	0.92 ± 0.00 ^{bB}	Q2	3.89	± 0.09 ^{aA}	4.23 ± 0.00 ^{bB}
Q3	0.96	± 0.00 ^{bA}	0.93 ± 0.01 ^{cB}	Q3	3.81	± 0.03 ^{bA}	4.05 ± 0.03 ^{aB}
Q4	0.93	± 0.00 ^{cA}	0.94 ± 0.00 ^{cA}	Q4	4.25	± 0.06 ^{cA}	3.97 ± 0.02 ^{cB}
Luminosidad				Tono			
Q	Lluvias		Secas	Q	Lluvias		Secas
Q1	93.04	± 0.43 ^{ab A}	91.71 ± 0.43 ^{aB}	Q1	85.68	± 0.64 ^{aA}	74.45 ± 0.28 ^{aB}
Q2	92.34	± 0.39 ^{abc A}	93.42 ± 1.02 ^{bB}	Q2	86.74	± 0.66 ^{bA}	78.71 ± 0.53 ^{bB}
Q3	92.91	± 0.25 ^{ab A}	94.42 ± 0.18 ^{cB}	Q3	85.58	± 0.17 ^{aA}	87.42 ± 0.08 ^{cB}
Q4	91.86	± 0.38 ^{bc A}	94.86 ± 0.27 ^{cB}	Q4	87.55	± 0.31 ^{cA}	88.37 ± 0.18 ^{dB}
Amarillamiento				Pureza de color			
Q	Lluvias		Secas	Q	Lluvias		Secas
Q1	35.13	± 0.17 ^{aA}	43.50 ± 0.59 ^{aB}	Q1	19.54	± 0.14 ^{aA}	22.93 ± 0.37 ^{aB}
Q2	37.88	± 0.90 ^{bA}	33.40 ± 1.74 ^{bB}	Q2	21.37	± 0.60 ^{bA}	17.68 ± 1.10 ^{bB}
Q3	34.96	± 0.73 ^{aA}	35.15 ± 0.23 ^{cA}	Q3	19.39	± 0.46 ^{aA}	20.08 ± 0.16 ^{cA}
Q4	37.50	± 0.78 ^{bA}	30.53 ± 0.25 ^{dB}	Q4	21.17	± 0.51 ^{bA}	17.36 ± 0.12 ^{bB}

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

Gorewit (2003), indicó que una de las principales causas de las diferencias en el color de los lácteos es la concentración de carotenoides en la leche, reflejándose en el color del queso, desde luego debido también al colorante adicionado en el procesado del queso (Potter, 1978; Piggott y Mowat, 1997), como en este caso en la unidad Q1 en la época de lluvias adicionó achiote a su producto. Potter (1978), señaló que cuando las partículas de grasa se aglomeran en la leche, la blancura en la misma se reduce, resultando una tonalidad amarillenta que se observa fácilmente en la crema de la leche.

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables fisicoquímicas y químicas proximales del queso Crema de la región Centro-Frailesca, para los factores de estudio se muestran en el Anexo 2. Para todas las variables dependientes, la interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$).

Los valores promedio de las propiedades químicas proximales del queso elaborado en las cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año se muestran en el Cuadro 7. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables evaluadas del queso, respecto a las queserías en cada época y a la época en cada quesería.

Cuadro 7. Propiedades químicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.

Humedad (%)			Proteína (%)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	50.81 ± 0.13 ^{ab A}	42.07 ± 2.02 ^{a B}	Q5	16.66 ± 0.96 ^{aA}	17.35 ± 0.44 ^{aA}
Q6	48.52 ± 0.50 ^{abc A}	56.02 ± 3.19 ^{bB}	Q6	23.51 ± 3.28 ^{b A}	13.06 ± 0.30 ^{bc B}
Q7	47.22 ± 0.26 ^{bc A}	48.04 ± 1.31 ^{c A}	Q7	21.89 ± 1.00 ^{b A}	16.48 ± 0.31 ^{ac B}
Q8	41.06 ± 0.11 ^{d A}	46.75 ± 2.56 ^{c B}	Q8	23.60 ± 1.23 ^{b A}	15.04 ± 1.33 ^{abc B}
Grasa (%)			Ca (%)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	23.61 ± 0.73 ^{aA}	27.65 ± 4.74 ^{a B}	Q5	0.27 ± 0.03 ^{aA}	0.21 ± 0.00 ^{a B}
Q6	26.19 ± 0.39 ^{aA}	20.71 ± 1.55 ^{bc B}	Q6	0.18 ± 0.03 ^{b A}	0.17 ± 0.03 ^{aA}
Q7	25.21 ± 0.17 ^{aA}	24.88 ± 0.81 ^{ac A}	Q7	0.17 ± 0.01 ^{b A}	0.19 ± 0.03 ^{aA}
Q8	30.11 ± 1.42 ^{b A}	23.73 ± 0.79 ^{bc A}	Q8	0.08 ± 0.01 ^{c A}	0.21 ± 0.04 ^{a B}
Cenizas (%)			NaCl (%)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	4.76 ± 0.02 ^{aA}	8.77 ± 1.43 ^{a B}	Q5	5.68 ± 0.40 ^{aA}	4.01 ± 0.89 ^{a B}
Q6	3.10 ± 0.12 ^{b A}	6.06 ± 0.72 ^{bB}	Q6	4.16 ± 0.65 ^{b A}	1.94 ± 0.35 ^{bB}
Q7	2.47 ± 0.12 ^{b A}	6.07 ± 0.50 ^{bB}	Q7	3.19 ± 0.40 ^{c A}	2.16 ± 0.16 ^{bB}
Q8	2.39 ± 0.06 ^{b A}	8.19 ± 0.88 ^{a B}	Q8	3.59 ± 0.31 ^{bc A}	3.41 ± 0.29 ^{aA}

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

El contenido de humedad en el queso de esta región fue el parámetro con las diferencias más significativas en ambas épocas de producción, los valores fueron entre 41 y 56%, los valores más elevados se obtuvieron en época de secas. El porcentaje de cenizas fue el menos variable entre las queserías en ambas épocas y fue mayor en la época de secas. El contenido de grasa y proteína varió menos en las unidades evaluadas en la época de lluvias (23.6 a 30.1% y 16.7 a 23.6%), no así en la época de secas (20.7 a 27.6% y 13.1 a 17.3); en cambio, la concentración de calcio y cloruro de sodio fue más variable en época de lluvias (0.1 a 0.3% y 3.2 a 5.7%) que en época de secas (0.17 a 0.21% y 1.9 a 4.0%).

La relación entre las variables composicionales de la leche y del queso producidos en la región Centro-Frailesca se analizó con PLS2, los dos primeros factores explicaron 91% de la varianza de los datos de composición de la leche y 43% de la varianza de la composición del queso. El contenido cenizas y proteína del queso tuvieron mayor correlación con la composición de la leche utilizada para su elaboración (Cuadro 8); sin embargo, no fue significativa estadísticamente, por lo que las diferencias en las propiedades químicas proximales del queso se deben principalmente a las diferencias en el proceso de elaboración del mismo.

Los resultados obtenidos cumplen con los valores especificados en la Norma NMX-F-713-COFOCALEC-2005, con la que se clasificó al queso Crema de la región Centro-Frailesca de acuerdo a su contenido de humedad y grasa como semiblando y extragrasso.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales de las muestras de leche y queso Crema producidos en la región Centro-Frailesca.

Variables del queso	PLS2	PLS1
Humedad (%)	0.140	
Cenizas (%)	0.715	0.782
Grasa (%)	0.281	
Proteína (%)	0.612	0.688
Ca (%)	0.517	
NaCl (%)	0.081	

Las propiedades físicas del queso elaborado en las cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año se muestran en el Cuadro 9. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variables evaluadas del queso, respecto a la unidad de producción en cada época y a la época de producción en cada unidad. En cuanto a las propiedades de color en general fueron similares entre las unidades, a excepción de la Q8, lo que nos muestra que en esta región el proceso de producción está más estandarizado. La luminosidad fue mayor en los quesos producidos en la época de lluvias. Según Álvarez *et al.* (2007), esto se debe a que los quesos con alto contenido de humedad tienden a ser más luminosos.

Cuadro 9. Propiedades fisicoquímicas del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.

a_w			pH		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	0.95 ± 0.01 ^{ab A}	0.92 ± 0.02 ^{a B}	Q5	4.33 ± 0.00 ^{aA}	4.16 ± 0.25 ^{a B}
Q6	0.96 ± 0.01 ^{abc A}	0.96 ± 0.00 ^{b A}	Q6	4.58 ± 0.09 ^{b A}	4.45 ± 0.02 ^{b A}
Q7	0.97 ± 0.01 ^{bcd A}	0.96 ± 0.00 ^{bB}	Q7	4.21 ± 0.03 ^{aA}	4.52 ± 0.07 ^{bB}
Q8	0.97 ± 0.01 ^{cd A}	0.93 ± 0.01 ^{a B}	Q8	4.22 ± 0.04 ^{aA}	4.60 ± 0.01 ^{bB}

Luminosidad			Tono		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	93.18 ± 0.10 ^{aA}	94.71 ± 0.34 ^{a B}	Q5	85.84 ± 0.37 ^{aA}	86.47 ± 0.50 ^{aA}
Q6	92.63 ± 0.26 ^{b A}	94.79 ± 0.28 ^{a B}	Q6	85.70 ± 0.69 ^{aA}	87.37 ± 0.61 ^{a B}
Q7	93.25 ± 0.36 ^{aA}	95.17 ± 0.23 ^{a B}	Q7	85.72 ± 0.06 ^{aA}	88.70 ± 0.24 ^{bB}
Q8	93.56 ± 0.39 ^{aA}	96.25 ± 0.15 ^{bB}	Q8	87.69 ± 0.60 ^{b A}	87.32 ± 0.77 ^{aA}

Índice de Amarillamiento			Pureza de color		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	36.52 ± 0.98 ^{aA}	32.49 ± 1.96 ^{a B}	Q5	20.46 ± 0.59 ^{aA}	18.29 ± 1.10 ^{a B}
Q6	37.88 ± 0.29 ^{aA}	32.13 ± 0.75 ^{a B}	Q6	21.21 ± 0.10 ^{aA}	18.18 ± 0.32 ^{a B}
Q7	35.77 ± 0.30 ^{aA}	33.02 ± 1.94 ^{a B}	Q7	19.97 ± 0.18 ^{ab A}	19.09 ± 1.28 ^{aA}
Q8	33.44 ± 1.06 ^{b A}	24.81 ± 1.14 ^{bB}	Q8	18.89 ± 0.72 ^{b A}	13.86 ± 0.78 ^{bB}

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

5. 2 Perfil de textura

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables texturales del queso Crema de la región Costa para los factores de estudio se muestran en el Anexo 1. Para todas las variables dependientes, la interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$), a excepción de la adhesividad cuyos valores no se ajustaron al modelo lineal planteado.

Los valores promedio de los parámetros texturales del queso elaborado en las cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año se muestran en el Cuadro 10. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variables evaluadas del queso, respecto a la quesería en cada época, lo cual pudo deberse a la interacción de factores en la composición de la leche y el queso, como son la actividad microbiana, las condiciones de manufactura (pH, temperatura, velocidad de acidificación) y de almacenamiento (Lucey *et al.*, 2003). También se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variables evaluadas, respecto a la época en cada unidad de producción, las cuales se podrían deber a la diferencia de alimentación entre época, Bovolenta *et al.* (2009), reportaron efecto significativo del cambio de alimentación en los parámetros de resorteo, masticabilidad y adhesividad, indicando valores superiores en los dos primeros cuando el nivel de proteína en la dieta del ganado es alta.

Cuadro 10. Parámetros del perfil de textura del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.

Firmeza (N)			Resorteo		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q1	37.52 ± 3.20 ^{aA}	28.34 ± 7.06 ^{aB}	Q1	0.452 ± 0.088 ^{aA}	0.520 ± 0.041 ^{aA}
Q2	14.88 ± 3.83 ^{bA}	13.22 ± 1.80 ^{bA}	Q2	0.427 ± 0.166 ^{aA}	0.600 ± 0.027 ^{abB}
Q3	17.27 ± 2.70 ^{bA}	48.43 ± 3.77 ^{cB}	Q3	0.292 ± 0.030 ^{aA}	0.705 ± 0.106 ^{bB}
Q4	29.22 ± 4.07 ^{cA}	34.33 ± 1.94 ^{aA}	Q4	0.429 ± 0.021 ^{aA}	0.712 ± 0.143 ^{bB}

Masticabilidad(N)			Cohesividad		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q1	4.73 ± 0.77 ^{aA}	4.48 ± 1.13 ^{aA}	Q1	0.282 ± 0.029 ^{aA}	0.306 ± 0.045 ^{aA}
Q2	2.38 ± 0.74 ^{bA}	2.78 ± 0.64 ^{aA}	Q2	0.400 ± 0.114 ^{bA}	0.347 ± 0.036 ^{aA}
Q3	2.95 ± 0.69 ^{bA}	10.19 ± 2.08 ^{bB}	Q3	0.581 ± 0.015 ^{cA}	0.299 ± 0.032 ^{aB}
Q4	4.06 ± 0.38 ^{abA}	6.50 ± 0.61 ^{cB}	Q4	0.329 ± 0.058 ^{abA}	0.269 ± 0.019 ^{aA}

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

El resorteo y la cohesividad muestran poca variabilidad, en tanto la firmeza, la adhesividad y masticabilidad resultaron altamente variables en los quesos evaluados. La firmeza del queso fue muy variable entre las queserías en ambas épocas del año.

La relación entre las variables composicionales y los parámetros del análisis de perfil de textura del queso Crema producido en la región Costa se analizó con PLS2, los dos primeros factores explicaron 67% de la varianza de los datos de composición del queso y 76% de la varianza de los parámetros texturales del queso. Se observó que la mayoría de los parámetros del perfil de textura del queso elaborado en la región Costa tuvieron alta correlación con la composición del mismo en el PLS2; sin embargo, en el análisis PLS1 solo la firmeza, cohesividad y resorteo tuvieron coeficientes de correlación significativos (Cuadro11).

Cuadro 11. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y del perfil de textura del queso Crema producido en la región Costa.

Variables texturales	PLS2	PLS1
Firmeza	0.045	0.891
Resorteo	0.651	0.685
Cohesividad	0.347	0.946
Adhesividad	0.606	0.980
Masticabilidad	0.141	0.826

La firmeza del queso producido en la región Costa tuvo alta correlación con sus variables composicionales, de acuerdo al PLS1, los dos primeros factores explicaron 86% de la varianza de la composición del queso y 70% de la varianza

de los datos de cohesividad del queso. El contenido de humedad, y, proteína fueron correlacionados negativamente, y la grasa y el calcio fueron correlacionados positivamente (Anexo 3 y Figura 3).

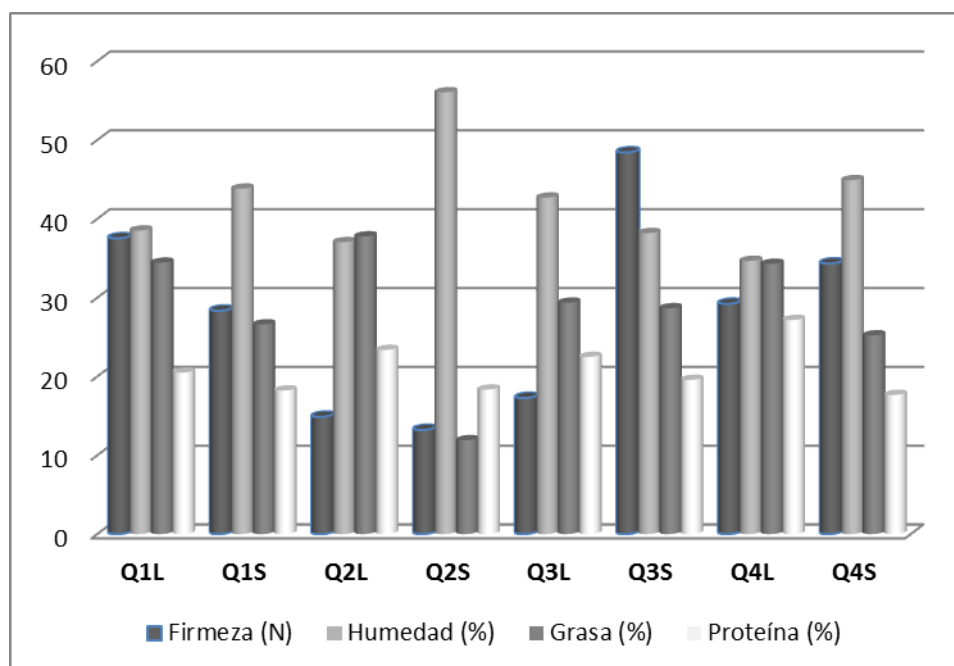


Figura 3. Firmeza y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.

El queso de la unidad Q2 presentó los valores más bajos de firmeza en ambas épocas, lo que coincide con el menor contenido de grasa en el queso, sin embargo; Rogers *et al.* (2010), encontraron que los quesos bajos en grasa tienen mayores proporciones de proteína que de grasa y por tanto una red proteica más densa y textura más firme que los quesos ricos en grasa. Lucey *et al.* (2003), señalaron que la grasa tiene poca influencia en la dureza en una amplia variedad de quesos, pero que el incremento del contenido de sustancias no grasas en el queso debilita la rigidez. Aguilera y Kessler (1989), reportaron que los glóbulos de

grasa se pueden comportar como núcleos de copolimerización y refuerzan el gel de caseína, la grasa recubierta de proteína puede enlazar cantidades adicionales de proteína y ayudar así a la formación del gel reforzado; lo que podría explicar la poca firmeza del queso producido en la unidad Q2. El queso de la unidad Q2 mostró valores bajos en los parámetros de textura, lo que coincide con lo sugerido por Drake *et al.* (1996), que al disminuir la cantidad de grasa en la leche se obtienen quesos de tales características.

La cohesividad del queso producido en la región Costa tuvo alta correlación con las variables composicionales del mismo, de acuerdo con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 81% de la varianza de la composición del queso y 82% de la varianza de los datos de cohesividad del queso. El contenido de calcio y el pH del queso fueron correlacionados negativamente con la cohesividad, el contenido de grasa y proteína fueron correlacionados positivamente, contrario a lo reportado por Álvarez *et al.* (2007), quienes en queso Canario encontraron correlación negativa entre la cohesividad y el contenido de grasa y proteína (Anexo 3 y Figura 4). El queso elaborado en la quesería Q3 en la época de lluvias en la región Costa tuvo la mayor cohesividad, como característica presentó el menor contenido de calcio.

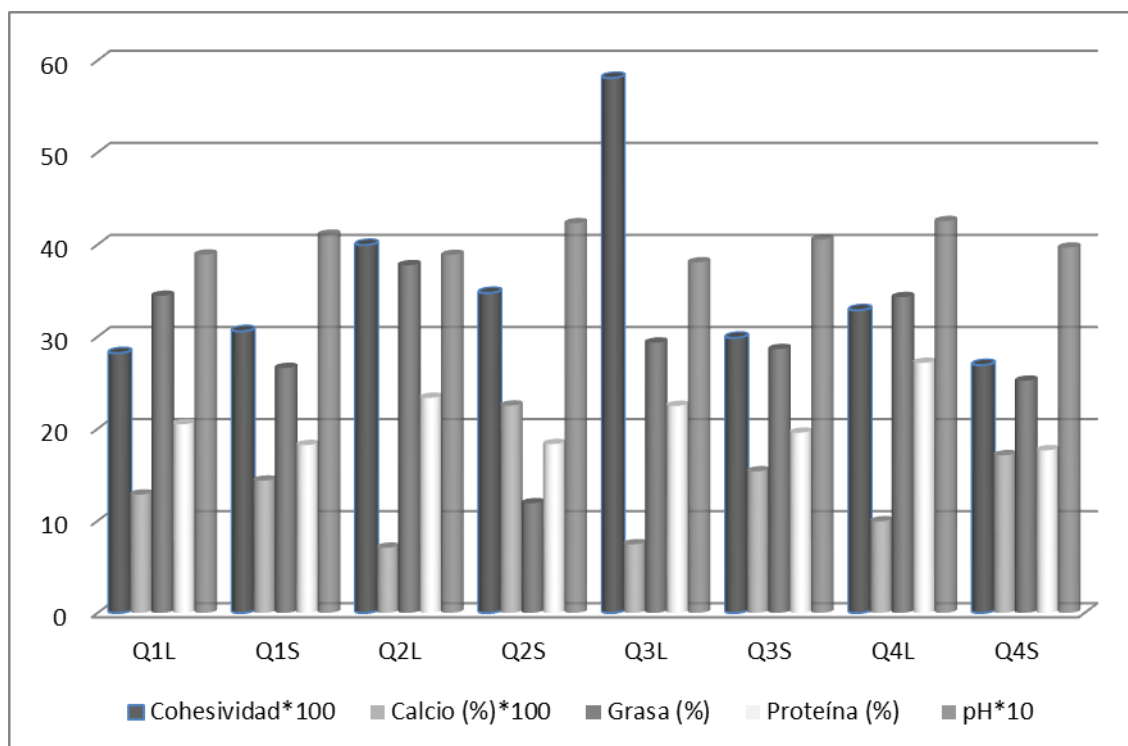


Figura 4. Cohesividad y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.

La adhesividad del queso producido en la región Costa tuvo alta correlación con las variables composicionales del mismo, de acuerdo con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 84% de la varianza de la composición del queso y 71% de la varianza de los datos de adhesividad del queso. El contenido de grasa y proteína del queso fueron correlacionados negativamente con la adhesividad, y el contenido de calcio y humedad fueron correlacionados positivamente, contrario a lo reportado por Álvarez *et al.* (2007) (Anexo 3 y Figura 5). Los quesos elaborados en las queserías Q1 y Q4 en la época de lluvias fueron más adhesivos, y tuvieron altos contenidos de grasa y proteína y bajos de humedad y calcio.

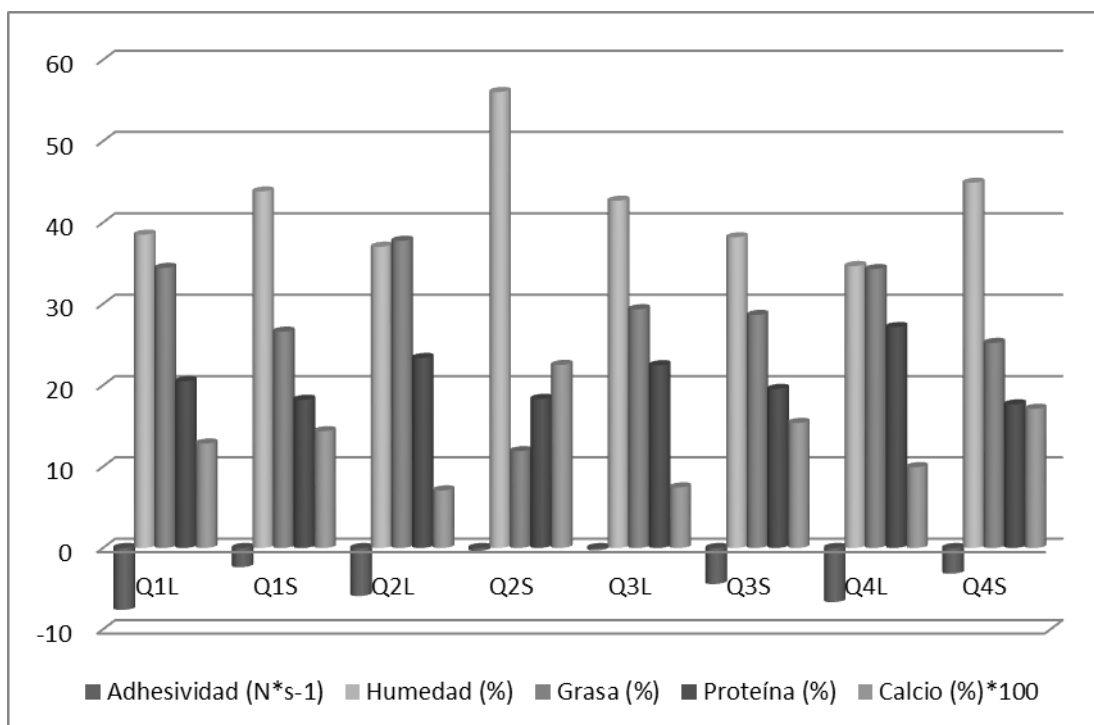


Figura 5. Adhesividad y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables texturales del queso Crema de la región Centro-Frailesca para los factores de estudio se muestran en el Anexo 1. Para todas las variables dependientes, la interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$).

Los valores promedio de los parámetros texturales del queso elaborado en las cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año se muestran en el Cuadro 12. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variables evaluadas del queso, respecto a la unidad de producción en cada época y a la época en cada unidad de producción.

Cuadro 12. Parámetros del perfil de textura del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.

Firmeza (N)					Cohesividad				
Q	Lluvias			Secas	Q	Lluvias			Secas
Q5	9.63	±	0.74 ^{aA}	17.00 ± 1.09 ^{aB}	Q5	0.474	±	0.013 ^{aA}	0.315 ± 0.046 ^{aB}
Q6	11.07	±	0.98 ^{aA}	8.47 ± 0.98 ^{bB}	Q6	0.342	±	0.133 ^{bA}	0.358 ± 0.027 ^{aA}
Q7	20.47	±	1.01 ^{bA}	7.14 ± 0.47 ^{bB}	Q7	0.227	±	0.011 ^{cA}	0.308 ± 0.034 ^{aA}
Q8	17.66	±	1.50 ^{cA}	10.37 ± 0.25 ^{aB}	Q8	0.311	±	0.014 ^{bcA}	0.305 ± 0.080 ^{aA}
Resorteo					Masticabilidad (N)				
Q	Lluvias			Secas	Q	Lluvias			Secas
Q5	0.356	±	0.051 ^{aA}	0.342 ± 0.032 ^{aA}	Q5	1.64	±	0.39 ^{aA}	1.86 ± 0.53 ^{aA}
Q6	0.452	±	0.052 ^{aA}	0.573 ± 0.007 ^{bA}	Q6	1.75	±	0.80 ^{aA}	1.74 ± 0.27 ^{aA}
Q7	0.772	±	0.022 ^{bA}	0.515 ± 0.107 ^{bB}	Q7	3.58	±	0.08 ^{bA}	1.14 ± 0.29 ^{aB}
Q8	0.727	±	0.185 ^{bA}	0.521 ± 0.050 ^{bB}	Q8	3.94	±	0.70 ^{bA}	1.66 ± 0.57 ^{aB}
Adhesividad (N*s-1)									
Q	Lluvias			Secas					
Q5	-0.122	±	0.061 ^{aA}	-0.358 ± 0.095 ^{aA}					
Q6	-0.536	±	0.189 ^{bA}	-0.421 ± 0.115 ^{aA}					
Q7	-1.338	±	0.107 ^{cA}	-0.496 ± 0.160 ^{aB}					
Q8	-0.755	±	0.571 ^{bA}	-0.162 ± 0.018 ^{aB}					

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

Los parámetros de textura evaluados en quesos producidos en la región Centro-Frailesca mostraron diferencia significativa principalmente en época de lluvias, en la época de secas fueron menos marcadas. La firmeza de los quesos fue mayor en aquellos producidos en la época de lluvias a excepción del producido en la unidad Q5. En cuanto a la cohesividad, adhesividad y masticabilidad de los quesos fueron similares entre las unidades en la época de secas.

La relación entre las variables composicionales y los parámetros texturales del queso producido en la región Centro-Frailesca se analizó con PLS2, los dos primeros factores explicaron el 77 % de la varianza de los datos de composición del queso y el 58% de la varianza de los parámetros del perfil de textura del queso. La firmeza y la masticabilidad del queso tuvieron mayor correlación con la composición del mismo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y del perfil de textura del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca

Variables texturales	PLS2	PLS1
Firmeza	0.798	0.824
Resorteo	0.464	0.627
Cohesividad	0.462	0.504
Adhesividad	0.568	0.625
Masticabilidad	0.802	0.802

La firmeza del queso producido en la región Centro-Frailesca tuvo alta correlación con las variables composicionales del mismo, de acuerdo con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 78% de la varianza de la composición del queso y 80% de la varianza de los datos de adhesividad del queso. El contenido de humedad y el pH del queso fueron correlacionados negativamente con la firmeza, y el contenido de grasa y proteína fueron correlacionados positivamente (Anexo 4 y Figura 6).

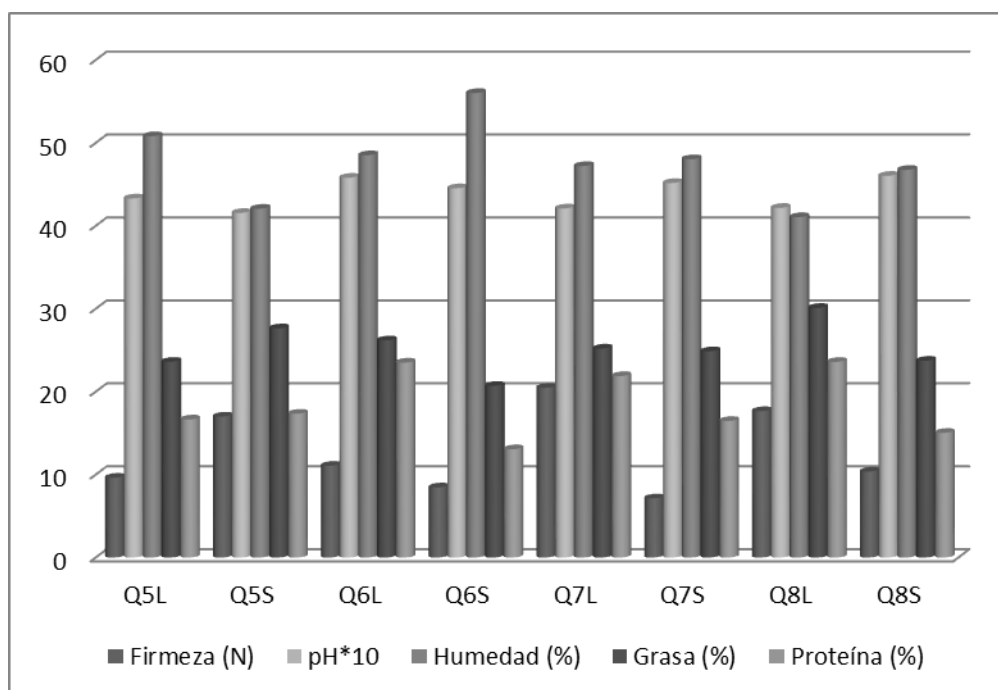


Figura 6. Firmeza y propiedades del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca en dos épocas.

Un pH cercano al punto isoelectrico provoca fuerzas iónicas e hidrófobas fuertes que resultan en una red de caseína compacta típica de los quesos duros, mientras que en el caso de un pH más alto las caseínas presentan una carga negativa, lo que genera repulsión entre los agregados proteicos,

generándose un queso con mayor absorción de agua, más elasticidad y menos compacto (Adda *et al.*, 1982). Las correlaciones de la grasa, proteína y humedad con la firmeza encontradas concuerdan con lo referido por Álvarez *et al.* (2007).

La masticabilidad del queso producido en la región Centro-Frailesca tuvo alta correlación con las variables composicionales del mismo, de acuerdo con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 73% de la varianza de la composición del queso y 83% de la varianza de los datos de adhesividad del queso. La masticabilidad tuvo una tendencia similar de correlaciones que la firmeza (Álvarez *et al.* (2007) (Anexo 4 y Figura 7).

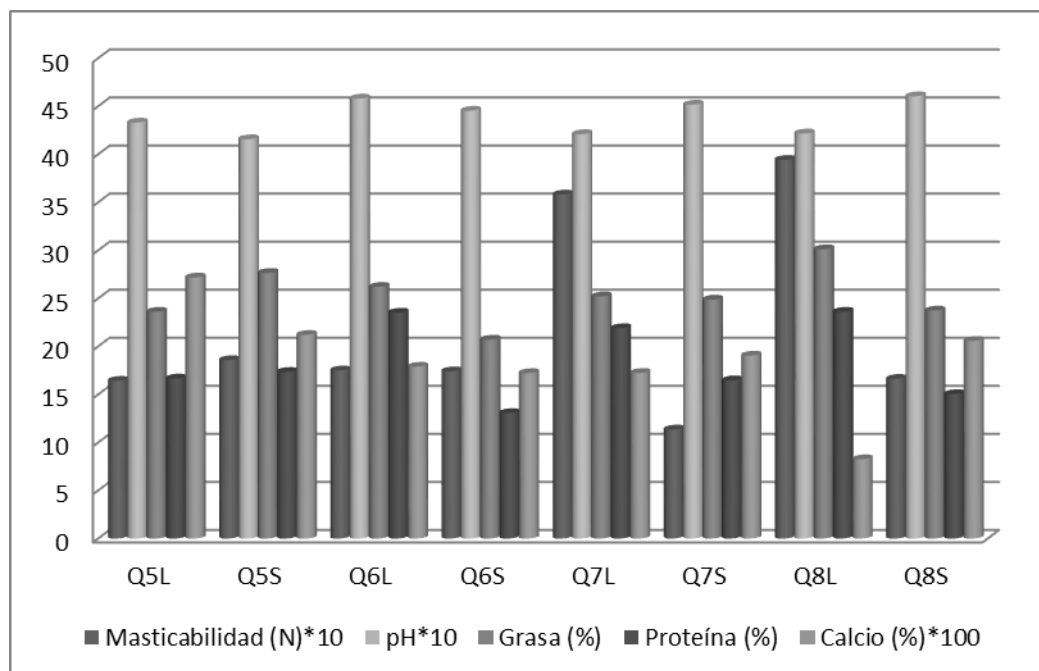


Figura 7. Masticabilidad y propiedades del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca en dos épocas.

5. 3 Parámetros reológicos

El espectro mecánico (reograma) proporciona las huellas reológicas del queso al presentar los elementos elástico (G') y viscoso (G'') en función del tiempo (deformación, Figura 8) (Rogers *et al.*, 2010). Castañeda (2002), describe al queso como un material viscoelástico, que se comporta como un sólido esencialmente elástico hasta un cierto punto, lo que se traduce por una relación lineal entre la tensión y la deformación. Al inicio de la deformación se mantuvo la relación $G' > G''$ (carácter sólido), el comportamiento elástico dominó sobre el viscoso; posteriormente a mayor deformación, el comportamiento viscoso dominó sobre el elástico ($G'' > G'$ carácter líquido). Esta respuesta es un modelo característico de un gel viscoelástico, donde la deformación depende del módulo. El rango viscoelástico lineal se presentó en el carácter sólido.

Cuando el porcentaje de deformación llega a valores donde los módulos son iguales ($G' = G''$) o la $\tan \delta$ tiene un valor de uno, la estructura del queso se debilita por el esfuerzo aplicado, los enlaces e interacciones, que le dan el carácter viscoelástico sólido, se rompen y provocan que el queso se comporte ahora como un sistema predominantemente viscoelástico líquido, favoreciendo tanto la fluidez como la pérdida del suero (Bhaskaracharya, 2001).

Los espectros de los quesos de las dos regiones en ambas épocas fueron similares, muestran un decremento en G' y G'' al aumentar la deformación, como resultado del ablandamiento de la matriz proteínica del queso hasta el rompimiento y alguna reformación de enlaces entre cadenas de caseína (Figura 8).

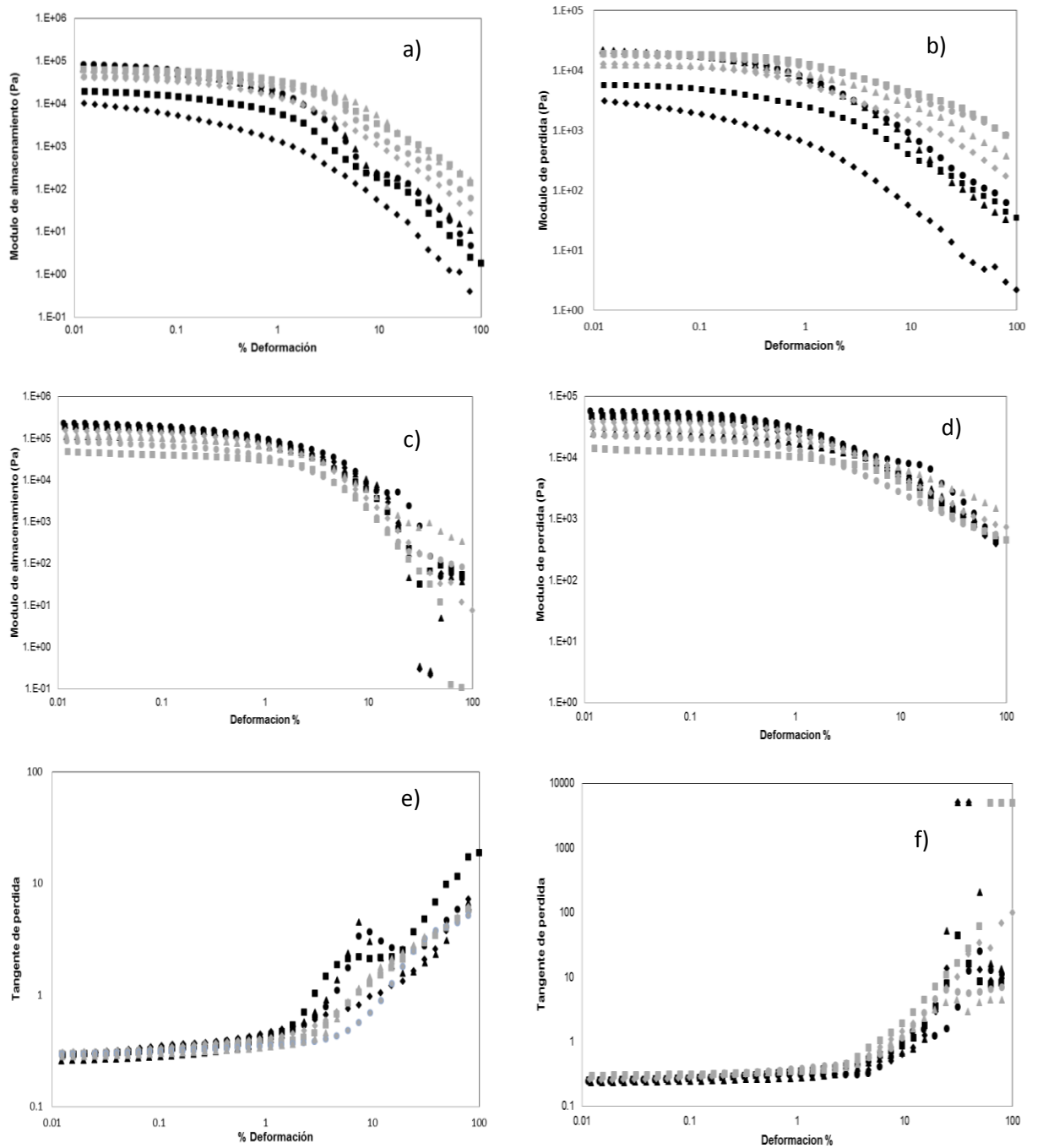


Figura 8. Espectro mecánico del queso Crema producido en dos regiones de Chiapas en dos épocas del año.

Parámetros reológicos del queso: módulo de almacenamiento a) y b), módulo de pérdida c) y d) y tangente de pérdida e) y f) en la época de lluvias y secas respectivamente; en las queserías de la región Costa (queserías Q1-Q4: $\blacklozenge$, $\blacksquare$, $\bullet$ y $\blacktriangle$, respectivamente) y de la región Centro-Frailesca (queserías Q5-Q8: $\blacklozenge$, $\blacksquare$, $\bullet$ y $\blacktriangle$, respectivamente).

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables reológicas del queso Crema de la región Costa para los factores de estudio se muestran en el Anexo 1. La interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) en los módulos de almacenamiento y pérdida. La variable época tuvo efecto en la $\tan \delta$ y en $G' = G''$ y la variable unidad de producción tuvo efecto en $\tan \delta$.

El Cuadro 14 muestra los valores promedio de los parámetros reológicos en la región viscoelástica lineal del queso producido en la región Costa. Se observó diferencias estadísticamente significativas en las variables G' y G'' para las unidades en cada época y entre época para cada unidad de producción. La época de producción tuvo un efecto significativo en todas las variables mecánicas de las muestras de queso analizadas y fueron mayores en la época de secas. Los valores más altos de G' encontrados en el queso producido en la época de secas responden a un arreglo estructural de mayor elasticidad y corresponden a los valores más altos de proteína.

El queso producido en la unidad Q1 en la época de lluvias fue de una estructura poco elástica y resistente por lo que se fracturó fácilmente, en cambio el producido en esta misma unidad en la época de secas tuvo mayor elasticidad y resistencia comparado con el producto de las otras queserías. De acuerdo a los valores de deformación donde $G' = G''$, los quesos producidos en la época de lluvia se fracturaron a menor deformación.

Cuadro 14. Parámetros reológicos del Queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año

Módulo de almacenamiento (KPa)				Módulo de pérdida (KPa)			
Q	Lluvias		Secas	Q	Lluvias		Secas
Q1	4.23	± 0.72 ^{aA}	164.40 ± 20.30 ^{aB}	Q1	1.69	± 0.38 ^{abA}	53.78 ± 2.93 ^{aB}
Q2	23.69	± 9.52 ^{bA}	121.60 ± 5.20 ^{bB}	Q2	8.17	± 2.49 ^{abcA}	36.02 ± 4.09 ^{bB}
Q3	42.16	± 0.75 ^{cA}	146.30 ± 7.90 ^{cB}	Q3	15.22	± 0.79 ^{bcdA}	50.90 ± 3.48 ^{aB}
Q4	66.13	± 10.78 ^{dA}	81.28 ± 6.63 ^{dA}	Q4	21.30	± 6.98 ^{cdA}	27.48 ± 7.32 ^{bA}

	Lluvias		Secas	
tan δ	0.34	± 0.05 ^a	0.28	± 0.01 ^b
G'=G'' (% deformación)	1.66	± 1.30 ^a	6.80	± 2.64 ^b

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05).

Lucey *et al.* (2003), sugieren que las propiedades mecánicas del queso están relacionadas a la composición de la red de proteína, estructura e interacciones entre moléculas dentro de la red. Para Jaros *et al.* (2001), los parámetros reológicos del queso se ven afectadas por su composición fisicoquímica, siendo importantes el contenido de grasa, de proteínas y de humedad, aunque también influyen la tecnología de procesamiento y la intensidad de la proteólisis.

La relación entre las variables composicionales y los parámetros del análisis reológico del queso producido en la región Costa se analizó con PLS2, los dos

primeros factores del PLS explicaron 89% de la varianza de los datos de composición del queso y 57% de la varianza de los parámetros del análisis reológico del queso. Se observó que la composición del queso tuvo alta correlación con todos los parámetros reológicos del queso Crema producido en la región Costa, sin embargo; sólo el coeficiente de correlación de la $\tan \alpha$ fue bajo en el análisis PLS1 (Cuadro15).

Cuadro 15. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y reológicas del queso Crema producido en la región Costa.

Variables reológicas	PLS2	PLS1
G'	0.667	0.970
G''	0.606	0.964
Tan α	0.606	0.622
G'=G''	0.866	0.859

La relación entre las variables composicionales y la G' del queso producido en la región Costa con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 88% de la varianza de la composición del queso y 60% de la varianza de los datos de G' del queso. El contenido de grasa y proteína fueron correlacionadas negativamente, y el pH y contenido de humedad y calcio fueron correlacionadas positivamente (Anexo 3 y Figura 9). Los quesos elaborados en las unidades Q1, Q2 y Q3 en la época de secas tuvieron los valores más altos del módulo de

almacenamiento debido a sus altos contenidos de humedad y bajos contenidos de grasa y proteína. Sallami *et al.* (2004), reportan que el contenido de humedad es importante en los quesos, ya que pequeñas variaciones de humedad pueden causar diferencias en los parámetros reológicos, lo cual está correlacionado con la disminución de textura en quesos Cheddar.

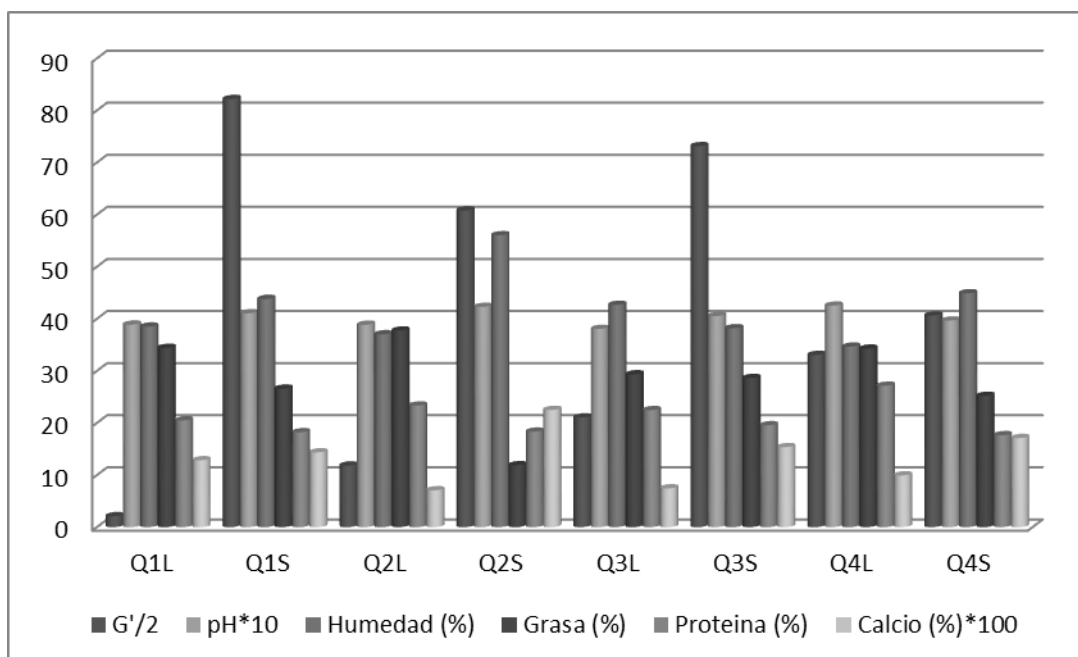


Figura 9. Módulo de almacenamiento y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.

La relación entre las variables composicionales y la G'' del queso producido en la región Costa con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 86% de la varianza de la composición del queso y 55% de la varianza de los datos de G'' del queso. El contenido de grasa y proteína fueron correlacionadas negativamente, y el pH y contenido de humedad y calcio fueron correlacionadas positivamente (Anexo 3 y Figura 10).

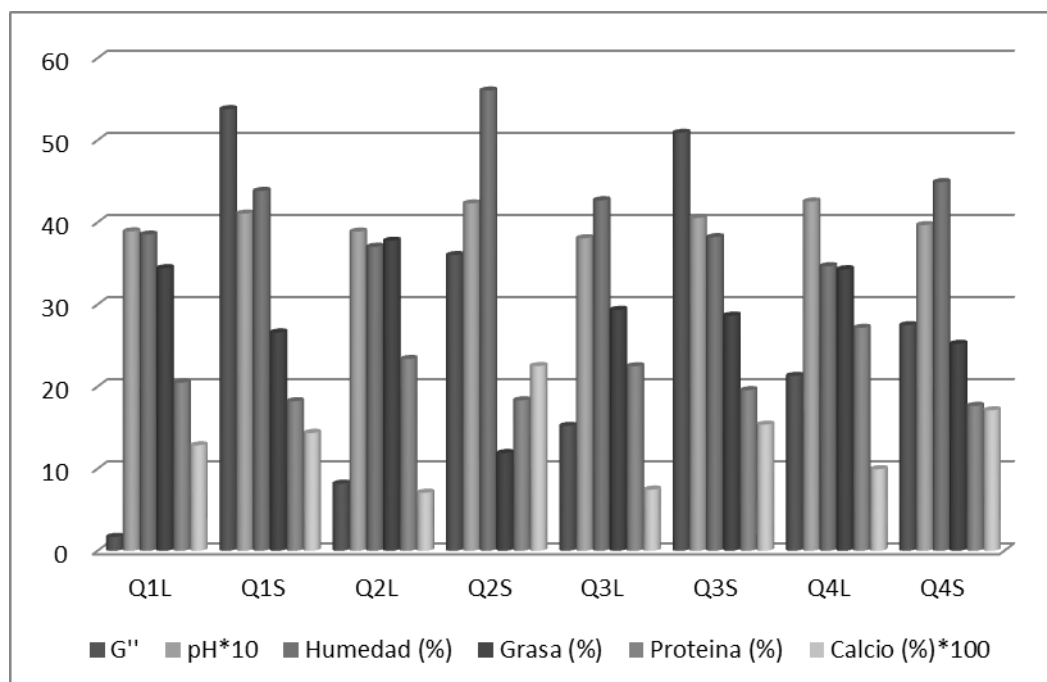


Figura 10. Módulo de pérdida y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.

La relación entre las variables composicionales y la $G' = G''$ del queso producido en la región Costa con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 90% de la varianza de la composición del queso y 76% de la varianza de los datos de $G' = G''$ del queso. El contenido de grasa y proteína fueron correlacionadas negativamente, y el pH y contenido de humedad y calcio fueron correlacionadas positivamente (Anexo 3 y Figura 11). Los quesos de las queserías Q2, Q3 y Q4 producidos en la época de secas tuvieron mayor porcentaje de deformación antes de ser fracturados en la prueba reológica aplicada, estos quesos tuvieron contenidos de humedad altos y de grasa bajos.

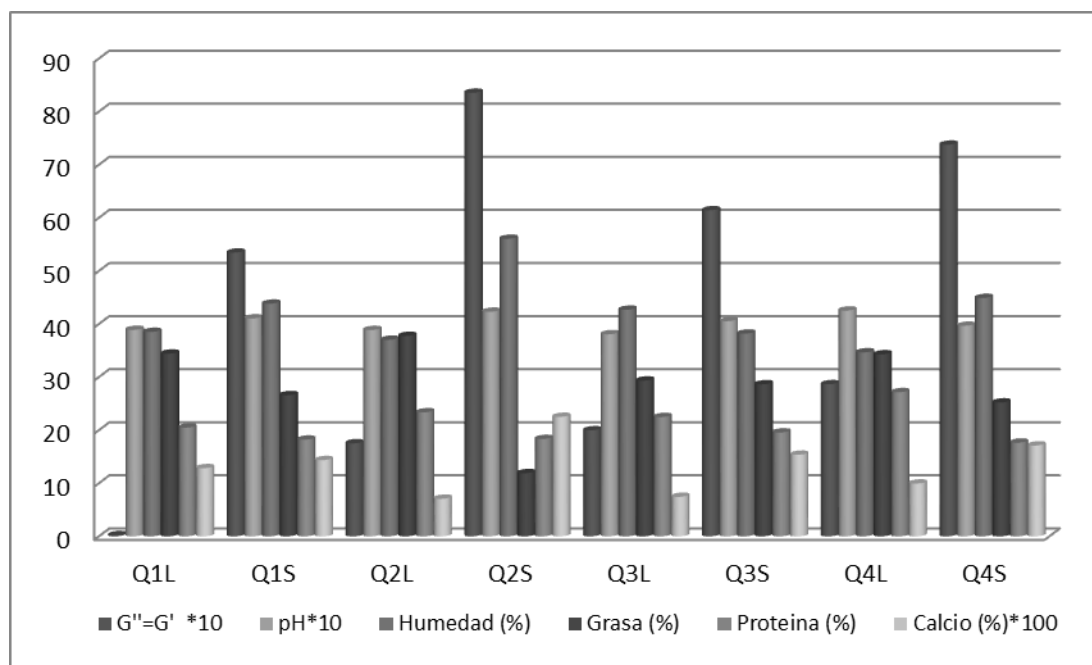


Figura 11. Porcentaje de deformación al ser $G''=G'$ y propiedades del queso Crema producido en la región Costa en dos épocas.

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables reológicas del queso Crema de la región Centro-Frailesca para los factores de estudio se muestran en el Anexo 1. La interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) en todas las variables reológicas evaluadas.

Los valores promedio de los parámetros reológicos del queso de las cuatro queserías de la región Centro-Frailesca se muestran en el Cuadro 16, se observó estadísticamente diferencia significativa ($p < 0.05$) en las variables reológicas, respecto a la queserías en cada época y a la época en cada unidad de producción. Es decir, el proceso de producción y manejo del queso así como la composición de la leche utilizada tuvieron efecto en los parámetros reológicos del queso.

Cuadro 16. Parámetros reológicos del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.

Módulo de Almacenamiento (KPa)			Tangente de Pérdida		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	32.00 ± 0.44 ^{ac A}	53.84 ± 13.66 ^{a B}	Q5	0.33 ± 0.00 ^{ac A}	0.27 ± 0.01 ^{a B}
Q6	49.80 ± 4.05 ^{bc A}	27.50 ± 2.69 ^{b B}	Q6	0.34 ± 0.00 ^{bc A}	0.33 ± 0.00 ^{b B}
Q7	42.14 ± 5.34 ^{abc A}	46.99 ± 4.37 ^{a A}	Q7	0.35 ± 0.02 ^{bc A}	0.30 ± 0.01 ^{c B}
Q8	40.50 ± 5.63 ^{abc A}	80.75 ± 0.88 ^{c B}	Q8	0.34 ± 0.01 ^{abc A}	0.29 ± 0.00 ^{ac B}

Módulo de pérdida (KPa)			G' = G'' (% deformación)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	10.90 ± 0.55 ^{a A}	18.23 ± 8.07 ^{a B}	Q5	3.91 ± 1.06 ^{a A}	2.08 ± 0.78 ^{a A}
Q6	14.78 ± 2.51 ^{a A}	10.89 ± 0.35 ^{b A}	Q6	4.36 ± 2.32 ^{a A}	6.64 ± 0.31 ^{b A}
Q7	14.11 ± 0.26 ^{a A}	15.63 ± 2.62 ^{ab A}	Q7	4.51 ± 1.54 ^{a A}	3.12 ± 0.13 ^{a A}
Q8	14.07 ± 3.33 ^{a A}	25.84 ± 0.11 ^{c B}	Q8	3.52 ± 2.05 ^{a A}	8.52 ± 0.82 ^{b B}

^{a-c} Medias en columnas por época y ^{A-B} medias en filas por quesería con la misma letra son iguales estadísticamente (p<0.05)

Rogers *et al.* (2010), reportan que la mayor firmeza del queso se debe el decrecimiento de la cantidad de grasa y al incremento de la concentración de proteína en la fase gel. Los parámetros reológicas del queso producido en la época de lluvias fueron similares entre las queserías de la región Centro-Frailesca; en cambio, en la época de secas mostraron diferencias marcadas. El queso de la unidad Q8 en época de secas presentó una estructura más firme y elástica. Rogers *et al.* (2010), encontraron que la composición del queso influía

poco en los parámetros reológicos del queso Cheddar, sin embargo estas sí tenían efecto con la maduración debido a los cambios en la microestructura.

La relación entre las variables composicionales y los parámetros del análisis reológico del queso producido en la región Centro-Frailesca se analizó con PLS2, los dos primeros factores explicaron 72% de la varianza de los datos de composición del queso y 62% de la varianza de los parámetros del análisis reológico del queso. Se observó que la composición del queso tuvo alta correlación con la $\tan \delta$ del queso en el análisis PLS1 (Cuadro 17).

Cuadro 17. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y reológicas del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca.

Variables reológicas	PLS2	PLS1
G'	0.084	0.792
G''	0.104	0.808
Tan δ	0.275	0.963
G'=G''	0.623	0.643

La relación entre las variables composicionales y la $\tan \delta$ del queso producido en la región Centro-Frailesca con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 86% de la varianza de la composición del queso y 55% de la varianza de los datos de la $\tan \delta$ del queso. El contenido de calcio y el pH se correlacionaron negativamente, y el contenido de humedad, grasa y proteína se

correlacionaron positivamente (Anexo 4 y Figura 12). La $\tan \delta$ fue menor en los quesos producidos en la época de secas, que coincide con los menores contenidos de proteína. Rogers *et al.* (2010), sugieren que el contenido de proteína por si misma determina la firmeza total del queso Cheddar.

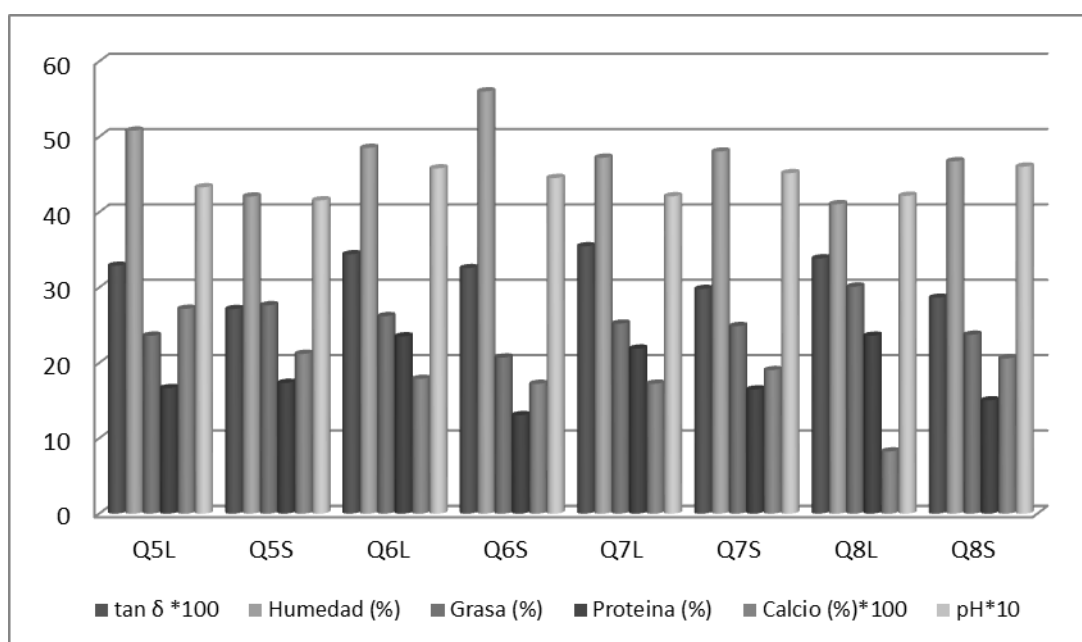


Figura 12. Tangente de pérdida y propiedades del queso Crema producido en la región Centro-Frailesca en dos épocas.

5. 4 Descriptores sensoriales

El queso Crema producido en las regiones Costa y Centro-Frailesca de Chiapas en la época de lluvias fue descrito sensorialmente a través del Análisis Descriptivo Cuantitativo considerando cinco grupos de atributos: apariencia, textura en mano, olor, sabor y textura en boca, generando 11 descriptores (Cuadro 18).

Cuadro 18. Atributos sensoriales, descripción, forma de evaluar y calificación de referencias utilizados en la evaluación sensorial del queso Crema de Chiapas.

Atributo	Descripción	Forma de evaluar	Calificación de referencia
Apariencia			
Humedad	Cantidad de líquido presente en la muestra	Observar la muestra y evaluar el brillo en la superficie.	Cáscara de plátano = 7
Textura en mano			
Friabilidad	Facilidad para desmoronar la muestra	Desmoronar la muestra con los dedos aplicando una fuerza constante.	Mazapán (Dulces de la Rosa) = 4
Olor			
Picante	Sensación de irritación en la nariz	Acercar la muestra a 5cm de la nariz, aspirar y evaluar la sensación.	Solución de clavo ($0.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ de alcohol) = 3
Establo	Intensidad del olor de establo o excremento	Acercar la muestra a 5cm de la nariz, aspirar y evaluar la sensación.	Solución de estiércol ($0.02 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$) = 6
Sabor			
Dulce	Sabor suave y agradable al paladar, como el azúcar.	Masticar la muestra 5 veces y evaluar la masa masticada.	Solución de azúcar 0.45% = 2.2
Ácido	Contenido de ácido láctico.	Masticar la muestra 5 veces y evaluar la masa masticada.	Solución de ácido láctico 0.09% = 8
Amargo	Sabor característico de la cafeína	Masticar la muestra 5 veces y evaluar la masa masticada.	Solución de cafeína 0.02% = 3
Textura en boca			
Adhesividad	Grado en que la masa se pega a las superficies de la boca al masticar.	Masticar la muestra haciendo presión con la lengua, evaluar la masa durante la masticación.	Relleno de galleta Emperador (Gamesa) = 6.3
Recubrimiento	Grado de espesor de la película suave, que envuelve la lengua y al paladar, después de expectorar la muestra.	Masticar la muestra 5 veces, expectorar, y evaluar el residuo en la boca.	Nesquik (Nestlé) = 6
Gomosidad:	Fuerza requerida, al morder con las muelas, para reducir la muestra a estado necesario para expectorar.	Masticar completamente la muestra usando los molares.	Mantecada (Bimbo) = 3
Firmeza	Fuerza aplicada en la primera mordida para comenzar la deformación de la muestra.	Masticar completamente la muestra usando los molares.	Yema de huevo cocido = 2.5

Los valores promedio de las propiedades sensoriales descritas a través del análisis descriptivo del queso de las cuatro queserías de la región Costa en la época de lluvias se muestran en el Cuadro 19, se observó diferencias significativas ($p < 0.05$) en algunas variables descriptivas del queso elaborado en todas las queserías.

Cuadro 19. Atributos sensoriales descritos del queso Crema de Chiapas de la región Costa en época de lluvias.

Descriptores	Q1		Q2		Q3		Q4	
Humedad	6.0	± 0.94 ^a	6.4	± 0.81 ^{bc}	6.5	± 0.98 ^b	6.1	± 0.84 ^{ac}
Friabilidad	6.1	± 1.73 ^a	5.8	± 2.14 ^a	5.7	± 1.50 ^a	5.7	± 1.92 ^a
Picante	0.1	± 0.35 ^a	0.3	± 0.52 ^b	0.3	± 0.52 ^b	0.2	± 0.44 ^b
Establo	0.4	± 0.67 ^a	0.3	± 0.49 ^a	0.6	± 0.78 ^b	0.4	± 0.56 ^a
Dulce	0.7	± 0.73 ^a	0.8	± 0.81 ^a	0.8	± 0.90 ^a	0.8	± 0.86 ^a
Ácido	4.6	± 1.30 ^a	5.7	± 1.16 ^b	5.9	± 1.36 ^b	4.6	± 1.27 ^a
Amargo	0.3	± 0.48 ^a	0.6	± 0.64 ^b	0.3	± 0.42 ^a	0.3	± 0.53 ^a
Adhesividad	5.4	± 1.50 ^a	5.9	± 1.28 ^b	6.2	± 1.31 ^b	5.2	± 1.48 ^a
Recubrimiento	6.0	± 1.53 ^{ab}	5.8	± 1.22 ^{bc}	5.5	± 1.36 ^c	6.4	± 1.59 ^a
Gomosidad	4.7	± 1.53 ^{ab}	4.5	± 1.41 ^{bc}	5.2	± 1.70 ^a	4.1	± 1.47 ^c
Firmeza	4.5	± 0.78 ^a	4.3	± 0.78 ^a	4.3	± 0.82 ^a	4.1	± 0.84 ^a

a – c Medias en filas con las mismas letras son estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

La friabilidad, el sabor dulce y la firmeza evaluadas sensorialmente fueron comparables entre los quesos de las unidades producción de la región Costa. Trépanier *et al.* (1991), señalaron que la población microbiana y el tiempo de maduración tienen efecto sobre la textura, esto se atribuye a la acción de las enzimas endógenas y exógenas de los microorganismos presentes durante la maduración, los cuales producen compuestos más solubles provocando una textura suave y blanda en los quesos (Potter, 1978).

Los quesos de las queserías Q2 y Q3 tuvieron mayor humedad con puntaje de 6.4 y 6.5, además desarrollaron los descriptores de sabor y olor con mayor intensidad. Lau *et al.* (1991), señalaron que quesos tipo Cheddar elaborados con leche cruda desarrollan más rápidamente el sabor característico (sabor fuerte) a los tres o cuatro meses después del proceso, en cambio los quesos elaborados con leche pasteurizada tardan el doble de tiempo en alcanzar una intensidad similar. La diferencia en el sabor puede deberse mucho a la forma de elaboración del queso. El sabor amargo es frecuentemente asociado al contenido de péptidos hidrófobos (Sousa *et al.*, 2001). Fox (1993) encontró que los quesos provenientes de la leche cruda tenían un sabor amargo más intenso que los quesos con leche pasteurizada, y se consideró que este sabor podría ser atractivo para consumidores tradicionalistas de queso Cheddar. Sin embargo, Sánchez-Ponte (2003), aseguran que dicho sabor es considerado como un defecto.

La relación entre las variables composicionales y las variables del análisis descriptivo del queso producido en la región Costa se analizó con PLS2, los dos

primeros factores del PLS explicaron 84% de la varianza de los datos de composición del queso y 80% de la varianza de descriptores sensoriales del queso. Se observó que la humedad, olor picante, sabor ácido, recubrimiento, adhesividad y compactación descritos en el queso tuvieron una alta correlación con la composición del queso en el análisis PLS1 (Cuadro 20).

Cuadro 20. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y descriptivas del queso Crema de la región Costa.

Variables descriptivas	PLS2	PL2
Humedad	0.970	0.975
Friabilidad	0.326	NS
Picante	0.914	0.996
Dulce	0.268	NS
Amargo	0.543	NS
Ácido	0.995	0.991
Establo	0.289	NS
Recubrimiento	0.903	0.984
Adhesividad	0.953	0.982
Compactación	0.827	0.935
Gomosidad	0.578	NS
Firmeza	0.006	NS

NS: No significativa

La relación entre las variables composicionales y la humedad descrita en el queso producido en la región Costa con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 69% de la varianza de la composición del queso y 100% de la varianza de los datos de la humedad descrita en el queso. El contenido de humedad descrito sensorialmente tuvo alta correlación con la a_w y la humedad medidas instrumentalmente en las muestras analizadas. El contenido de cenizas, Ca y NaCl influyeron negativamente a la humedad descrita sensorialmente en el queso (Anexo 5). Alais (1996) señaló que el contenido de sales naturales en el queso depende estrechamente de la forma de fabricación y en particular de la acidificación por lo tanto el contenido de sales es elevado en quesos de pasta duras (de poca humedad). La humedad descrita en los quesos fue diferente en todas las queserías, solo la mayor calificación de humedad sensorial coincidió con el valor obtenido instrumentalmente (quesería Q3).

Con PLS1 de la relación entre las variables composicionales y el recubrimiento en boca descrito en el queso producido en la región Costa los dos primeros factores del PLS explicaron 85% de la varianza de la composición del queso y 100% de la varianza de los datos del recubrimiento en boca descrito en el queso. La humedad y la a_w influyeron negativamente sobre el recubrimiento mientras el pH y el contenido de cenizas influyeron positivamente (Anexo 5).

La relación entre las variables composicionales y el sabor ácido descrito en el queso producido en la región Costa con el análisis PLS1 los dos primeros factores explicaron 76% de la varianza de la composición del queso y 100% de

la varianza de los datos del sabor ácido descrito en el queso. El contenido de cenizas, calcio y NaCl influyeron negativamente sobre el sabor ácido descrito en el queso, mientras la a_w influyó positivamente (Anexo 5). La acidez descrita sensorialmente en las muestras de queso coincidió con el valor de pH obtenido en laboratorio.

La relación entre las variables composicionales y la adhesividad descrita en el queso producido en la región Costa se analizó con PLS1, los dos primeros factores explicaron 83% de la varianza de la composición del queso y 100% de la varianza de los datos de la adhesividad descrita en el queso. El pH, el contenido de humedad y calcio influyeron negativamente en la adhesividad descrita en el queso, mientras la a_w y el contenido de cenizas influyeron positivamente (Anexo 5).

Los valores promedio de las propiedades sensoriales descritas del queso de las cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en la época de lluvias, a través del análisis cuantitativo descriptivo, se muestran en el Cuadro 21, se observó diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en algunas propiedades respecto a la quesería.

Cuadro 21. Atributos sensoriales descritos del queso Crema de Chiapas de la región Centro-Frailesca en época de lluvias.

Descriptores	Q5			Q6			Q7			Q8		
Humedad	7.2	±	1.32 ^a	7.1	±	0.88 ^a	6.8	±	0.9 ^a	6.3	±	0.98 ^b
Friabilidad	5.8	±	1.43 ^a	6.4	±	1.46 ^b	5.2	±	1.75 ^a	5.8	±	1.78 ^c
Picante	0.2	±	0.34 ^a	0.2	±	0.42 ^a	0.2	±	0.35 ^a	0.2	±	0.42 ^a
Establo	0.3	±	0.55 ^a	0.5	±	0.67 ^a	0.4	±	0.62 ^a	0.3	±	0.59 ^a
Dulce	0.8	±	0.7 ^a	1	±	0.77 ^a	1.8	±	1.25 ^b	1.4	±	1.06 ^c
Ácido	6.4	±	1.29 ^a	5.1	±	1.08 ^b	4.6	±	1.16 ^c	3.8	±	1.12 ^d
Amargo	0.2	±	0.49 ^a	0.2	±	0.49 ^a	0.2	±	0.34 ^a	0.2	±	0.36 ^a
Adhesividad	5.3	±	1.29 ^{ab}	5.5	±	1.24 ^a	4.9	±	1.41 ^{bc}	4.6	±	0.86 ^c
Recubrimiento	5.9	±	1.28 ^a	5.9	±	1.14 ^{ab}	5.5	±	0.98 ^b	6.3	±	1.35 ^c
Gomosidad	4.3	±	1.15 ^a	4.5	±	1.01 ^{ab}	4.1	±	1.18 ^b	4.9	±	1.25 ^c
Firmeza	3.5	±	1.15 ^a	3.4	±	0.93 ^b	3.5	±	1.05 ^c	4.0	±	1.06 ^a

a – d Medias en filas con las mismas letras son estadísticamente iguales (p <0.05).

El amargo y los olores a picante y a establo se percibieron iguales (0.2, 0.2 y 0.4, respectivamente) en los quesos de todas las queserías. Sabio *et al.* (1996), mencionan que los olores en queso son producidos por la metilcetona, producida cuando la lipasa de ciertos microorganismos hidrolizan los

triglicéridos de la grasa y liberan ácidos grasos que son convertidos en cetoácidos mediante una 3-oxidación, posteriormente éstos son descarboxilados y convertidos en metilcetonas.

El queso producido en la quesería Q8 fue descrito como de menor humedad (6.3) y mayor firmeza (4.0), gomosidad y recubrimiento (4.9 y 6.3), lo contrario del queso producido en la quesería Q7. Alais (1996), señaló que los detalles del procesamiento, las características iniciales de la leche, cortado, agitado, calentado, drenado del suero, prensado y madurado cambian en diferentes marcas de queso para producir las propiedades de sabor, cuerpo y textura particulares en cada queso. Chapman *et al.* (2001), con leches pasteurizadas y ultra pasteurizadas, señalan que las variaciones en las intensidades de los descriptores de quesos se pueden deber a la cantidad de grasa y lactosa que contengan los productos.

La relación existente entre las variables composicionales y la compactación descrita en el queso producido en la región Costa se analizó con PLS1, los dos primeros factores del PLS explicaron 76% de la varianza de la composición del queso y 98% de la varianza de los datos de la compactación descrita en el queso. El pH, el contenido de humedad y calcio influyeron negativamente en la compactación descrita en el queso, mientras la a_w y el contenido de humedad influyeron positivamente (Anexo 5).

La relación entre las variables composicionales y las variables del análisis descriptivo del queso producido en la región Centro-Frailesca se analizó con PLS2, los dos primeros factores del PLS explicaron 91% de la varianza de los

datos de composición del queso y 75% de la varianza de descriptores sensoriales del queso. Se observó que la humedad, olor picante, sabor dulce, amargo y ácido, adhesividad, compactación y firmeza descritos en el queso tuvieron una alta correlación con la composición del queso (Cuadro 25).

Cuadro 22. Coeficientes de correlación entre las variables composicionales y descriptivas del queso Crema de la región Centro-Frailesca.

Variables descriptivas	PLS2	PLS1
Humedad	0.932	0.936
Friabilidad	0.241	NS
Picante	0.921	0.926
Dulce	0.718	0.814
Amargo	0.854	0.901
Acido	0.996	0.999
Establo	0.125	NS
Recubrimiento	0.289	NS
Adhesividad	0.821	0.874
Compactación	0.988	0.984
Gomosidad	0.517	NS
Firmeza	0.639	0.742

NS: No significativa

La relación entre las variables composicionales y la humedad descrita en el queso producido en la región Centro-Frailesca se analizó con PLS1, los dos primeros factores explican 88% de la varianza la composición del queso y 100% de la varianza de la humedad descrita en el queso. El contenido de humedad y calcio medidos instrumentalmente influyeron de forma positiva en la humedad descrita del queso, mientras que la a_w y la grasa del queso influyó negativamente (Anexo 6).

La relación entre las variables composicionales y el olor a picante descrito en el queso producido en la región Centro-Frailesca se analizó con PLS1, los dos primeros factores explican 86% de la varianza la composición del queso y 100% de la varianza del olor a picante descrito en el queso. El contenido de NaCl influyo positivamente sobre el olor a picante descrito en el queso, mientras el pH, el contenido de humedad y calcio influyeron negativamente (Anexo 6).

La relación entre las variables composicionales y el sabor amargo descrito en el queso producido en la región Centro-Frailesca se analizó con PLS1, los dos primeros factores del PLS explican 88 % de la varianza la composición del queso y 99% de la varianza del sabor amargo descrito en el queso. El contenido de proteína y grasa influyeron negativamente el sabor amargo descrito en el queso, sin embargo la humedad, cenizas, Ca y NaCl influyeron positivamente (Anexo 6).

La relación entre las variables composicionales y el sabor ácido descrito en el queso producido en la región Centro-Frailesca se analizó PLS1, los dos

primeros factores del PLS explican 90% de la varianza la composición del queso y 100% de la varianza del sabor ácido descrito en el queso. La a_w , el contenido de grasa y proteína influyeron positivamente sobre el sabor ácido descrito en el queso, sin embargo, el contenido de humedad, cenizas y calcio influyeron negativamente (Anexo 6)

La relación entre las variables composicionales y la compactación descrita en el queso producido en la región Centro-Frailesca-Frailesca se analizó con PLS1, los dos primeros factores del PLS explican 88% de la varianza la composición del queso y 100% de la varianza de la compactación descrita en el queso. El contenido de humedad calcio y cenizas influyeron positivamente sobre la compactación descrita en el queso mientras la a_w , el contenido de grasa y proteína influyeron negativamente (Anexo 6).

Las intensidades de los atributos sensoriales del queso Crema de las regiones Costa y Centro-Frailesca de Chiapas en la época de lluvias se representan en la Figura 13. El queso Crema elaborado en la región Costa se describió sensorialmente como de menor humedad y friabilidad, así como, de mayor firmeza, acidez y adhesividad comparado con el elaborado en la región Centro-Frailesca.

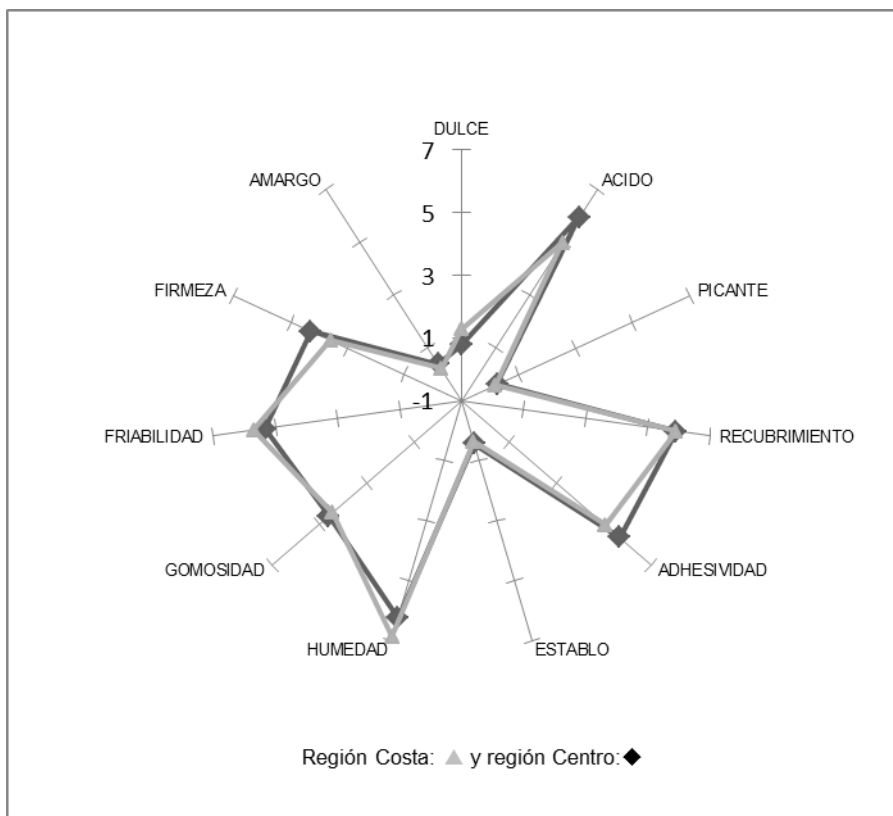


Figura 13. Intensidad de los atributos sensoriales identificados en el Queso Crema de Chiapas

De acuerdo a los descriptores generados del queso Crema se forman dos grupos de queserías, el primer grupo lo conforman las queserías Q1, Q4 y Q8 cuyo producto es de mayor firmeza, compactación y recubrimiento, y menor humedad, acidez, amargor y picor; contrario al segundo grupo conformado por las queserías Q2, Q5 y Q6 (Figura 14).

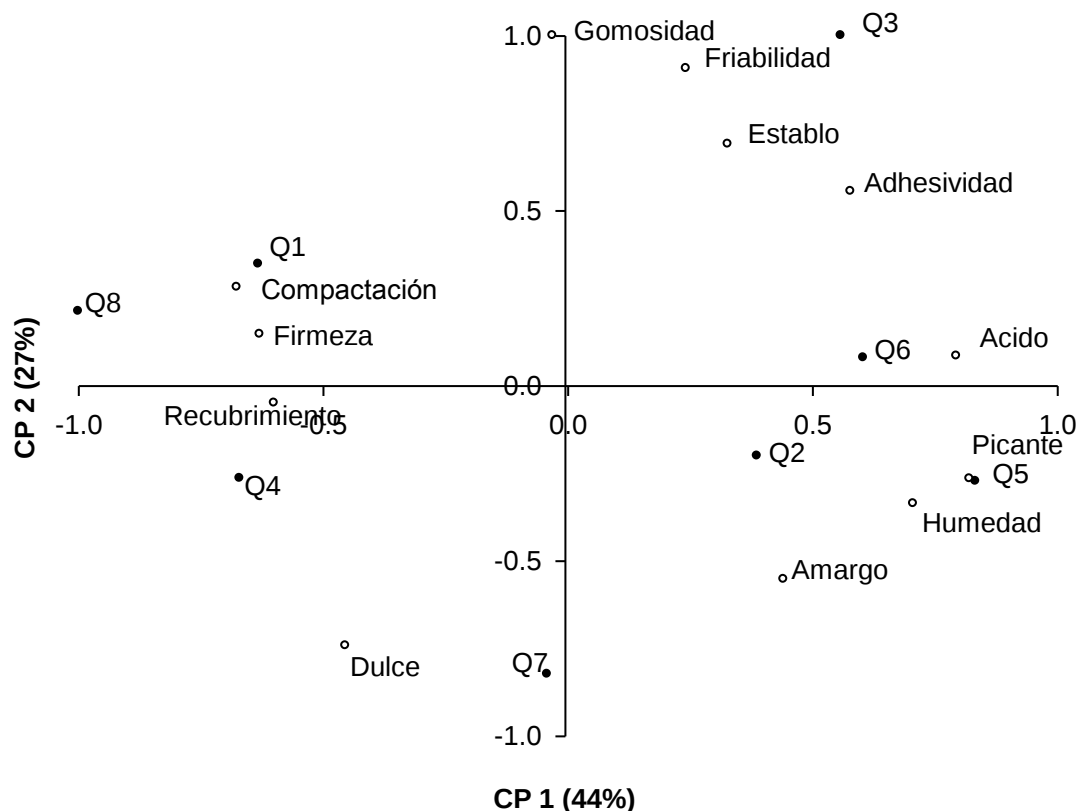


Figura 14. Atributos descriptivos del queso Crema de Chiapas proveniente de dos regiones del Estado en la época de lluvias

5. 5 Aceptabilidad

Los atributos del análisis cuantitativo descriptivo del queso en los que hubo diferencias entre queserías por región fueron evaluados de acuerdo a su aceptabilidad. Los valores promedio de la aceptabilidad por atributo del queso de las queserías de la región Costa en época de lluvias se muestran en el Cuadro 23, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre queserías en la aceptabilidad de ciertos atributos.

Cuadro 23. Aceptabilidad por atributos del queso Crema de la región Costa de Chiapas en época de lluvias.

	Q1	Q2	Q3	Q4
Ácido	5.2 ± 1.85 ^a	5.2 ± 1.8 ^a	4.4 ± 2.24 ^b	5.8 ± 1.69 ^a
Amargo	5.0 ± 1.67 ^{ac}	5.3 ± 1.68 ^{bc}	4.7 ± 2.03 ^c	5.7 ± 1.42 ^b
Establo	5.9 ± 1.76 ^a	6.2 ± 1.53 ^a	5.9 ± 1.81 ^a	6.1 ± 1.73 ^a
Picante	5.3 ± 1.42 ^a	5.4 ± 1.51 ^a	5.3 ± 1.59 ^a	5.5 ± 1.2 ^a
Humedad	5.5 ± 1.58 ^a	5.9 ± 1.74 ^a	5.2 ± 1.91 ^a	5.4 ± 1.99 ^a
Gomosidad	6.38 ± 1.43 ^a	6.0 ± 1.46 ^a	6.1 ± 1.71 ^a	6.4 ± 1.59 ^a
Recubrimiento	5.6 ± 1.72 ^a	6.0 ± 1.48 ^a	5.4 ± 1.67 ^a	6.1 ± 1.44 ^a
Aceptabilidad global	5.7 ± 1.68 ^a	6.0 ± 1.66 ^a	5.2 ± 1.93 ^b	6.2 ± 1.59 ^a

^{a-c}Medias en filas con las mismas letras son estadísticamente iguales (p <0.05).

En la aceptabilidad de los atributos humedad, gomosidad, recubrimiento, gomosidad y olor a picante y a establo, no hubo diferencias para el queso de las queserías de la región Costa. El sabor ácido del queso de la quesería Q3 fue el menos aceptable, descrito sensorialmente de mayor intensidad. El sabor amargo del queso de las queserías Q2 y Q4 fue el más aceptable, y para el de la quesería Q2 fue descrito como de mayor intensidad. La aceptabilidad global fue menor para el queso de la quesería Q3, coincidiendo con la menor aceptabilidad de varios atributos.

Los valores promedio de la aceptabilidad por atributos del queso producido en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca se muestran en el Cuadro 24. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) sólo en la aceptabilidad de la humedad de los quesos de las diferentes queserías. El queso de la quesería Q5 fue preferido por su humedad, y correspondió a la más alta medida instrumental y sensorial; sin embargo fue el que obtuvo la menor aceptabilidad global.

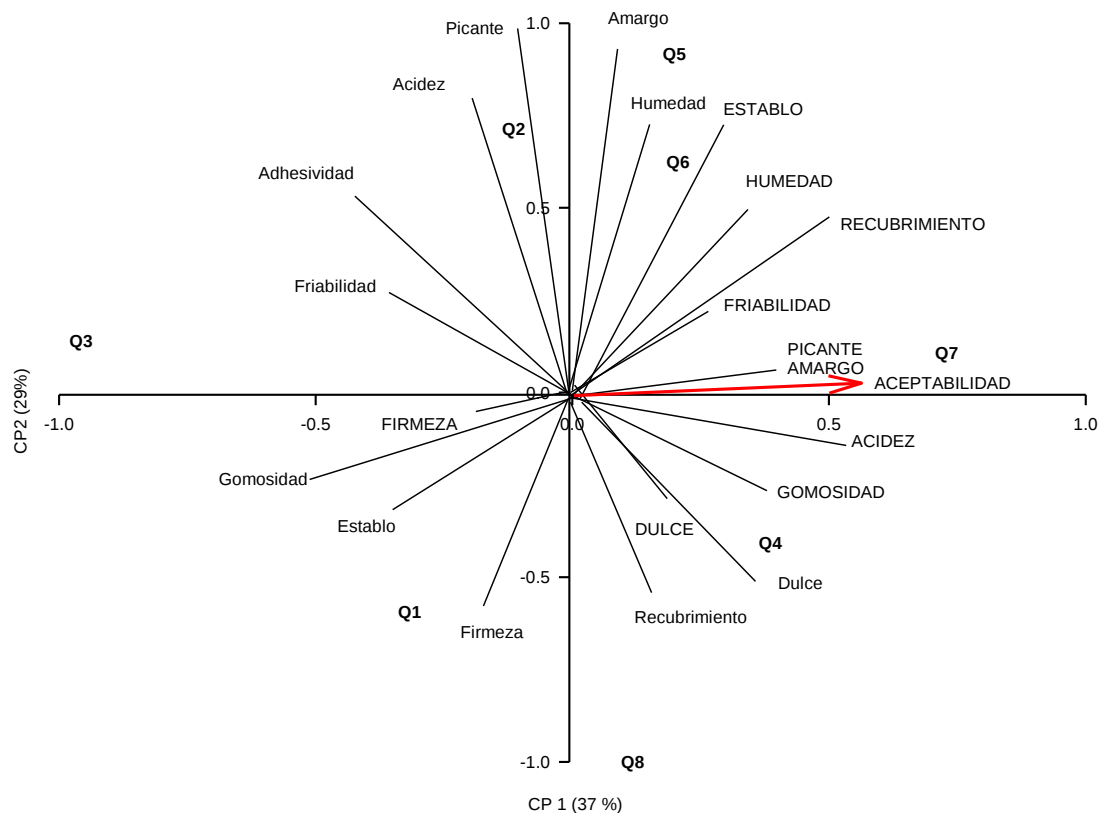
Cuadro 24. Aceptabilidad por atributos del queso Crema de la región Centro-Frailesca de Chiapas en época de lluvias.

	Q5	Q6	Q7	Q8
Dulce	5.38 $\pm$ 1.75 ^a	5.82 $\pm$ 1.5 ^a	5.8 $\pm$ 1.64 ^a	5.68 $\pm$ 1.68 ^a
Ácido	5.45 $\pm$ 1.93 ^a	6.05 $\pm$ 1.8 ^a	5.97 $\pm$ 1.68 ^a	5.82 $\pm$ 1.8 ^a
Humedad	6.68 $\pm$ 1.52 ^a	6.30 $\pm$ 1.51 ^{ab}	6.17 $\pm$ 1.91 ^b	5.92 $\pm$ 1.81 ^b
Recubrimiento	6.30 $\pm$ 1.81 ^a	6.30 $\pm$ 1.57 ^a	6.40 $\pm$ 1.36 ^a	5.73 $\pm$ 1.54 ^a
Gomosidad	6.48 $\pm$ 1.55 ^a	6.1 $\pm$ 1.73 ^a	6.5 $\pm$ 1.86 ^a	6.30 $\pm$ 1.62 ^a
Friabilidad	6.55 $\pm$ 1.5 ^a	6.2 $\pm$ 1.59 ^a	6.52 $\pm$ 1.71 ^a	6.27 $\pm$ 1.66 ^a
Firmeza	6.72 $\pm$ 1.51 ^a	6.37 $\pm$ 1.54 ^a	6.47 $\pm$ 1.88 ^a	6.65 $\pm$ 1.48 ^a
Aceptabilidad global	6.12 $\pm$ 1.84 ^a	6.45 $\pm$ 1.45 ^a	6.72 $\pm$ 1.61 ^a	6.25 $\pm$ 1.48 ^a

^{a-c} Medias en filas con las mismas letras son estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

En la Figura 15 se ilustra el mapa interno de preferencia del queso Crema de Chiapas. Se exhibe la existencia de variación en algunas propiedades

descriptivas y la aceptabilidad entre los quesos producidos en las zonas Centro-Frailesca y Costa. Los quesos de mayor aceptabilidad global fueron los de la región Centro-Frailesca, dicha aceptabilidad esta descrita por la aceptabilidad de la humedad, recubrimiento, acidez y amargor, teniendo mayor aceptabilidad los quesos de mayor humedad, que dejen poco recubrimiento, amargos y poco ácidos. Ramos *et al.* (2009), encontraron en queso Crema que el ácido producido era predominantemente ácido láctico, que imparte un sabor ácido suave y agradable; y no domina sobre otros compuestos aromáticos, más bien realza el sabor.



Letras mayúsculas: aceptabilidad de atributos. Letras minúsculas: descriptores del queso. Q1-Q8: queserías.

Figura 15. Mapa interno de preferencia del queso Crema.

5. 6 Calidad microbiológica

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables microbiológicas del queso Crema de la región Costa para los factores de estudio se muestran en el Anexo 1. La interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) en la cuenta de mesófilos. No hubo presencia de coliformes totales en las muestras evaluadas lo que refleja las buenas prácticas de higiene y el efecto de factores como lo son el contenido de humedad, a_w y pH. Los valores promedio de bacterias mesófilas aerobias (BMA) presentes en el queso de las cuatro queserías de la región Costa se muestran en el Cuadro 25, se observó diferencia estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las queserías en cada época. Es decir el proceso de producción y manejo del queso así como las condiciones medioambientales tuvieron efecto sobre dicho conteo.

Cuadro 25. Calidad microbiológica del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Costa en dos épocas del año.

Mesófilos aerobios (log UFC / g)		
Q	Lluvias	Secas
Q1	5.67 $\pm$ 0.19 ^{aA}	3.94 $\pm$ 0.10 ^{aB}
Q2	4.23 $\pm$ 0.06 ^{bA}	5.27 $\pm$ 0.25 ^{bB}
Q3	3.91 $\pm$ 0.20 ^{bA}	6.81 $\pm$ 0.99 ^{cB}
Q4	6.29 $\pm$ 0.12 ^{aA}	5.76 $\pm$ 0.16 ^{bA}

^{a-c} Medias en columnas por época con la misma letra son estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

Los resultados del ANOVA de la probabilidad de las variables microbiológicas del queso Crema de la región Centro-Frailesca para los factores de estudio se muestran en el Anexo 2. La interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) en la cuenta de BMA y coliformes totales.

Los valores promedio de BMA y coliformes totales presentes en el queso de las cuatro queserías de la región Centro-Frailesca se muestran en el Cuadro 26, se observó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las variables de respuesta, respecto a las queserías en cada época del año, lo que sugiere que las prácticas sanitarias en la elaboración de este queso difiere en las queserías.

Cuadro 26. Calidad microbiológica del queso Crema de Chiapas elaborado en cuatro queserías de la región Centro-Frailesca en dos épocas del año.

Mesófilos aerobios (log UFC / g)			Coliformes totales (log UFC / g)		
Q	Lluvias	Secas	Q	Lluvias	Secas
Q5	5.86 ± 0.17 ^{a A}	6.59 ± 0.44 ^{ab B}	Q5	0.00 ± 0.00 ^{a A}	0.00 ± 0.00 ^{a A}
Q6	8.71 ± 0.16 ^{b A}	6.75 ± 0.41 ^{abc B}	Q6	0.00 ± 0.00 ^{a A}	2.59 ± 2.24 ^{b B}
Q7	3.83 ± 0.14 ^{c A}	6.38 ± 0.56 ^{abc B}	Q7	0.00 ± 0.00 ^{a A}	0.00 ± 0.00 ^{a A}
Q8	5.05 ± 0.08 ^{a A}	7.01 ± 0.28 ^{bc B}	Q8	0.00 ± 0.00 ^{a A}	0.00 ± 0.00 ^{a A}

^{a-c} Medias en columnas por época con la misma letra son estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

En época de lluvias no hubo presencia de bacterias coliformes totales en el queso evaluado y en época de secas el queso de la unidad Q6 mostro presencia de coliformes. Cosentino y Palmas (1997), indicaron que la presencia de coliformes en quesos se debe a una contaminación posterior al tratamiento térmico de la leche y a una deficiente higiene durante el proceso de producción. Así mismo, cuando el moldeo y el prensado se realizan sin las debidas prácticas de higiene, constituyen un riesgo para la proliferación microbiana (Sordo, 1983).

6. CONCLUSIONES

La interacción de los factores época y quesería tuvieron efecto sobre las variables composicionales de la leche, en la región Costa solo tuvo efecto sobre el contenido de proteína, caseína y lactosa, mientras que en la región Centro-Frailesca tuvo efecto en todas las variables composicionales, a excepción de la densidad. Dichas variables fueron diferentes entre las queserías en cada época, y fueron mayores en la época de lluvias en cada unidad de producción.

La interacción de los factores época quesería tuvieron efecto sobre las variables composicionales del queso producido en ambas regiones, a excepción del contenido de calcio del queso de la región Costa. Se observó el efecto de la calidad de la materia prima, el proceso de fabricación y manejo del queso, de cada quesería sobre las variables químicas del queso. El contenido de humedad del queso fue diferente entre todas las queserías en ambas épocas. El queso producido en la mayoría de queserías en la época de lluvias tuvo menor contenido de humedad. El contenido de grasa y proteína en el queso fueron mayores en la época de lluvias y variaron entre queserías pero en menor medida en la época de secas en la región Costa y en la de lluvias en la región Centro-Frailesca, el contenido de cenizas fue mayor en la época de secas.

El contenido de NaCl fue mayor en los quesos producidos en la época de lluvias. De acuerdo a la norma NMX-F-713-COFOCALEC-2005 el queso producido en la región Costa se clasificó como un queso semiduro y extragrasso, y el de la región Centro-Frailesca como semiblando y extragrasso.

La interacción de los factores época y quesería tuvieron efecto sobre las variables físicas del queso producido en ambas regiones, el pH y la a_w fueron diferentes entre las queserías en ambas épocas. En cuanto a las propiedades de color, en general fueron similares entre queserías de la región Costa-Frailesca, lo que nos muestra que en esta región el proceso de producción está más estandarizado.

La interacción de los factores época y queserías tuvieron efecto sobre las variables texturales del queso producido en ambas regiones, lo cual pudo deberse a la interacción de factores en la composición de la leche y el queso, como son la actividad microbiana, las condiciones de manufactura y de almacenamiento. La firmeza de los quesos producidos fue diferente en cada unidad de producción para ambas épocas y fue mayor en los quesos producidos en la región Costa. El resorteo y la cohesividad muestran poca variabilidad, en tanto la firmeza, la adhesividad y masticabilidad resultaron altamente variables en los quesos evaluados de la región Costa. La cohesividad, adhesividad y masticabilidad de los quesos de la región Centro Frailesca fueron similares entre las unidades en la época de secas.

El queso producido en ambas regiones tuvo un comportamiento de gel viscoelástico. En la región Costa la interacción de las variables independientes tuvo efecto significativo en los módulos de almacenamiento y pérdida, mientras que en el queso de la región Centro-Frailesca tuvo efecto sobre todas las variables reológicas, el queso de la época de secas tuvo una estructura más firme y elástica.

El queso Crema fue descrito sensorialmente con cinco grupos de atributos: apariencia, textura en mano, olor, sabor y textura en boca, con un total de once atributos. El queso elaborado en la región Costa se describió sensorialmente como de menor humedad y friabilidad, así como, de mayor firmeza, acidez y adhesividad, comparado con el elaborado en la región Centro-Frailesca. Los quesos de mayor aceptabilidad global fueron los de la región Centro-Frailesca, dicha aceptabilidad fue descrita por la aceptabilidad de la humedad, recubrimiento, acidez y amargor, teniendo mayor aceptabilidad los quesos de mayor humedad, que dejen poco recubrimiento, amargos y poco ácidos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Adda J. G. y Vassal L. J. 1982. The chemistry of flavour and texture generation in cheese. *Food Chemistry* 9(1):115-129pp.
- Álvarez S., Rodríguez V., Ruiz M. E. y Fresno M. 2007. Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. *Archivos de Zootecnia* 56 (Sup. 1):663-666.
- Alais CH. (1996). *Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera* 2da. ed. Reverté, Barcelona. 872 pp.
- Amiot J. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Leche: principios y aplicaciones*. Zaragoza. Acribia. 547 pp.
- Antoniou K. D., Petridis D., Raphaelides S., Ben O. Z. y Kesteloot R., 2000, Texture Assessment of French Cheeses. *Journal of Food Science* 65 (1): 168 -171.
- Anzadúa-Morales A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 198 pp.
- AOAC. (1989). *Official methods of analysis*. The Association of Official Analytical Chemist. USA.
- Awad S. (2006). Texture and flavour development in Ras cheese made from raw and pasteurized milk. *Food Chemistry* 97: 394–400 pp.
- Badui D. S., (1997). *Química de los Alimentos*. De Alhambra Mexicana. México, D. F. 15-39 y 581-610 pp.
- Badui-Dergal S. (1993) *Química de Alimentos*. Pearson Education. México. 28 pp.
- Benedito J., González R. Rosselló C. y Mulet A. (2000). Instrumental and Expert Assessment of Mahon Cheese Texture. *Journal of Food Science* 65 (7):1170-1174 pp.

- Bertozzi (1995). Designation of origin; Quality and specifications, Food Quality Preference 6: 143-147 pp.
- Bhaskaracharya R., K. y P. Shan, N. 2001. Texture and microstructure of skin milk Mozzarella cheese made using fat replacers. Australian of dairy Technology. 56(1): 9 – 14.
- Bovolenta S., Corazzin M., Saccà E., Gasperi F, Biasioli F. y VenturaW., (2009), Performance and cheese quality of Brown cows grazing on mountain pasture fed two different levels of supplementation. Dairy Science 92: 4756–4772 pp.
- Bríñez W. J., Valbuena J., Castro G. (2003). Efectos del mestizaje, época del año, etapa de lactancia y números de parto sobre la composición de leche cruda de vacas. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIII, Nº 6, 490-498 pp.
- BS 59-29: PART1: (1986). ISO6658-1985. Methods for Sensory Analysis of food. Part 1: General guide to methodology.
- Castañeda, R. A. (2000). Caracterización de quesos comerciales argentinos de pasta dura y semidura. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Argentina.
- Cervantes E. F., Villegas de G., Cesin V. A. y Espinoza O. A., (2008). Los quesos mexicanos genuinos. Ed. Mundi-Prensa, México.
- Chamorro C. y Losada M. (2002), El análisis sensorial de los quesos, Mundi-Prensa Libros.
- Chapman, K.W., H.T. Lawless, y K. J. Boor. (2001). Quantitative Descriptive Analysis and Principal Component Analysis for Sensory Characterization of Ultrapasteurized Milk. Journal Dairy Science. 84:12-20 pp.
- Choi J., Horne D. S., Johnson M. E. y Lucey J. A. (2008). Effects of the Concentration of Insoluble Calcium Phosphate Associated with Casein Micelles on the Functionality of Directly Acidified Cheese. Journal of Dairy Science 91(2):513–522.
- Chombo P. (2004) La denominación de origen del queso Cotija. Acompañamiento tecnológico para la certificación y la revaloración de productos artesanales, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), México.

- Chombo-Morales P. (2008). El queso Cotija Región de Origen (MC); un caso especial en los quesos mexicanos genuinos, Ed. Mundi-Prensa, México.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Bosset J.O., Jeangros B. (2001) Conjugated linoleic acid and trans fatty acid composition of cows' milk fat produced in lowlands and highlands, J. Dairy Res. 68: 519–523 pp.
- CONAGUA (2011). Información de precipitación por entidad federativa.
- Consentino, S., y F. Palmas. (1997). Hygienic conditions and microbial contamination in six ewe's-milk-processing plants in Sardinia, Italy. Journal of Food Protection. 60: 283- 287 pp.
- Costel, E., M. S. Fiszman, y L. Duran. (1997). Propiedades Físicas I. Reología de sólidos y textura. Técnicas en Tecnología de Alimentos. Vol. I. Dirección de Publicaciones Materiales Educativos Tresguerras. México, D.F. 215-259 pp.
- Díaz C. A. (2009). Diseño estadístico de experimentos. 2da edición. Editorial Universidad de Antioquía. Colombia. 153 -170 pp.
- Dilinjan, S. Ch., (1984). Fundamentos de la elaboración del queso. Editorial Acribia, Zaragoza, España
- Drake, D. J., T. D. Boylston y B. G. Swanson. (1996). Fat mimetics in low-fat Cheddar cheese. Journal Food Science. 61(6):1267-1271 pp.
- Emmons, C. A., B. J. Sutherland, y R. Lowrie. (1980). Milk gel structure X. Texture and microstructure in Cheddar cheese made from whole milk and homogenized low fat milk. J. Texture Stud. 11:15-34 pp.
- Fabro M. A., Milanesio H. V., Robert L. M., Speranza J. L., Murphy M., Rodríguez G., y Castañeda R. (2006). Technical Note: Determination of Acidity in Whole Raw Milk: Comparison of Results Obtained by Two Different Analytical Methods. Journal of Dairy Science Vol. 89 No. 3.
- Foegeding E. A. y Drake M. A. (2007). Invited Review: Sensory and Mechanical Properties of Cheese Texture. Journal Dairy Science 90 (4):1611-1624 pp.
- Fox M. P. (1993). Contribution of the indigenous microflora to the maturation of Cheddar cheese. J. Dairy Science. 3:113-134.

- Fox P. F. y McSweeney P. L. H. (1998). Dairy Chemistry and Biochemistry. London: Chapman & Hall.
- Fresno M., Rodríguez V., Ruiz M. E. y Álvarez S. (2007). Comparación de pruebas instrumentales y visuales en la percepción del color de quesos ahumados. Archivos de Zootecnia 56 (1): 699-704 pp.
- Gómez C. H., Tewolde M. A. y Nahed T. J. (2002). Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. Archivos Latinoamerica Produccion Animal 10(3): 175-183 pp.
- Gorewit, R. C. (2003). Factores que Afectan la Composición y el Rendimiento de la Leche. Memorias. Digal. 30-34 pp.
- Granados G. L y Álvarez J. C. (2007). Caracterización de explotaciones de vacuno lechero para la implementación de un sistema de denominación de origen. El caso de queso Turrialba en Costa Rica. Revista Interciencia 32(2): 85-92 pp.
- Guerrero H. L. (2002). Composición láctea y rendimiento quesero de vacas de la raza Criollo Lechero Tropical. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
- Guinee, T. 2002. The Functionality of cheese as an ingredient: a review Aust. Journal Dairy Technology. 57(2):79-91 pp.
- Hernández M. C., (2007), Caracterización de Queso Añejo de Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Licenciatura UACH, México
- Hernández-Briones V. (2007). Queso Cotija: Estudio del análisis fisicoquímico, proximal y actividad antioxidante. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM.
- Hernández-Morales C., Hernández-Montes A., Aguirre-Mandujano E. y Villegas G. A. (2010). Physicochemical, microbiological, textural and sensory characterisation of Mexican Añejo cheese. International Journal of Dairy Technology 63(4):552-560.
- Ibañez F. C., Loygorri S., Ordoñez A. y Torre P. (1998). Evaluación instrumental y sensorial de la textura en quesos de oveja con Denominación de Origen. Alimentaria 292: 49-53 pp.

- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). (2006a). Declaración de la protección de la denominación de origen. IMPI-01-008. Comisión Federal de Mejora Regulatoria, Secretaria de Economía, México.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). (2006b). Guía de usuarios de signos distintivos. IMPI-01-008. Comisión Federal de Mejora Regulatoria, Secretaria de Economía, México.
- Jaros, D.; Petrag, J.; Rohm, H. y Ulberth, F. (2001). Milk fat composition affects mechanical and rheological properties of processed cheese. *Journal Applied Rheology* 11(1); 19-25 pp.
- James, C. S (1999). *Analytical chemistry of foods: An Aspen Publication*, Gaithersburg, Maryland.
- Jenness R. y Holt C. (1987). Casein and lactose concentrations in milk of 31 species are negatively correlated. *Experientia* 43: 1015-1018 pp.
- Jenness R. y Sloan R. E. (1970). The composition of milk of various species: a review. *Dairy Science Abstracts* 32: 599-612 pp.
- Karimi M. y Ehsani M.R. (2009). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food Chemistry* 112: 539-544pp.
- Karoui R. y Dufour E. (2003). Dynamic testing rheology and fluorescence spectroscopy investigation of surface to centre differences in ripened soft cheeses. *International Dairy Journal*. 13: 973-985 pp.
- Lau K., Borbane D., y Rasmussen R. (1991). Influence of pasteurization of milk on protein breakdown in Cheddar cheese during aging. *Journal Dairy Science* 74:727-740 pp.
- Law A. (1997). *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk Editorial Blackie Academic & Profesional*. New Cork, USA.
- Lawrence C.R. Heap A.H. y Gilles J. (1984). A controlled approach to cheese technology. *Journal of Dairy Science* 67(8): 1632-1645 pp.
- Lucas A., Rock E., Chamba J. E., Verdier-Metz I., Brachet P. y Coulon J. (2006). Respective effects of milk composition and the cheese-making process on

- cheese compositional variability in components of nutritional interest. *Lait* 86: 21–41 pp.
- Lucey J. A., Johnson M. E. y Horne D. S. (2003). Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science* 86(9):2725–2743 pp.
- Lucey J.A. y Fox P.F. (1993). Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: a review. *Journal of Dairy Science* 76(6): 1715-1721 pp.
- Luquet M. F. (1991). *Leche y Productos Lácteos Vaca-Oveja-Cabra*. Acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Madrid V. A. (1996). *Curso de Industrias Lácteas*. Editorial Mundiprensa. AMB Ediciones. Madrid, España. 604 pp.
- Martín del Campo M.G., Gómez H. H., Alanís O. R. (2008). Bacterias ácido lácticas con capacidad antagónica y actividad bacteriocinogénica aisladas de quesos frescos. *e-Gnosis* 6:1-17 pp.
- Martínez V. G., Palacios F., Bustamante G, Ríos U., Eliezer V. M., Montañó M. B. Composición de leche de vacas Criollo, Guzerat y sus cruza F1 y su relación con el peso al destete de las crías. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2010;1(4):311-324
- Mas M. M., González C. J. y Nieto V. M. (1991). Queso del Casar: caracterización productiva, fisicoquímica y microbiológica. *Archivos Zootecnia* 40: 359-369 pp.
- Meilgaard, M., B. T. Carr, y G. V. Civille. (1991). *Sensory Evaluation Techniques*. 2ª ed. CRC Press, Inc. USA. 354 pp.
- Molimard P. y Spinnler H. E. (1996). Review: compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *Journal Dairy Science* 79: 169-184 pp.
- Montero H., Araniber G. F., Cañameras C. y Castañeda R., (2005), *Metodología para la caracterización sensorial de quesos argentinos*. Jornadas de análisis sensorial. Tendencias actuales y aplicaciones, Argentina
- NMX-F-700-COFOCALEC-2004, Sistema Producto Leche – Alimentos – Leche cruda de vaca–Especificaciones físico-químicas y sanitarias y métodos de prueba.

- NMX-F-713-COFOCALEC-2005, Sistema Producto Leche – Alimentos – Lácteos – Queso y queso de suero – Denominaciones, especificaciones y métodos de prueba.
- NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos y procesados. Especificaciones sanitarias.
- NOM-155-SCFI-2003, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado- Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- Ortiz H. M., Culebro P. M. y Jiménez R. L. (2010). “Reseña Histórica del Queso Crema Chiapas”. En: Reseña Histórica y Caracterización del Sistema Leche-Queso Crema Chiapas. Grupo de Asesores Multidisciplinarios (GAM). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Pavia M., Trujillo A. J., Guamis B. y Ferragut V. (1999). Evolución de la composición y textura de un queso de oveja en la maduración. *Alimentaria*. 306: 43-47 pp.
- Pelaez, P. et al., (2003). Caracterización fisicoquímica de los quesos frescos elaborados con leche de cabra en la Isla de Tenerife. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos 4(2). 103-108 pp.
- Pérez C. M., M. Bourne, y B. O. Juliano. (1996). Measuring hardness distribution of cooked rice by single-gain puncture. *Journal of Texture Studies* 27(1):1-14 pp.
- Piggott J. R., y Mowat R. G. (1997). Sensory Aspects of Maturation of Cheddar Cheese by Descriptive Analysis. Chapter 2.1. Descriptive Sensory Analysis in Practice. USA. 149-162 pp.
- Portilla M. M. C. y Caballero P.L. A. (2009). Influencia de la materia grasa y la acidez de la leche sobre las características físico-químicas del queso pera tipo Chitaga. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* 7(2).
- Portilla M. M., Caballero P. L. (2009). Influencia de la materia grasa y acidez de la leche sobre las características Físico-Químicas del queso Pera tipo Chitaga. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* 7(2):

- Potter N. N. (1978). Food Science. 3a ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Purroy M., Hernández B., Sáenz C. y Torre P. (2005). Escalas subjetivas de color en queso de Roncal. Correlación con las medidas Instrumentales. *Óptica Pura y Aplicada* 38(1): 1-3 pp.
- Qian M., Reineccius G. (2002) Identification of aroma compounds in Parmigiano_Reggiano cheese by gas chromatography/olfatometry. *Journal of Dairy Science* 85: 1362-1369 pp.
- Ramos I. B., Bucio G. A., Bautista M. C., Aranda I. E., Izquierdo R. F. (2009). Aislamiento, identificación, y caracterización de bacterias ácido lácticas para la elaboración de queso Crema Tropical. *Revista Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 25(2):159-171
- Rodríguez G. (2001). La denominación de origen y el mercado de la distinción. CIESAS/SAGARPA, México.
- Rogers N. R., McMahon D. J., C. R. Daubert, Berry T. K. y Foegeding E. A. (2010). Rheological properties and microstructure of Cheddar cheese made with different fat contents. *Journal of Dairy Science* 93 (10): 4565–4576 pp.
- Romero-Castillo P. A., Leyva-Ruelas G., Cruz-Castillo J. G. y Santos-Moreno A. (2009). Evaluación de la calidad sanitaria de queso crema tropical mexicano de la región de Tonalá, Chiapas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 8(1): 111-119 pp.
- Roudot A-C., 2004, Reología y análisis de la textura de los alimentos, Editorial Acirbia, Zaragoza España.
- Sabio, E, y M.C. Vidal-Aragon. (1996). Análisis de la Fracción Volátil del Queso Ibores. *Alimentaria*. 12:101-103 pp.
- Sallami, L., E. E. Kheadr, I. Fliss, y J. C. Vuilleumard. (2004). Impact of autolytic, proteolytic, and nisin-producing adjunct cultures on biochemical and textural properties of Cheddar cheese. *Journal Dairy Science* 87:1585-1594 pp.
- Sanchez-Ponte, M.D. (2003). Maduración acelerada de queso con bacterias lácticas atenuadas aérmicamente. *Revista Científica, FCV-LU*.

- Santini Z. G., Alsina D. A., Athaus R. (2007). Evaluación de la textura de quesos de oveja. Aplicaciones del análisis factorial discriminante, Revista FAVE - Ciencias Agrarias 5 (6):1-2
- Santos M.A. (1996). Leche y sus derivados. Edit. Trillas. México D.F.
- SAS Institute Inc. (2008). SAS/STAT 9.1 User's Guide: The GLM Procedure (Book Expert), Cary,NC: SAS Institute Inc.
- Schlimme E. (2002). La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas. ACRIBIA. Zaragoza. 87-94 pp.
- Shimp L. A. (1985). Process cheese principles. Food Technology, 5(5):63–69 pp.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2009). SAGARPA.
- Sordo J. (1983). Hinchazón de los quesos, causas y medios para combatirlos. Industrias Lácteas Españolas 51(33): 58 pp.
- Sousa M, J., Ardö Y., McSweeney P. L. H. (2001). Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. Int. Dairy J. 11: 327-345 pp.
- Tomé D., Bos C., Mariotti F., Gaudichon C. (2002). Protein quality and FAO/WHO recommendations, Scie Alim. 22: 393–405pp.
- Trépanier G., R. E. Simard, y B. H. Lee. (1991). Effect of added Lactobacilli on composition and texture of Cheddar cheese during accelerated maturation. Journal Food Science 56:696-700 pp.
- Tunick M. H., Van Hekken D. L., Call J., Molina- Corral J. F., y Gardea A. A. (2007). Queso Chihuahua: Effects of seasonality of cheesemilk on rheology. International Journal of Dairy Technology 60:13-21 pp.
- Tunick, M. H. (2000). Rheology of dairy foods that gel, stretch and fracture. Symposium Dairy products Rheology. Journal of Dairy Science. 83:1892-1898 pp.
- Van Hekken D. L., Tunick M. H., Tomasula M P., Molina- Corral J. F. y Gardea A. A., 2007, Mexican Queso Chihuahua: rheology of fresh cheese. International Journal of Dairy Technology. 60(1):5-12.
- Villafuerte D, García MC, Meza S. (1987). La cuestión ganadera y la deforestación: viejos y nuevos problemas en el trópico y Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas.

- Villegas de G. A. (1993). Los quesos mexicanos. CIESTAAM, 41-53
- Villegas de G. A. (2004). Tecnología quesera, Ed. Trillas, México.
- Villegas de G. A. (2008). Los quesos mexicanos genuinos (Necesidad de su rescate y revalorización). Revista Carnilac 12 - 19 pp.
- Wadsworth, J. (1992). Dual purpose cattle production: a system overview. In: Dual Purpose Cattle Production Research. Eds. S. Anderson and J. Wadsworth. International Workshop. IFS- FMVZ-UADY. Mérida, México 2-27 pp.
- Walstra, P. (2003). Physical Chemistry of Foods. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.
- Walther B., Schmid A. y Sieber R. (2008). Cheese in nutrition and health, Dairy Science Technology 88: 389-405 pp.
- Wattiaux M. (2010) Esenciales Lecheras: Nutrición y alimentación. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera Universidad de Wisconsin-Madison; en: <http://babcock.cals.wisc.edu.es> Consultado 20 de diciembre del 2010.
- Zino M., Codurso C., Romero V., Guiffrida D. y Varzera A. (2005) Characterization of "Provola dei Nebrodi", a typical Sicilian cheese, by volatiles analysis using SPME-GC/MS. International Dairy Journal 15: 585-590 pp.

8. ANEXOS

Anexo1. Significancia de los efectos, coeficientes de determinación y de variación de los factores de estudio observados en la región Costa.

Variable Respuesta	Significancia observada	R ²	CV	Significancia de efectos factoriales		
				A	B	AB
% Grasa	0.0012	0.731	7.884	0.0004	0.0201	0.3155
% Proteína	<.0001	0.948	1.155	<.0001	<.0001	<.0001
% Caseína	<.0001	0.959	0.791	<.0001	<.0001	<.0001
% Lactosa	0.0008	0.747	1.182	0.0053	0.0012	0.0202
Caseína/proteína	<.0001	0.904	0.584	<.0001	0.0010	0.1127
Grasa/proteína	0.0008	0.747	7.942	<.0001	0.3149	0.5688
% Humedad	<.0001	0.994	1.361	<.0001	<.0001	<.0001
% Grasa	<.0001	0.963	6.268	0.0419	0.0182	0.0007
% Proteína	0.0009	0.741	10.523	0.1661	<.0001	0.0470
% Cenizas	<.0001	0.997	4.23	<.0001	<.0001	<.0001
% Ca	0.0490	0.5391	41.851	0.7462	0.0026	0.2168
% NaCl	<.0001	0.931	9.278	0.0004	<.0001	<.0001
Aw	<.0001	0.926	0.615	0.0401	0.0006	<.0001
pH	<.0001	0.961	1.065	<.0001	<.0001	<.0001
Luminosidad	<.0001	0.878	0.520	0.0016	<.0001	<.0001
Índice de amar.	<.0001	0.965	2.298	<.0001	0.0476	<.0001
Tono	<.0001	0.995	0.490	<.0001	<.0001	<.0001
Pureza de color	<.0001	0.943	2.654	<.0001	0.0011	<.0001
Firmeza	<.0001	0.973	7.455	<.0001	<.0001	<.0001
Resorteo	0.0006	0.758	18.402	0.4366	<.0001	0.0351
Cohesividad	<.0001	0.829	115.147	0.0005	0.0006	0.0009
Adhesividad	0.1040	0.478	-86.201	0.4478	0.0799	0.0736
Masticabilidad	<.0001	0.894	21.209	<.0001	<.0001	<.0001
G´	<.0001	0.973	11.948	0.0042	<.0001	<.0001
G´´	0.0013	0.729	21.541	0.0121	0.0075	0.0053
tan δ	0.0005	0.761	8.731	0.0170	<.0001	0.1039
G´=G´´	0.0010	0.738	48.224	0.1758	<.0001	0.7367
Mesófilos	<.0001	0.917	7.280	<.0001	0.0163	<.0001

Anexo 2. Significancia de los efectos, coeficientes de determinación y de variación de los factores de estudio observados en la región Centro-Frailesca.

Variable respuesta	Significancia observada	R ²	CV	Significancia de efectos factoriales		
				A	B	AB
% Grasa	<.0001	0.949	3.258	<.0001	0.1502	0.0001
% Proteína	<.0001	0.986	0.671	<.0001	<.0001	<.0001
% Caseína	<.0001	0.979	0.960	<.0001	<.0001	<.0001
% Lactosa	<.0001	0.855	1.306	0.151	<.0001	0.0449
Caseína/proteína	<.0001	0.956	0.510	0.0218	<.0001	<.0001
Grasa/proteína	<.0001	0.870	3.929	<.0001	0.9615	0.0013
% Humedad	<.0001	0.911	3.558	<.0001	0.075	<.0001
% Grasa	0.0009	0.744	7.521	0.0419	0.0182	0.0007
% Proteína	<.0001	0.911	7.758	0.0457	<.0001	<.0001
% Cenizas	<.0001	0.946	12.880	<.0001	<.0001	0.0132
% Ca	<.0001	0.839	14.363	<.0001	0.1119	0.0002
% NaCl	<.0001	0.888	13.647	<.0001	<.0001	0.0124
aw	<.0001	0.868	0.957	0.0004	<.0001	0.0015
pH	0.0001	0.806	2.279	0.0021	0.0283	0.0002
Luminosidad	<.0001	0.961	0.298	<.0001	<.0001	0.0179
Índice de amar.	<.0001	0.934	3.638	<.0001	<.0001	0.004
Tono	<.0001	0.848	0.611	0.0016	<.0001	0.0004
Pureza de color	<.0001	0.922	3.987	<.0001	<.0001	0.0016
Firmeza	<.0001	0.973	7.455	<.0001	<.0001	<.0001
Resorteo	<.0001	0.823	15.578	<.0001	0.0201	0.0039
Cohesividad	0.0106	0.635	17.998	0.0138	0.5246	0.0214
Adhesividad	0.0002	0.788	-43.976	0.0009	0.003	0.0043
Masticabilidad	<.0001	0.840	23.451	0.0055	<.0001	0.0002
G´	<.0001	0.906	12.903	<.0001	0.0003	<.0001
G´´	0.0013	0.729	21.541	0.0121	0.0075	0.0053
tan δ	<.0001	0.936	2.717	<.0001	<.0001	0.0038
G´=G´´	0.0006	0.756	29.317	0.0039	0.083	0.0012
Mesófilos	<.0001	0.963	5.141	<.0001	<.0001	<.0001
Coliformes tot.	0.0103	0.636	245.069	0.0267	0.0629	0.0267

Anexo 3. Coeficientes de correlación del análisis PLS1 para las variables composicionales del queso y las variables texturales y reológicas del queso producido en la región Costa.

	Firmeza	Cohesividad	Adhesividad	G´	G´´	G´´=G´
pH	4.54E-02	-0.567	3.84E-02	0.491	0.488	0.344
Humedad	-0.785	3.85E-02	0.628	0.332	0.302	0.434
Grasa	0.421	0.112	-0.608	-0.485	-0.476	-0.519
Proteína	-0.363	0.446	-0.379	-0.419	-0.452	-0.394
Calcio	0.269	-0.682	0.302	0.488	0.49	0.518

Anexo 4. Coeficientes de correlación del análisis PLS1 para las variables composicionales del queso y las variables texturales y reológicas del queso producido en la región Centro-Frailesca.

	Firmeza	Masticabilidad	Tan δ
pH	-0.555	-0.461	-0.135
Humedad	-0.459	-0.349	0.339
Grasa	0.449	0.411	3.21E-02
Proteína	0.438	0.49	0.8
Calcio	-0.297	-0.506	-0.474