



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA,
MICROBIOLÓGICA, REOLÓGICA Y SENSORIAL DEL
QUESO DE PORO, DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS,
TABASCO.**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

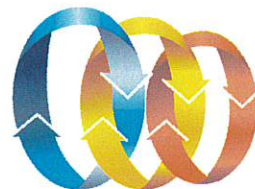
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

P R E S E N T A:

CITLALLI CELESTE GONZÁLEZ ARICEAGA

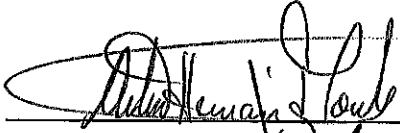


Agosto 2009
Chapingo, Estado de México


CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, REOLÓGICA Y SENSORIAL DEL
QUESO DE PORO DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS, TABASCO.

Tesis realizada por **Citlalli Celeste González Ariceaga** bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

CODIRECTOR: 
DR. ARTURO HERNÁNDEZ MONTES

CODIRECTOR: 
DR. ELEAZAR AGUIRRE MANDUJANO

ASESOR: 
M.C. ABRAHAM VILLEGAS DE GANTE

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento de mis estudios.

A los profesores Dr. Arturo Hernández Montes y el Dr. Eleazar Aguirre Mandujano por guiarme en la realización de este trabajo.

Al M.C. Abraham Villegas de Gante por su asesoría, sus consejos y su apoyo en la revisión de este trabajo.

A la Asociación de Productores de Queso de Poro, particularmente a las queserías: Usumacinta, La Cumbre, Bejucal, 4 Hermanos y El Tigre.

A Mauricio, Vicky, Doris e Indalecio por facilitarme los laboratorios y ayudarme con los análisis químicos proximales, microbiológicos y de ácidos grasos volátiles libres.

A los integrantes del panel: Aldo, Ana María, Fernanda, Guadalupe, René, Sarahi y Úrsula, así como a Lilia por su colaboración durante la fase de entrenamiento.

A mi compañero Juan Antonio Torres De La Cruz, por su ayuda en la obtención de los datos fisicoquímicos y las pruebas de aceptabilidad global.

A mis padres Sergio y Nohemi, así como mis hermanos Ana Lucía y Sergio, por su apoyo, cariño y comprensión.

A Ana, Max y sus hija, por acogerme en su casa y me tratarme como un miembro más de su familia durante los últimos dos años.

A los mejores amigos que me pudieron tocar en esta vida por estar conmigo siempre, apoyarme y ayudarme en esta aventura.

DATOS BIOGRÁFICOS

Citlalli Celeste González Ariceaga, estudió la carrera de Ingeniera en Industrias Alimentarias en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey (ITESM-Campus Monterrey). Desarrolló una estancia de investigación en el Centro de Biotecnología del ITESM-Campus Monterrey, en un proyecto de desarrollo de nuevos productos alimentarios: aguacate y mango conservado por alta presión hidrostática, realizó pruebas de aceptabilidad con consumidores, y ha tomado cursos de actualización sobre metodología sensorial con el Dr. Michael O'Mahony de la Universidad de California, Davis.

CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, REOLOGÍA Y SENSORIAL DEL QUESO DE PORO DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS, TABASCO

PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, RHEOLOGICAL AND SENSORY CHARACTERIZATION OF PORO CHEESE FROM THE REGION DE LOS RIOS

CITLALLI CELESTE GONZÁLEZ ARICEAGA
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

(Bajo la dirección de Arturo Hernández Montes y Eleazar Aguirre Mandujano)

RESUMEN

En el 2003 en el mundo se consumieron más de 17 millones de toneladas de queso. En México se producen más de treinta tipos de queso artesanal, como el Queso de Poro de la Región de Los Ríos, Tabasco. Esta investigación estudió las características fisicoquímicas de la leche y este queso, así como sus características de color, textura, reología, composición de AGVL y sensoriales de en dos temporadas del año. Se seleccionaron quesos de cinco queserías, se realizaron análisis químico-proximal, y fisicoquímicos de leche y queso, se determinó la calidad sanitaria así como: color (L^* , a^* , b^* e índice de amarillamiento), textura (análisis de perfil de textura) y reología (pruebas dinámicas oscilatorias de baja amplitud). Se realizó un análisis sensorial descriptivo y pruebas de aceptabilidad global. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar ($P < 0.05$). Los valores de índice de amarillamiento oscilaron entre 31.28 y 34, los de dureza entre 9.81 y 30.34 N. El módulo elástico (981.9 - 1081.14 kPa) siempre fue superior al módulo viscoso (67.4 - 173.98). El queso QP1 tuvo las mayores concentraciones de Ca^{2+} y NaCl. En general los quesos tuvieron más ácido butírico (316.99 - 1025.46 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) que ácido acético (17 - 334.319 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y ácido propiónico (9.44 - 64.42 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). De los quince atributos del análisis descriptivo solo ocho fueron significativamente diferentes entre queserías; no existió diferencia para la aceptabilidad global de los quesos evaluada por consumidores, aunque los productores consideraron que el QP4 es el mejor queso.

Palabras clave: queso, leche, sensorial, reología, aceptabilidad.

ABSTRACT

In 2003 more than 17 million of cheese were consumed in the world. In Mexico there are more than thirty types of traditionally-made cheeses, such as Queso of Poro from the Región de Los Ríos. This research examined the physicochemical characteristics of milk and cheese as well as characteristics of color, texture, rheology, AGVL composition and sensory attributes of the aforementioned cheese in two seasons of the year. Cheeses were selected from five dairies. Proximal and physicochemical analysis of milk and cheese were carried out, microbiological analysis was performed, and the following characteristics were also determined: color (L^* , a^* , b^* and yellow index), texture (Texture Profile Analysis), and rheology (Dynamic oscillatory tests of low-amplitude). Then a descriptive sensory analysis and global acceptability tests were performed. Data were analyzed in a completely randomized design ($P < 0.05$). The yellow index values ranged between 31.28 and 34, the hardness between 9.81 and 30.34 N. The elastic modulus (981.9 - 1081.14 kPa) was always higher than viscous modulus (67.4 - 173.98). Cheese QP1 had the highest concentrations of Ca^{2+} and NaCl. In general, the cheeses had more butyric acid (316.99 - 1025.46 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) than acetic acid (17 - 334.319 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) and propionic acid (9.44 - 64.42 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Of the 15 attributes included in the descriptive analysis, only eight were significantly different among cheese factories; there were no differences in the global acceptability of cheeses evaluated by consumers, although producers considered QP4 to be the best cheese.

Key words: cheese, milk, sensory, rheology, acceptability.

CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	ii
DATOS BIOGRÁFICOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
La leche	4
Los quesos.....	5
Queso de Poro, que es y donde se produce	8
Evaluación sensorial de quesos	9
Análisis reológico de quesos	13
Análisis de textura de quesos	15
Determinación de color de quesos	17
Determinación de ácidos grasos volátiles libres (AGVL) en quesos	18
Análisis microbiología de quesos	19

	Página
JUSTIFICACIÓN	22
OBJETIVO.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	25
Análisis químico proximal de la leche	26
Análisis fisicoquímico de la leche	26
Análisis químico proximal del queso	27
Análisis fisicoquímico del queso	27
Análisis de la microbiológico del queso	27
Análisis de color del queso	28
Análisis de textura del queso	28
Análisis reológico del queso	29
Determinación de ácidos grasos volátiles libres en el queso	29
Análisis sensorial de quesos de Poro	30
Análisis estadístico.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Composición y calidad de la leche utilizada para la elaboración del queso poro	32
Composición y las propiedades fisicoquímicas del queso	36
Calidad sanitaria del queso	41
Propiedades de color del queso de Poro	44

	Página
Propiedades de textura del queso de Poro	47
Propiedades reológicas del queso de Por	51
Composición de ácidos grasos volátiles libres en el queso de Poro	58
Evaluación sensorial descriptiva de quesos de Poro	59
Aceptabilidad sensorial del queso de Poro	65
Evaluación por consumidores.....	65
Evaluación por productores.....	65
Variables fisicoquímicas vs. descriptivas (PLS2)	68
CONCLUSIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	82

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Análisis químico proximal y pruebas fisicoquímicas de la leche en temporada de lluvias y estiaje	35
Cuadro 2. Análisis químico proximal y propiedades fisicoquímicas de queso Poro.....	40
Cuadro 3. Humedad del queso elaborado en temporada de lluvias	40
Cuadro 4. Humedad del queso elaborado en temporada de estiaje	40
Cuadro 5. Calidad microbiológica del queso	43
Cuadro 6. Variables de color en temporada de lluvias	45
Cuadro 7. Variables de color en temporada de estiaje	45
Cuadro 8. Textura de quesos de temporada de lluvias	49
Cuadro 9. Textura de quesos de temporada de estiaje	49
Cuadro 10. Módulos de pérdida y almacenamiento del queso en temporada de lluvias	56
Cuadro 11. Módulos de pérdida y almacenamiento del queso en temporada de estiaje	56
Cuadro 12. Contenido de ácidos grasos volátiles libres en los quesos de temporada de estiaje de las diferentes queserías	59
Cuadro 13. Descriptores sensoriales, definidos y referencias para la evaluación de Queso de Poro	62
Cuadro 14. Medias de los valores de la intensidad de los atributos sensoriales identificados en el queso de Poro	63

Cuadro 15. Cargas de correlación de los primeros dos componentes principales del ACP de los atributos sensoriales del queso	64
Cuadro 16. Valores promedio de aceptabilidad global para Queso de Poro por parte de los consumidores	65
Cuadro 17. Valores promedio de aceptabilidad global para Queso de Poro por parte de los productores	66
Cuadro 18. Coeficientes de correlación del PLS2 de los atributos sensoriales y fisicoquímicos	69
Cuadro 19. Comparación del proceso de producción de queso de Poro	83
Cuadro 20. Coeficientes de para la ecuación (1) del PLS, predicción del valor de aceptabilidad global	85
Cuadro 21. Coeficientes de las ecuaciones para predecir variables químicas proximales y fisicoquímicas a partir de datos descriptivos (PLS 2)	86

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Producción total anual de leche en México (SIAP, 2008)	5
Figura 2. Producción nacional de quesos por año en toneladas (SIAP, 2008)	7
Figura 3. Valor de la producción nacional anual de queso en miles de pesos (SIAP, 2008)	7
Figura 4. Tabasco. División municipal (INEGI 2005)	9
Figura 5. Gráficas promedio de módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'')	53
Figura 6. Medias de los valores de la intensidad de los atributos sensoriales identificados en el Queso de Poro	63
Figura 7. Mapa de preferencia interno para la aceptabilidad global del Queso de Poro	64
Figura 8. Mapa de preferencia interno para la aceptabilidad global del Queso de Poro.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS

ACP – análisis de componentes principales

AGVL – ácidos grasos volátiles libres

ANOVA – análisis de varianza

AOAC – Asociación Oficial de Analistas Químicos

CNIEL – Centro Nacional Interprofesional de Economía de la Industria Lechera en Francia

CP1 – componente principal 1

CP2 – componente principal 2

CP3 – componente principal 3

CPs – componentes principales

DCA – diseño completamente al azar

DMS – diferencia mínima significativa

FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

G' – módulo de almacenamiento

G'' – módulo de pérdida

IA – índice de amarillamiento

IMPI – Instituto Mexicano de la Protección Industrial

INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INFD – Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal

PLS1 – regresión de cuadrados mínimos parcial 1

PLS2 – regresión de cuadrados mínimos parcial 2

SIAP – Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

SNG – sólidos no grasos

TPA – Análisis de Perfil de Textura

INTRODUCCIÓN

La FAO estima que durante 2005 la producción mundial de quesos fue de 18, 716,118 toneladas. Este mismo organismo reporta que el consumo mundial de queso durante 2003 fue de 17, 740,204 t, siendo Grecia el país con mayor consumo anual per cápita (25 kg per cápita). Sin embargo, en el Centro Nacional Interprofesional de Economía de la Industria Lechera en Francia (CNIEL, 2008) se reportó que el principal país consumidor de quesos durante 2007 fue Francia, con un consumo per cápita de 24 kg. Durante 2005 en México se produjeron 149,166 t de queso, el consumo total del país en el 2003 fue de 216,912 t, con un consumo per cápita de 2 kg (FAO, 2009).

En México se elaboran más de una treintena de tipos diferentes de quesos, la mayor parte artesanales y de difusión regional. La quesería es una actividad económicamente importante, pues es una fuente de trabajo e ingresos para las familias de las regiones productoras (Villegas, 2004).

El queso de Poro es un producto genuino de producción artesanal, que se elabora en la región de Los Ríos, en el estado de Tabasco, principalmente en el municipio de Balancán. Es elaborado a base de leche cruda de ganado cebuino, o de la cruce de cebú-pardo suizo. El tipo de pasta de este queso es blanda y prensada. Tiene una ligera maduración, que ocurre durante su elaboración y distribución (Cervantes-Escoto, *et. al.* 2006).

Este producto está ligado a la cultura y la sociedad de una zona geográfica determinada; sin embargo, se ve amenazado por la competencia desleal que representan productos de imitación, que causan un afecto negativo sobre toda la cadena agroindustrial de producción de queso de Poro. Además se carece de estudios sistematizados que muestren qué es lo que los consumidores aprecian del queso de Poro.

La apertura comercial y la globalización son fenómenos mundiales que han traído consigo mercados más exigentes que demandan productos de calidad constante. Esta situación representa un gran reto para los productores artesanales de México y el mundo, por ello se han realizado diversos estudios que permiten comparar las características de los quesos y establecer estándares de calidad sostenidos para el establecimiento de un perfil general de cada tipo de queso. Por ejemplo, en 2000 Antoniou *et al.* realizaron una evaluación textural de quesos franceses, que resultó en la clasificación de los mismos según su textura; Di Cagno *et al.* (2003) compararon las características microbiológicas, composicionales, bioquímicas, volátiles y sensoriales del queso italiano Pecorino; autores como Verdini *et al.* (2002), Bárcenas *et al.* (2003) y Brickley *et al.* (2007) han evaluado los cambios texturales de diversos tipos de queso durante la maduración. La fracción volátil de los quesos españoles, así como su relación con las características sensoriales, fue estudiada en 2005 por Barrón *et al.* En quesos mexicanos, distintos investigadores han estudiado las características químicas (Díaz-Cinco *et al.*, 1992), microbiológicas (Bricker *et al.*, 2005), reológicas (Tunick *et al.*, 2007; Van Hekken *et al.*, 2007) y sensoriales (Van Hekken *et al.*, 2006) del queso

Chihuahua; además se ha trabajado con las características sensoriales, texturales, químicas y de color del queso Cotija (Plascencia-Navarro y Villanueva-Rodríguez, 2004). Otro queso mexicano estudiado fue el Queso añejo de Zacazonapan, se caracterizó desde el punto de vista reológico, microbiológico y sensorial, además de estudiarse su sistema agroindustrial (Hernández, 2007).

El objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades reológicas, fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de quesos de Poro de la Región de Los Ríos, con relación a la quesería de procedencia, la temporada de producción (lluvia y estiaje) y la edad del queso. La finalidad fue integrar un expediente con las características fisicoquímicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales que definen a este producto, de forma tal que la información generada sirva como una herramienta más para demostrar que el Queso de Poro es un producto genuino que merece ser protegido, y de esta forma contribuir al desarrollo de la región.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La leche

La leche es el líquido segregado por las hembras de los mamíferos a través de las glándulas mamarias, cuya finalidad básica es alimentar a su cría durante un determinado tiempo; su importancia económica se basa en el alto valor nutritivo, y su contenido de sustancias que actúan como parte fundamental de los sistemas inmunológico y de protección del recién nacido (Fox y McSweeney, 1998).

En México, la leche se ha considerado desde antaño como un alimento básico para la población (Villegas, 2004). La producción de leche de bovino durante 2007 fue de 10, 345,982 miles de litros, siendo los principales estados productores Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz y Estado de México (SIAP, 2008). La Figura 1 muestra el comportamiento de la producción anual de leche en México en los últimos años.

La producción Nacional de leche deriva de tres sistemas bien diferenciados: el intensivo, el familiar o de traspatio y el extensivo o de doble propósito. Este último es el propio del trópico, donde se utiliza el pastoreo directo en parcelas inducidas o naturales y ganado de diversas razas cebuinas o cruza con razas europeas. Su producción es baja por las lactancias cortas y el limitado rendimiento por cabeza (Villegas, 2004).

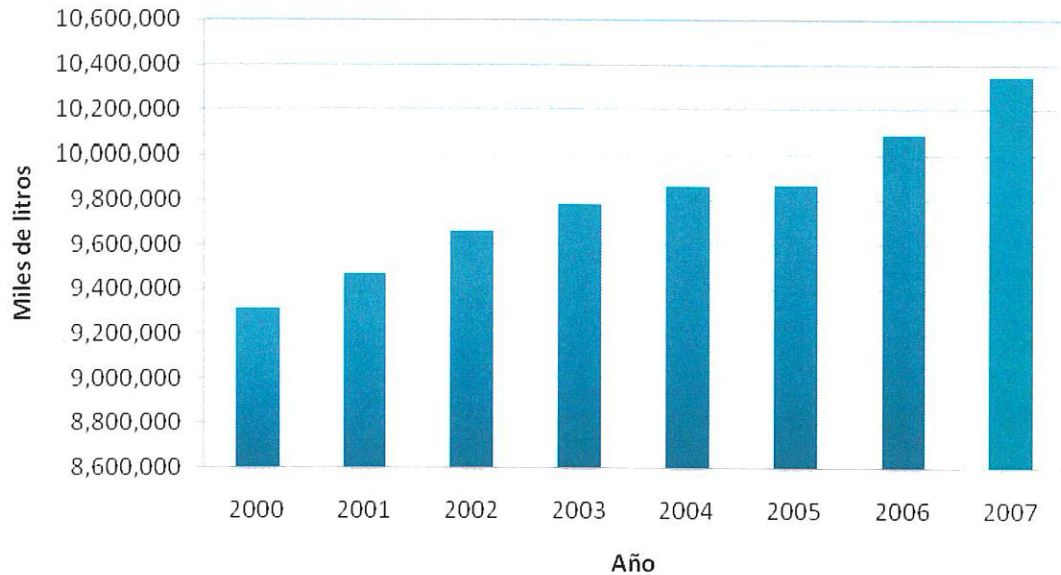


Figura 1. Producción Total Anual de Leche en México (SIAP, 2008).

Los quesos

El queso es el nombre genérico que se le da a una serie de productos lácteos fermentados producidos alrededor del mundo con una gran diversidad de sabores, texturas y formas (Fox *et al.*, 2000).

Los quesos mexicanos, son productos genuinos elaborados a partir de leche fluida de vaca, cabra u otra especie, con el empleo mínimo de aditivos y tienen una fuerte raíz histórica nacional. Muchos de estos productos han nacido regionalmente y continúan siéndolo, otros se han difundido por todo el país y un poco en el extranjero (Villegas, 2004).

En México se elaboran más de una treintena de tipos diferentes de quesos, la mayor parte artesanales y de difusión regional. Existen empresas que fabrican queso empleando equipo moderno, leche pasteurizada, cultivos lácticos, etc. Pero también existen innumerables micro y pequeñas empresas que producen quesos con leche

cruda, con tecnología artesanal, al margen de la normatividad técnica y sanitaria que deberían cumplir (Villegas, 2004).

Los quesos tropicales mexicanos se producen a partir de leche cruda. En general presentan características fisicoquímicas y de composición (bajo pH, concentración elevada de sal y baja actividad de agua) que se explican por la necesidad de conservarlos en un ambiente ecológico difícil, que favorece el deterioro de los alimentos por multiplicación microbiana.

Del total de consumidores de leche en México el 81.43% consumen además productos lácteos. El 53.47% de los hogares mexicanos consumen derivados de la leche, invirtiendo el 3.48% de su gasto en este rubro (SIAP, 2008).

Actualmente, en México, la elaboración de queso está fuertemente relacionada con la producción primaria. La transformación de leche en queso reviste en el país una importancia económica y social múltiple (Villegas, 2004). La producción nacional de derivados y el valor de dicha producción se muestran en las Figuras 2 y 3 respectivamente.

Los quesos artesanales mexicanos, así como muchos otros alimentos que son parte fundamental de la cocina típica del país, están en una situación crítica, ya que están en peligro de desaparecer, dominados por la masiva producción industrial y la libre circulación de mercancías. En México todavía existen una gran variedad de quesos artesanales, la mayoría desconocidos para el grueso de la población (Villegas, 2004).

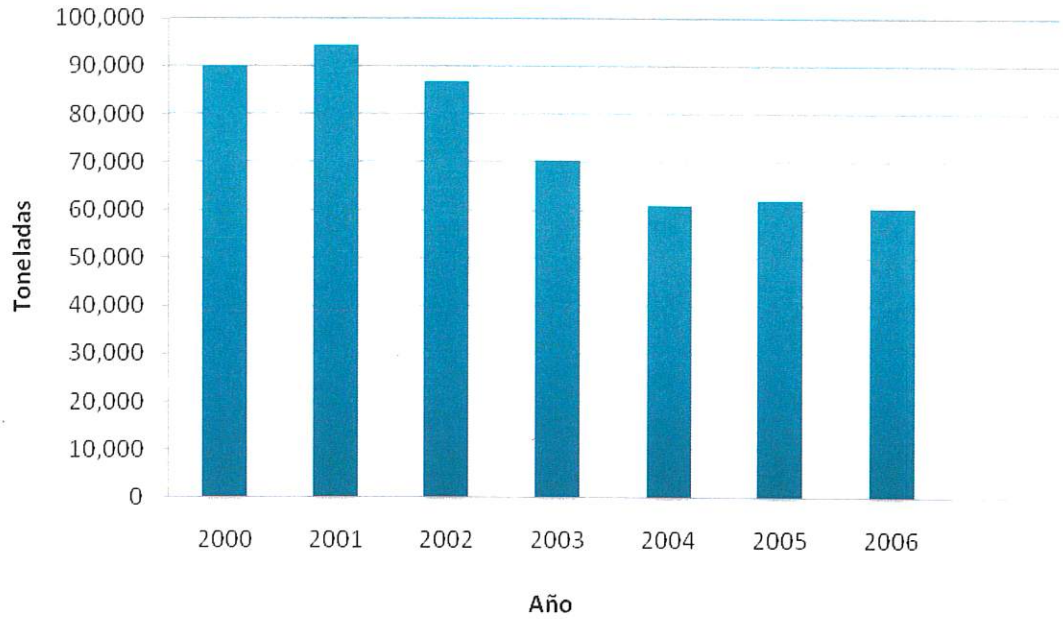


Figura 2. Producción nacional de quesos por año en toneladas (SIAP, 2008).

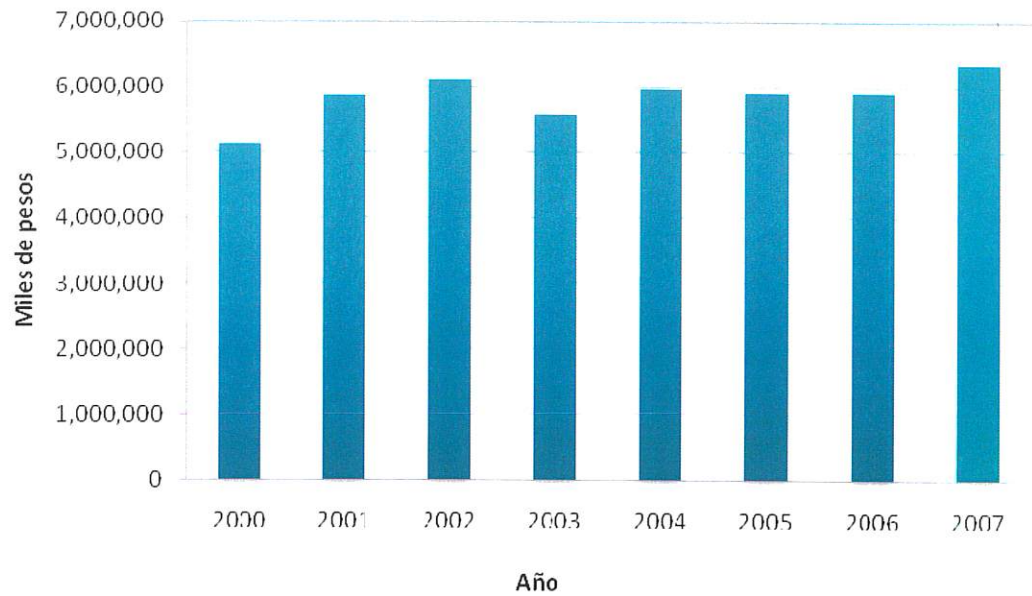


Figura 3. Valor de la producción nacional anual de queso en miles de pesos (SIAP, 2008).

Queso de Poro, qué es y dónde se produce

El queso de poro es un producto artesanal que se elabora en la región de Los Ríos, principalmente en el municipio de Balancán, en el estado de Tabasco. Es un queso elaborado con leche cruda de ganado cebuino o de la cruce cebú- pardo suizo. El tipo de pasta de este queso es blanda, prensada ligeramente; presenta una maduración involuntaria con una duración inferior a un mes, ésta ocurre principalmente en el lapso de la comercialización. Su formato es pequeño de forma prismático-rectangular plano, su peso varía entre 250g y 1 kg, su presentación es en papel celofán amarillo o rojo (Villegas, 2004).

La palabra Balancán proviene de los vocablos mayas Balam: tigre y Kan: culebra, que significa "Lugar de tigres y serpientes". El municipio de Balancán se localiza en la región Usumacinta, teniendo como cabecera municipal a la ciudad de Balancán de Domínguez que se ubica al norte del estado, entre los paralelos 17° 48', latitud norte y 91°32' longitud oeste. Colinda al norte con el estado de Campeche, al sur con los municipios de Tenosique y Emiliano Zapata; al este con el estado de Campeche y la república de Guatemala; y al oeste con el municipio de Emiliano Zapata y el estado de Campeche. La extensión territorial del municipio es de 3,626.10 km², los cuales corresponden al 14.81% respecto del total del estado, ocupa el 2° lugar en la escala de extensión municipal. La altitud de la cabecera municipal es de 30 metros sobre el nivel del mar. y en el resto del municipio varía desde 10 hasta 50 metros sobre el nivel del mar. El municipio se encuentra regado por los ríos Usumacinta y San Pedro Mártir, éste último se une al Usumacinta frente a la ranchería Bajo Netzahualcóyotl. El clima es

cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano; tiene una temperatura media anual de 32°C. La humedad relativa se estima en un máximo de 90% en los meses de septiembre y octubre, y un mínimo de 74% en abril y mayo. (INFD, 2005). Las Figura 4, muestran la ubicación de dichos municipios.

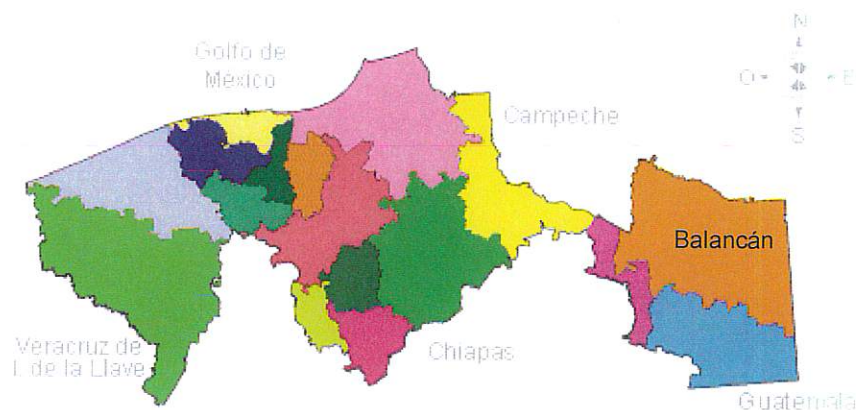


Figura 4. Tabasco. División municipal (INEGI 2005).

Evaluación sensorial de quesos

Los atributos sensoriales son críticos para la identidad de un queso y la aceptabilidad del consumidor (Van Hekken *et. al.*, 2006). El aspecto del queso (apariencia), su textura y sus características organolépticas estimulan el sentido de la vista, el oído, del tacto, del olfato y del gusto, y provocan reacciones de aceptación o rechazo. El análisis sensorial se define como el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más sentidos humanos (Tilgner, 1971, citado por Sancho *et al.* 2001). En el caso de los quesos tradicionales, la

caracterización está enfocada a diferenciar a estos productos por las características originales que definen su tipicidad (IMPI 2006).

Bárcenas *et al.* (2001a), realizaron un estudio sobre la estructura de las preferencias del consumidor de quesos españoles tradicionales y su relación con las propiedades sensoriales. Se observó que existen diferencias importantes entre el concepto de los consumidores y su respuesta de preferencia sensorial para muchos de los quesos. Generalmente el concepto de queso Indizabal es muy similar a lo que los consumidores definen como su queso ideal. Los términos sensoriales descriptivos: nuez, mantecoso, dulce, ahumado, renina, firmeza y granulosidad presentan un coeficiente de correlación significativo con calificaciones preferentes, sin embargo estos son distintos en las cuatro regiones estudiadas y el panel entrenado. La información que se obtuvo en este estudio podría ayudar a los investigadores y profesionales de la mercadotecnia a elucidar estrategias para dirigir productos hacia la descripción de queso ideal.

También González-Viñas (2001) publicó su estudio sobre evaluación química y sensorial de queso manchego y otras variedades de queso disponibles en el mercado español, en este caso se evaluaron 28 diferentes quesos. Los resultados del ACP realizado a los datos sensoriales clasifican a los quesos en cuatro grupos. La distinción se hizo entre dos tipos de queso firme (manchego con denominación de origen y otros quesos firmes españoles). En el análisis sensorial se obtuvieron diferencias entre quesos con características fisicoquímicas muy similares, siendo los atributos que más contribuyen a ello: fragilidad, adhesividad, pastosidad y especiado. Se obtuvieron

algunas correlaciones entre las variables sensoriales y las fisicoquímicas; la correlación más significativa fue firmeza inicial *versus* nitrógeno total y *versus* materia seca, además de fragilidad *versus* actividad de agua.

Posteriormente, en 2003, Bárcenas *et al.* (2004) usaron la evaluación sensorial para medir los cambios sensoriales durante la maduración de queso de cabra elaborado con y sin la adición de cultivos iniciadores, ellos utilizaron una panel entrenado de ocho miembros. Los resultados de la ANOVA muestran que el tiempo de maduración, cuando se considera por separado, tiene un efecto en casi todos los descriptores sensoriales. Estos resultados coinciden con los obtenidos por el mismo autor en un estudio previo (Bárcenas, 2001b).

La evaluación sensorial también se ha utilizado para identificar los atributos sensoriales y medir aceptabilidad de quesos, a los que se les ha dado algún tipo de tratamiento especial, como modificaciones en su proceso, o cambios en su composición. Durante el 2005 se publicó un estudio de Ritvanen *et al.* donde se utilizó la evaluación sensorial como una herramienta para medir la aceptación de los consumidores de quesos reducidos en grasa en el mercado finlandés. Los quesos estudiados fueron quesos reducidos en grasa provenientes de Finlandia (70%) y de importación (30%). Todos los quesos fueron considerados agradables. Los quesos preferidos por los consumidores tuvieron una consistencia pegajosa, un sabor cremoso, completo y salado, y adicionalmente unas notas ácidas. Existieron algunas diferencias entre atributos correlacionadas con la aceptabilidad en quesos completos y reducidos

en grasa. La pegajosidad y los agujeros colapsados fueron más aceptados en quesos reducidos en grasa pero la pérdida de intensidad del sabor no fue aceptada.

Serrano *et al.* (2005), estudiaron el efecto de baja presión hidrostática en el proceso elaboración de queso Cheddar rallado como una alternativa para la reducción de costos, sobre la microestructura, textura y propiedades sensoriales del queso. Los quesos tratados fueron evaluados mediante un análisis descriptivo efectuado por nueve jueces entrenados. El queso sin maduración tratado con presurización tiene propiedades semejantes a las del queso no tratado y con 27 días de maduración. Todos los tratamientos reducen la presencia de boronas, incrementan el tamaño de la borona, mejoran la uniformidad y aumentan la suavidad en la superficie del queso.

Souza *et al.* (2008) utilizaron la evaluación sensorial de queso Minas Frescal en cuyo proceso se incorporaron probióticos. Se investigó la aceptabilidad sensorial de formulaciones de probióticos en queso Mina Frescal. El queso se preparó y suplementó con *Lactobacillus acidophilus* (T1), *Lactobacillus acidophilus* + *Streptococcus thermophilus* (T2) o sin la adición de cultivos (T3). Después de 7 días no se encontró diferencia significativa entre quesos. Sin embargo, después de 14 días hubo quesos que presentaron mayor aceptabilidad. La adición de *L. acidophilus*, solo o en combinación con algún cultivo termofílico, resulta en una buena aceptabilidad del queso, mejorando el rendimiento sensorial del queso durante el almacenamiento.

En México se han realizado interesantes estudios donde se incorpora la evaluación sensorial como herramienta para estudiar al queso, ejemplo de ello es el trabajo desarrollado por Hernández (2007) con el que se caracterizó el queso Añejo de

Zacazonapan, Estado de México, o los realizados en queso Cotija por Plascencia-Navarro y Villanueva-Rodríguez (2004).

Análisis reológico de quesos

La reología es el estudio del flujo y deformación de la materia (Giese, 1995). La caracterización reológica de los quesos es importante para determinar las características de cuerpo y textura de los productos, así como para analizar cómo estos parámetros son afectados por la composición, las técnicas de procesamiento y las condiciones de almacenamiento (Konstance y Holsinger, 1992).

En el 2000, Messens *et al.* publicaron un estudio sobre las propiedades reológicas del queso Gouda tratado con altas presiones. En este estudio se compara las propiedades reológicas del queso Gouda tratado con altas presiones (50 – 400 MPa) contra las de un queso no tratado. Inmediatamente después de la presurización se realizaron pruebas oscilatorias que arrojaron valores bajos para los módulos de pérdida y almacenamiento. Simultáneamente la $\tan \delta$ (factor de pérdida) fue alta, lo que indica un comportamiento relativamente menos sólido de las muestras presurizadas. A partir de las mediciones de Creep se observó que las muestras tratadas con 400 MPa se mostraron menos rígidas, menos sólidas y más viscoelásticas que las de 50 MPa, estas muestras tuvieron menos resistencia al flujo en tiempos más prolongados.

Karoui y Dufour (2003) estudiaron las propiedades viscoelásticas y la estructura de la matriz de tres diferentes quesos suaves. Los valores de los módulos de almacenamiento y de pérdida de las muestras aumentaron de la superficie al interior del queso, mientras que la $\tan \delta$ decrece.

En ese mismo año, Brown *et al.* (2003) estudiaron las relaciones entre las propiedades reológicas y sensoriales de quesos jóvenes, con el objetivo de entender mejor la textura que se percibe en el queso. Se encontró que las propiedades reológicas están altamente asociadas con la rigidez y la resistencia, pero menos con la masticabilidad.

Más adelante se estudió el efecto del almacenamiento a temperaturas de congelación en las propiedades proteolíticas y reológicas de queso suave elaborado con leche de cabra. El estudio demostró que la congelación ejerce un impacto mínimo en la reología del queso suave elaborado con leche de cabra, a pesar de considerarse como un producto frágil a la congelación. Por otro lado, mediante las pruebas dinámicas de baja amplitud es posible determinar cambios pequeños en la estructura de los quesos con la aplicación de procesos de congelación y refrigeración (Van Hekken *et al.*, 2005).

Modificaciones en la concentración de agentes coagulantes provocan cambios en la microestructura y propiedades mecánicas del queso. Madadlou *et al.*, 2005 estudiaron el efecto de la reducción en el contenido de grasa y concentración de renina sobre la microestructura, reología, rendimiento y características funcionales del queso Iraní y encontraron que al duplicar la concentración de renina en queso reducido en grasa mejoró las propiedades reológicas y la impresión sensorial de textura. Triplicar la concentración de renina resulta en un producto más firme.

En el 2005, Lucey J.A. *et al.* , publicaron su estudio sobre cambios reológicos y en el equilibrio del calcio durante la maduración del queso Cheddar. Los cambios en el

equilibrio del calcio estuvieron fuertemente correlacionados con los cambios en las propiedades reológicas, especialmente con el incremento de la $\tan \delta$ y el decrecimiento del módulo de almacenamiento (G') a altas temperaturas. Durante la maduración existe un ligero incremento en G' a bajas temperaturas.

Durante el 2007 se publicaron un par de estudios sobre queso Chihuahua, el primero trata la reología del queso Chihuahua fresco elaborado con leche cruda o pasteurizada. Las propiedades reológicas del queso variaron significativamente entre los tratamientos, siendo el queso elaborado con leche pasteurizada el más firme, masticable y cohesivo, pero con valores de viscoelasticidad menores que el elaborado con leche cruda (Van Heken *et al.*, 2007). El segundo trabajo estudió el efecto de la estacionalidad en la reología del queso; encontrándose que las variaciones estacionales en quesos elaborados con leche pasteurizada son mínimas (Tunick H. *et al.*, 2007).

Lui *et al.* (2008), realizaron una comparación entre queso análogo completo en grasa *versus* uno reducido en grasa, con y sin la adición de gel de pectina; se compararon microestructura, textura, reología, análisis térmico y evaluación sensorial. Los resultados sugieren que los geles de pectina pueden actuar como imitadores de grasa cuando son adicionados a análogos de queso.

Análisis de textura de quesos

La textura es uno de los parámetros de calidad que determinan la identidad de un queso y generalmente afecta las preferencias del consumidor (Antoniou, 2000). La textura es un importante criterio utilizado para evaluar la calidad de los quesos. Es un

atributo multivariable que puede determinarse por varios métodos; los métodos instrumentales pueden ser utilizados con este propósito (Lebecque *et al.*, 2001).

En el 2000 se realizó una evaluación de la textura de quesos franceses, en este estudio la textura de varios quesos fue determinada examinando su composición y parámetros mecánicos. Se mostró que las variables de mayor influencia para caracterizar la textura de los quesos fueron el contenido de materia seca, y la resistencia a una fuerza de compresión con 10% de deformación de la altura inicial de la muestra. Estas variables estuvieron altamente correlacionadas con atributos sensoriales como firmeza, fragilidad, cohesividad y adhesividad (Antoniou *et al.*, 2000).

Benedito *et al.* (2000) estudiaron la relación entre mediciones instrumentales y sensoriales de queso Mahon, con este propósito se evaluaron 30 piezas de queso provenientes de distintos lotes y dos diferentes fabricantes. Se encontraron correlaciones lineales significantes entre las mediciones instrumentales y las sensoriales. También se encontró que un modelo logarítmico describe mejor el comportamiento de los datos. Los mejores predictores para los atributos sensoriales del queso Mahon fueron humedad, módulos de deformación y pendiente de la punción.

En el estudio de Serrano *et al.* (2005), se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) al 50% de compresión, con una velocidad de 1.0 mm/s, una celda de 25 kg y una sonda de aluminio de 50 mm de diámetro a quesos tratados y no tratados con alta presión hidrostática. El estudio demostró que los tratamientos de presurización no afectan las propiedades mecánicas del queso.

Van Hekken D. *et al.* (2007) y Tunick *et al.* (2007) realizaron estudios en queso Chihuahua elaborado con leche cruda y pasteurizada, en estos utilizaron TPA para determinar firmeza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad en cilindros de queso. Los resultados obtenidos permitieron, en el caso del estudio de Van Hekken, establecer que el queso elaborado con leche pasteurizada es más firme, masticable y cohesivo, pero tiene menor elasticidad que el elaborado con leche cruda. Mientras que el estudio de Tunick demuestra que la textura de los quesos elaborados con leche cruda se vio afectada por la estacionalidad, mientras que la variación en textura de los queso de leche pasteurizada fue mínima.

Determinación de color de quesos

El color es un atributo sensorial cuya percepción es muy variable y dependiente de factores tales como la iluminación, el ángulo desde el cual es observado, la persona por la que es observado, etc. Sin embargo, también es una característica muy importante de los quesos, pues es uno de los primeros atributos sensoriales percibidos al adquirir o consumir estos productos. Aunque el color puede ser medido sensorialmente, existen instrumentos diseñados para imitar condiciones fijas y constantes de observación por las personas, bajo condiciones de iluminación y ángulos de observación específicos (Hernández, 2007).

Pinho O. *et al.* (2004a) publicaron un estudio sobre las características químicas, físicas y sensoriales del queso Terrincho durante su maduración, el objetivo de este estudio fue monitorear los cambios de color del queso durante 60 días y determinar correlaciones con los cambios en textura (análisis de perfil de textura y color L^* , a^* y

b, medidos instrumentalmente. El estudio concluyó que el tiempo de maduración del queso puede ser estimado mediante 6 variables: L* (externa), L* (interna), b* (interna), a* (interna), firmeza, masticabilidad y una constante.

En 2006 se publicó un trabajo titulado "Variación estacional en suero de queso Cheddar en polvo: Un caso de estudio", El estudio demostró que la variación estacional en las pruebas fisicoquímicas fue mínima. Se observaron mínimas variaciones en las mediciones de color, este junto con el resto de los resultados del estudio permitieron concluir que es posible producir suero en polvo de calidad consistente (Sithole *et al.*, 2006).

Determinación de ácidos grasos volátiles libres (AGVL) en quesos

El sabor y aroma de los quesos es una propiedad sensorial compleja, producida por la interacción entre los compuestos químicos y los receptores sensoriales. Los AGVL de cadena corta y media son los principales contribuyentes del sabor y aroma de los quesos.

Lawlor *et al.* (2002) publicaron un estudio en el que se investigó la relación entre atributos individuales de sabor de ocho quesos firmes y sus compuestos volátiles. Los resultados demostraron ejemplos como el aroma a nuez del Emmental y su correlación positiva con la concentración de ácido propiónico y de manera negativa con la cantidad de sal humedad y pH del queso.

Qian y Reineccius (2002) identificaron por cromatografía de gases/olfatometría los compuestos del aroma del queso Parmesano-Reggiano. Se identificaron los

compuestos relacionados con los aromas lipolíticos, frutales, los activadores del aroma, el aroma a nuez y el aroma a asado. Un año más tarde estos mismos autores (Qian y Reineccius, 2003) cuantificaron los compuestos del aroma del queso Parmesano–Reggiano mediante cromatografía de gases/ espectrometría de masas del espacio de cabeza. En este estudio lograron identificar los principales contribuidores al aroma del Parmesano.

Pinho *et al.*, (2004), realizaron un análisis discriminante de la fracción volátil del queso Terrincho elaborado con leche de oveja y su correlación con características del sabor. Se identificaron un total de 82 compuestos, se realizó un análisis discriminante y se observó que es posible distinguir entre quesos madurados por diferentes tiempos y entre quesos elaborados en diferentes plantas lecheras.

Se realizó un análisis de la fracción volátil de queso Provola de Nebrodi. El queso fue muestreado y analizado en cuatro estados de maduración y se identificaron un total de 60 compuestos presentes en todas las muestras. Los ácidos grasos y ésteres se incrementan mientras que el contenido de aldehídos decrece después de 30 días. El perfil de volátiles identificado parece ser distinto al de otros quesos de pasta *filata* (Ziino *et al.*, 2005).

Análisis microbiológico de quesos

La calidad microbiológica y composicional de la leche juega un papel central en la calidad de los quesos elaborados con ella. Los niveles de contaminación son el reflejo

de la limpieza de toda la cadena de producción de la leche, incluida la del animal antes de la ordeña (Marth y Steele, 2001).

Según Lindan *et al.* (1988), Bell *et al.* (1999) y Villar *et al.* (1999); citados por Sandra *et al.* (2004), el principal problema que presentan los quesos frescos comerciales y caseros es que se han relacionado con brotes de enfermedades ocasionadas por *Listeria monocytogenes* y *Salmonella typhimurium*. Este problema se podría solucionar mediante la pasteurización de la leche. Sin embargo, la leche pasteurizada probablemente confiere al queso mayor contenido de humedad comparado con la leche cruda (Lau *et al.*, 1990; citados por Sandra *et al.*, 2004) y menor desarrollo de sabor por la inactivación de las enzimas, así como la pérdida de microflora nativa presente en la leche cruda (Grappi y Beuvier, 1990; citados por Sandra *et al.*, 2004).

Microbiológicamente se han comparado y caracterizado diversos tipos de queso, en el 2002 Gobbetti *et al.* caracterizaron el queso Caciocavallo Pugliese durante su maduración; un año después Di Cagono *et al.* (2003) realizaron una comparación de quesos italianos con denominación de origen protegido (DOP) (Canestrato Pugliese, Fiore Sardo y Pecorino Romano); en el 2006 Coda *et al.* compararon nueve quesos italianos elaborados a partir de leche de oveja (Pecorino del Tarantino, Pecorino Leccese, Pecorino di Filiano, Pecorino del Reatino, Pecorino Sardo, Pecorino Umbro, Pecorino di Pieza, Pecorino Marchigiano y Pecorino Piemontese); Pisano *et al.* (2006) caracterizaron el queso *Fiore Sardo* elaborado con leche de oveja con DOP. Estas investigaciones hacen un recuento general de microorganismos partiendo de cuentas

de organismos mesofílicos, coliformes, termofílicos y bacteria lácticas a través del tiempo de maduración, posteriormente realizan protocolos para la diferenciación de bacterias, identifican cuáles de éstas se presentan en el cultivo iniciador y cuáles no, y a partir de dicha información definen la microflora que caracteriza a cada queso.

JUSTIFICACIÓN

En la discusión sobre las políticas para la superación de la pobreza rural se aprecia la interrupción del concepto de desarrollo territorial rural. Uno de los elementos que sustenta este planteamiento es la existencia de productos o servicios con identidad territorial que permitan vincular territorios con mercados. Sin embargo se carece de estudios sistemáticos que, por un lado, den cuenta de que es específicamente lo que los consumidores valoran de estos productos con identidad y, por otro, cuales son los elementos requeridos para sostener la producción de este tipo de bienes y servicios, conservar los atributos de identidad y, a la vez, generar ingresos mayores para la población de estos territorios (Ramírez, 2007).

El queso de Poro es un producto que se ha elaborado artesanalmente desde hace más o menos 60 años, es resultado del saber-hacer tradicional y está ligado a la cultura y a la sociedad local de una zona geográfica determinada; sin embargo, se ve amenazado por la competencia desleal que representan los productos de imitación, que causan un efecto negativo sobre toda la cadena agroindustrial de producción del queso; por ello, es necesario identificar las características que definen la tipicidad del queso de Poro y utilizarlas como una herramienta para la obtención de alguna figuras de protección jurídico-comerciales como la denominación de origen o la marca colectiva que protejan al queso y le permitan no solo permanecer en el mercado local si no tener acceso a otros mercados y hacer frente a la competencia.

El Queso de Poro es un producto de origen artesanal que tiene características físicas, químicas, microbiológicas, texturales, de color, reológicas, y sensoriales específicas que justifican su estudio y caracterización. En el marco de la lucha por la obtención de la marca colectiva para el queso de Poro, se llevó a cabo esta investigación cuya finalidad es integrar un expediente con las características fisicoquímicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales que definen a este producto. De forma tal que la información generada sirva como una herramienta más para demostrar que el Queso de Poro es un producto genuino que merece ser protegido.

La investigación se llevó a cabo con la colaboración de la Asociación de Productores de Queso de Poro, principales interesados en que su producto trascienda y sea reconocido, así como en el apoyo y financiamiento del Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Autónoma Chapingo, donde investigadores dedica sus esfuerzos a trabajar en pro de los quesos artesanales mexicanos, su protección y su reconocimiento.

OBJETIVO

Determinar los cambios en las propiedades reológicas, fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del queso de Poro de la región de Los Ríos, Tabasco, en relación a la quesería en que se elabora, la temporada del año (lluvia o estiaje) y la edad del queso. Esto con la finalidad de integrar un expediente del Queso de Poro producido en la Región de los Ríos que permita aspirar a obtener una figura de protección jurídico-comercial, como la marca colectiva o la denominación de origen.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos etapas durante las cuales se viajó a la Región de Los Ríos, Tabasco, particularmente al municipio de Balancán. Se seleccionaron cinco plantas productoras del queso, por ser las de mayor volumen de producción y las que tuvieron el producto disponible en los periodos de estudio. Las queserías que participaron en este estudio fueron: Usumacinta (QP1), La Cumbre (QP2), Bejucal (QP3), 4 Hermanos (QP4) y El Tigre (QP5).

Se calculó el tamaño de la muestra por quesería considerando que el material fuese suficiente para realizar tres repeticiones de cada muestra, de forma tal que por periodo se tomaran tres quesos de cada quesería para las pruebas microbiológicas y tres más para aquellas pruebas cuyo carácter era destructivo. Además se calculó la cantidad de queso a utilizar para las pruebas sensoriales descriptivas y de aceptabilidad.

El proceso de elaboración del Queso de Poro inicia con la llegada de la leche a las queserías donde esta es colada para eliminar contaminantes físicos, posteriormente se le adiciona el serofermento y el cuajo. La leche inoculada se deja reposar hasta que la cuajada tiene punto de gel firme, posteriormente se corta en forma de prismas rectangulares largos, los prismas se dejar reposar un rato más y posteriormente son

colocados en los moldes de escurrido y formación, donde pasan las siguientes 24 horas, durante las cuales el molde es virado ocasionalmente para favorecer el desuerado. El día siguiente el queso se saca de los moldes de formación, se sala por frotación y se coloca en los moldes de prensado, donde permaneces por lo menos 24 h. Al día siguiente el queso es sacado de los moldes de prensado, se le recortan los bordes, se vuelve a salar y se coloca en el primer nivel de un armario, a las 24 horas este queso es frotado con sal y colocado en el siguiente nivel. Esta operación se repite hasta que el queso cumple 7 días a partir de la fecha en que se empezó a elaborar, durante el séptimo día, los quesos son lavados y tallados para eliminar grasa y conseguir piezas de superficie uniforme. Una vez que los quesos están limpios y secos se procede a encerarlos y etiquetarlos, finalmente se embasan en papel celofán amarillo. Las particularidades bajo las cuales se elaboraron los quesos de cada quesería se detallan en el Anexo 1.

Análisis químico proximal de la leche

Se determinaron por triplicado grasa y proteína de la leche antes de su uso para la elaboración de queso con el uso de un analizador de leche Ekomilk-M (Bultheh 2000 Ltd, Bulgaria); además se determinaron sólidos no grasos (SNG) con el uso de un lactómetro Bertuzzi.

Análisis fisicoquímico de la leche

Antes de procesar la leche también se determinó el pH con un potenciómetro HI 9230 (Hanna Instruments, Italia) calibrado con Buffer pH 4 y 7 (Sigma de México, México).

Se determinaron acidez titulable, mediante el método 947.05 de la AOAC (1995) y densidad con un lactodensímetro Quevenne.

Análisis químico proximal del queso

Se determinaron por triplicado el contenido de grasa por el método de Gerber-Van Gulik (Ramos, 1979), la humedad (método 926.08; AOAC, 1995), la proteína (método 935; AOAC, 1995) y cenizas (método 935.42; AOAC, 1995). Posteriormente, y sólo para los quesos de temporada de estiaje, se determinaron NaCl y Ca^{2+} mediante espectroscopía de absorción atómica (Fick R. *et al.*, 1979).

Análisis fisicoquímico del queso

Se midió por triplicado el pH con un potenciómetro HI 9230 (Hanna Instruments, Italia) calibrado con Buffer pH 4 y 7 (Sigma de México, México) y la actividad acuosa mediante un equipo Acualab® (Decagon, WA, EE.UU.).

Análisis microbiológico del queso

Para evaluar la calidad e inocuidad de los quesos, se realizaron un par de pruebas microbiológicas. Se contabilizaron mesofílicos aerobios mediante una cuenta total utilizando medios de cultivo listos para usar de Placas Petrifilm™ 3M™ para recuento de aeróbicos. Además se determinaron coliformes totales, también utilizando Placas Petrifilm™ 3M™, pero para recuento de coliformes.

Para preparar las muestras, se licuaron por un minuto a velocidad alta y un minuto a velocidad baja, porciones de 25 g de queso con 225 mL de una solución estéril al 0.2 % (p/v) de cloruro de sodio. Se prepararon 5 diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} usando una solución estéril de cloruro de sodio 0.2 % (p/v) y se sembraron en placa por duplicado, las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} para cuenta total estándar (CT) y las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} para recuento de coliformes totales. Ambos tipos de placas se incubaron a 35°C durante 24 h. Se llevó a cabo el recuento y se reportó el logaritmo base diez del número de unidades formadoras de colonias por gramo de muestra ($\log \text{UFC g}^{-1}$) para cada caso.

Análisis de color del queso

Se midió el color de la parte interna de los quesos utilizando un espectrofotómetro MiniScan 45/0 LAV (HunterLab, Hunter Associates Laboratory, EE.UU.). Se midieron los valores de L, a*, b* y el índice de amarillamiento (YI D1925 2/C) utilizando la escala CIELAB, con D_{65} como iluminante, y con un ángulo del observador de 10°. Posteriormente se calcularon el tono y la pureza de color.

Análisis de textura del queso

Se realizó un perfil de textura mediante un Texturómetro TA-Xt2i (Stable Micro Systems; Surrey, U.K.) con un software conocido como *Textur Expert versión 7.15 H* y una celda de carga de 5 kg. Las muestras se comprimieron uniaxialmente a una deformación de 50% utilizando un disco de acrílico de 35 mm de diámetro (A/BE35) a velocidad de pre-ensayo, ensayo y post-ensayo del cabezal de 1 mm s^{-1} . Para esto se

cortaron cilindros de 1.5 cm de diámetro para realizar tres mediciones repetidas para cada tratamiento. El software permitió obtener los valores de firmeza y adhesividad, cohesividad, resorteo y la masticabilidad de los quesos.

Análisis reológico del queso

Se realizaron por duplicado 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. Las muestras de queso se colocaron en un disco de lija pegado al *peltier* del reómetro para impedir el deslizamiento de las muestras. Con el objetivo de controlar el contacto de las muestras con la geometría, se ajustó la fuerza normal a 0.5 N. Se determinará la región visco elástica lineal mediante barridos de amplitud de 0.01% a 100% a una frecuencia de 1 Hz y de frecuencia de 0.001 a 100 Hz a una amplitud de 0.01%. Los cambios en las propiedades mecánicas de los quesos de las diferentes queserías, en las dos etapas de lluvias y estiaje fueron determinadas mediante espectros mecánicos, los cuales se realizaron en un intervalo de frecuencias de 0.01 hasta 100 Hz. Se determinaron los módulos elástico (G') y viscoso (G'') para cada queso. Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado.

Determinación de ácidos grasos volátiles libres en el queso

La determinación de ácidos grasos volátiles libres (AGVL) se realizó por triplicado mediante cromatografía de gases de alta resolución, un cromatógrafo modelo 6890 de Hewlett-Packard (HP) (Hewlett-Packard, CA), equipado con un inyector de Split, un

lector de ionización de flama y un integrador HP 3398 (Hewlett-Packard, CA). Los componentes fueron separados en una columna capilar EC-1000 (FFAP) de 15 m x 0.53 mm x 1.2 μm de grosor de película (Alltech). Se utilizó helio como gas acarreador, con un flujo de 10 mL min^{-1} . Se identificó cada componente con el uso de estándares comerciales de ácido butírico, ácido propiónico y ácido acético.

Análisis sensorial de quesos de Poro

El análisis sensorial de los quesos se realizó en época de estiaje debido a que los productores y consumidores habituales aseguran que el queso producido en esta temporada es el de mejores características. Se convocó a la comunidad universitaria de chapingo a participar en una evaluación para seleccionar personas con habilidad para la evaluación sensorial de Queso de Poro. De un grupo de 30 personas fueron seleccionadas 8 (5 mujeres y 3 hombres, con edades de 15 a 56 años), para esto se realizó una prueba secuencial con una α de 0.05, β de 0.1, P_0 de 0.33, $P_1=0.7$ y $P_d=0.4$. Una vez seleccionadas las personas con habilidades, se programaron sesiones de entrenamiento donde se desarrolló el lenguaje, se seleccionaron referencias, se les asignó un valor, y se cuidó que el panel trabajara de forma uniforme y reproducible; el tiempo del entrenamiento fue de 30 horas.

Concluida la fase de entrenamiento se realizó el análisis final; se usó una escala de intervalo de 15 cm donde 0 representa la ausencia de atributo y 15 se refiere a un atributo extremadamente fuerte, para esto los panelistas recibieron las muestras de

forma monádica, de dimensiones uniformes, a la misma temperatura, en vasos de plástico codificados con números aleatorios de tres dígitos.

Adicionalmente se realizaron pruebas de aceptabilidad global con 101 consumidores en el mercado local de Balancán, Tabasco y pruebas de aceptabilidad global y por atributo con los productores del Queso de Poro y sus familiares, en estas participaron un total de 17 personas, estas evaluaciones se realizaron en el municipio de Balancán para asegurar que los evaluadores fuesen consumidores de queso de Poro

Análisis estadístico

Se efectuó un análisis de varianza de un diseño completamente al azar (DCA) para las variables químico proximales, fisicoquímicas y microbiológicas, así como un diseño completo al azar con arreglo factorial 2x2x5 para las variables de color, textura y parámetros reológicos; para identificar diferencias estadísticas con una $P < 0.05$. Se compararon medias con una prueba de diferencia mínima significativa (DMS).

Para el análisis descriptivo se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo de parcelas divididas, mientras que para las pruebas de aceptabilidad se utilizó un DBCA y comparación de medias (DMS) y análisis de componentes principales (ACP) para construir mapas de preferencia.

Se utilizó el paquete estadístico SAS® versión 9.1 (SAS Institute, Inc., Cary, NC), además de el paquete The Unscrambler® versión 9.2 (CAMO PROCESS AS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición y calidad de la leche utilizada para la elaboración del queso poro

En el Cuadro 1 se presenta la composición y variables fisicoquímicas de la leche cruda con la que se elaboraron los quesos de cada quesería durante las dos temporadas. Se observó diferencia significativa entre las propiedades de cada una de las leches para cada temporada. Además existió diferencia entre las leches de la misma quesería en distintas temporadas excepto en acidez titulable en las leche LQP1, LQP3 y LQP4, así como en la densidad para LQP1 y los SNG para LQP3.

La leche procesada en la temporada de lluvias presentó ligeramente más proteína y sólidos no grasos (SNG); esto pudo ser debido a que durante esta época hubo más disponibilidad de alimentos que permitieron que el ganado se encontrara en mejores condiciones para producir leche.

La leche de estiaje tuvo más grasa, un pH más elevado y una densidad mayor. La diferencia en las características de la leche puede estar relacionada con factores como la alimentación del ganado, la raza y la etapa de lactación, entre otras.

En el Cuadro 1, se observa además que la leche con mayor cantidad de grasa fue LQP3 mientras que la de menor cantidad fue LQP1; las leches con más proteína fueron LQP1 y LQP4, las de menos proteína fueron LQP2, LQP3 y LQP5; las leches con más sólidos diferentes a la grasa fueron LQP1 y LQP4, mientras que las de menor cantidad fueron LQP2 y LQP5.

Comparando las leches producidas en temporada de lluvias con las de época de estiaje se observó que, todas las leches presentaron valores menores de proteína en la

temporada de estiaje sin embargo, la leche LQP2 en lluvias tenía más proteína que LQP3 y LQP5, en estiaje el valor proteico de estas fue mayor que el de LQP2. Las leches LQP2 y LQP5, tuvieron una mayor acidez en época de lluvias; el resto de las leches fueron más ácidas en estiaje, LQP2 pasó de ser la segunda más alta en acidez en época de lluvias, a la de menor acidez en temporada de estiaje. La leche LQP1 pasó de ser la segunda menos ácida en lluvias a ser la segunda más ácida en estiaje. Todas las leches tuvieron pH más alto en estiaje, por ejemplo LQP2 pasó de ser una de las más bajas en época de lluvias a la más alta en temporada de estiaje. A excepción de QP1 y QP4 todas las leches fueron más densas en estiaje. Los SNG de la leche LQP3 de ambas temporadas fueron iguales, mientras que los SNG de QP1, QP2 y QP5 fueron más bajos en estiaje y los SNG de QP4 fueron más altos. Todas estas variaciones también están relacionadas principalmente con la alimentación del ganado, la raza y el estado de lactación, y el manejo de la leche. Por ejemplo las diferencias en el pH pueden ser ocasionadas por el tiempo que transcurrió desde que la leche fue ordeñada hasta la determinación del potencial hidrogeno.

Cada quesería en el municipio de Balancán tiene su propio grupo de proveedores de leche, estos proveedores en su mayoría poseen ganado de doble propósito de razas cebuinas o la cruce de éstas por pardo suizo, todo el ganado de la región se alimenta en praderas donde crecen distintas variedades de pasto natural e inducido, el agua que beben en su mayoría es extraída de pozos. Aún cuando las condiciones de alimentación parecen ser las mismas para todos los casos, son evidentes las diferencias en la composición y propiedades de la leche. Según Jensen (1995) existen diversos factores

asociados a los cambios en la composición de la leche de bovino, la leche cambia a lo largo de la lactación o tiempo postparto, de acuerdo al ritmo diario del animal, por la raza, por variaciones en la alimentación debidas a la región o a la estacionalidad e incluso por la edad de la vaca. Las vacas producen distintas cantidades de leche debido a las condiciones climáticas, las razas que se explotan en la región y al tipo de sistema de producción ganadero. Roseiro *et al.* (2003) señalan que las vacas que producen bajos volúmenes de leche, normalmente tienen leches de composición más rica.

De acuerdo con la norma mexicana NMX-F-700-COFOCALEC, y tomando en cuenta los promedios de los valores de la composición de la leche para cada temporada, en temporada de lluvias sólo el contenido graso se encuentra fuera de norma, pues la norma exige un mínimo de 30g L^{-1} . Pero en época de estiaje existen dos valores fuera de norma, la proteína que debería tener un valor de 28g L^{-1} y los SNG cuyo contenido debería ser de 83g L^{-1} . Considerando los valores promedio de ambas temporadas para cada quesería, la leche de todas las queserías incumple la norma al menos en un parámetro.

Por otro lado, los fenómenos naturales que se han presentado en los últimos años han afectado seriamente los sistemas productivos, en el 2009 Balancán sufrió una de las peores sequías en décadas, debido a que el lapso de tiempo entre la última inundación y el estiaje no fue suficiente para que los pastos se recuperaran, ocasionando graves problemas de escasez alimentaria para el ganado de la región.

Cuadro 1. Análisis químico proximal y pruebas fisicoquímicas de la leche en temporada de lluvias y estiaje.

Variable	LQP1		LQP2		LQP3		LQP4		LQP5	
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
Grasa (%)	1.69 ^{A,a}	2.98 ^{A,b}	3.2 ^{B,a}	2.72 ^{B,b}	3.53 ^{C,a}	4.52 ^{C,b}	2.94 ^{D,a}	2.9 ^{D,a}	3.22 ^{B,a}	2.99 ^{A,b}
Proteína (%)	2.9 ^{A,a}	2.79 ^{A,b}	2.84 ^{B,a}	2.6 ^{B,b}	2.79 ^{C,a}	2.68 ^{C,b}	2.91 ^{A,a}	2.79 ^{A,b}	2.79 ^{C,a}	2.66 ^{C,b}
Acidez Titulable (°D)	15.33 ^{A,a}	16.66 ^{A,a}	17.0 ^{B,a}	13.66 ^{B,b}	14.66 ^{A,a}	15.33 ^{A,a}	16.66 ^{A,B,a}	16.0 ^{A,a}	18.0 ^{B,a}	19.0 ^{C,b}
Ph	6.66 ^{A,a}	6.77 ^{A,b}	6.62 ^{B,a}	6.83 ^{B,b}	6.62 ^{B,C,a}	6.79 ^{A,b}	6.69 ^{A,a}	6.72 ^{C,b}	6.63 ^{A,B,a}	6.77 ^{A,b}
Densidad*	1.032 ^{A,a}	1.032 ^{A,a}	1.031 ^{B,C,a}	1.032 ^{B,b}	1.030 ^{C,a}	1.033 ^{B,b}	1.033 ^{D,a}	1.032 ^{A,b}	1.031 ^{B,a}	1.033 ^{A,B,b}
Sólidos no grasos (%)	8.4 ^{A,a}	8.36 ^{A,a}	8.4 ^{A,a}	7.36 ^{B,b}	8.36 ^{A,a}	8.36 ^{A,a}	8.43 ^{A,a}	8.7 ^{C,b}	8.23 ^{B,a}	7.56 ^{D,b}

* Densidad relativa, corregida a 15°C.

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) presentan diferencias significativas (P≤0.05) entre queserías por temporada.

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) presentan diferencias significativas (P≤0.05) entre temporadas por quesería.

Composición y las propiedades fisicoquímicas del queso

En el Cuadro 2 se muestra la composición y las propiedades fisicoquímicas de los quesos en las dos temporadas para las cinco queserías. Al comparas las propiedades fisicoquímicas se observó que existió diferencia significativa para todas las propiedades (pH, proteína, grasa, NaCl y Ca^{2+}) excepto a_w de los quesos QP1, QP3, QP4 y QP4, proteína del queso QP4 y Grasa de los quesos QP3 y QP4.

Las propiedades fisicoquímicas de los quesos también varían de acuerdo con la quesería en que se producen. El valor de pH más alto fue para el queso QP1 de temporada de estiaje, mientras que el más bajo fue para el queso QP2 de temporada de lluvias. Los quesos de mayor actividad acuosa fueron QP4 y QP5 de lluvias y estiaje respectivamente, el de menor a_w fue QP2 de temporada de lluvias. El queso QP2 de temporada de estiaje presentó la mayor cantidad de proteína, mientras que el valor más bajo fue para el queso QP3 de temporada de lluvias. En cuanto a la cantidad de grasa los valores más altos fueron siempre para el queso QP3 y los más bajos para QP1. Estas diferencias son debidas principalmente a las variaciones entre los procesos de elaboración del queso de las distintas queserías. Por ejemplo, el contenido de grasa y proteína dependen principalmente del tiempo de cuajado y la cantidad de cuajo utilizados, mientras que la humedad y la cantidad de sal en el queso dependen de variables de proceso como el prensado y el salado.

La comparación de medias del contenido de calcio (Cuadro 2) permitió asociar a los quesos en dos grupos; QP1 y QP3 fueron los quesos con mayor contenido de calcio sin embargo QP3 no fue significativamente diferente al resto y se encontró también en

el grupo con menor contenido de calcio. En cuanto al contenido de NaCl las diferencias se relacionan con la cantidad de sal utilizada en cada quesería ya que el salado en este queso se hace frotando su superficie con la sal y cada queso obtiene una cantidad diferente; las diferencias entre el contenido de sal de los quesos fueron de hasta el 2.72%, el queso más salado fue el QP1, mientras que los de menor concentración de NaCl fueron QP2, QP3 y QP4. Cabe mencionar que NaCl únicamente se determinaron en los quesos de temporada de estiaje.

El Cuadro 2 muestra también que existen diferencias en los atributos composicionales y fisicoquímicos del queso para cada quesería debidas a las diferencias que existen en la metodología de elaboración del queso en cada quesería. Todos los quesos tienen un pH mayor en temporada de estiaje, un caso especial es el QP1 que pasa de ser en lluvias el segundo queso de menor pH a ser en estiaje el queso de pH más alto. Los valores de a_w de los quesos excepto de QP2 permanecen casi constantes en ambas temporadas, el QP2 tiene valores de a_w más bajos que el resto de los quesos en lluvias. En estiaje estuvo muy cerca de los quesos con los valores más altos. Todos los valores de proteína son más altos en estiaje que en lluvias excepto para QP1. El queso QP2 tuvo un contenido de proteínas menor en lluvias que los quesos QP1 y QP4, mientras que en estiaje el queso QP2 tuvo los valores mayores. En lluvias QP1 es el más alto en proteína y en estiaje es el más bajo. Los quesos QP1, QP3 y QP4 tienen valores de proteína más bajos en lluvias que en estiaje mientras que los quesos QP2 y QP5 tienen valores proteicos más altos en lluvias que en estiaje, en ambas temporadas los valores de proteína más altos fueron para el queso QP3 y los

más bajos para el queso QP1. El QP3 fue el queso con mayor grasa en ambas temporadas, este queso fue elaborado con la leche LQP3 que de igual forma fue la leche con más grasa en ambas temporadas; QP1 fue el queso con menor grasa en lluvias, producto de haber sido elaborado con una leche baja en grasa LQP1. Este comportamiento no se repite en el caso de la proteína es QP2, el queso de mayor contenido proteico en estiaje fue elaborado con la leche que para esa época presentó el valor más bajo. A excepción de QP1 todos los quesos tuvieron más proteína en estiaje, aun cuando la proteína de la leche con la que fueron elaborados fue mayor en lluvias. El pH de los quesos fue en todos los casos, mayor en estiaje que en lluvias, esto coincide con el comportamiento de la leche.

En los Cuadros 3 y 4 se presentan los valores humedad de los quesos en dos periodos (10 y 25 días) para la temporada de lluvias y estiaje respectivamente. Se observó que los quesos QP1, QP4 y QP5 tuvieron mayor humedad en el día 10 que en el 25 mientras que el QP2 y QP3 fueron más húmedos en el día 25, para ambas temporadas. Las diferencias inesperadas pueden deberse a que cada queso es sometido individualmente a el salado y el prensado, esto dificulta la estandarización de actores como la cantidad de sal y la presión ejercida por la prensa, ocasionando aun en quesos del mismo lote de producción variaciones importantes en la humedad.

Tunick *et al.*, (2007) no encontraron diferencia significativa para la proteína en queso Chihuahua debido al efecto de la estacionalidad, esto es contrario a lo encontrado en queso de Poro, lo cual puede deberse a la diferencia en los sistemas de explotación ganadera utilizados en cada caso.

La grasa, humedad y proteína de la leche varía con la estación y la etapa de lactación (Lucey *et al.*, 2003 y Jensen, 1995); esta situación puede afectar la composición y en consecuencia las propiedades de los quesos elaborados con esta leche (Tunick *et al.*, 2007).

El queso QP3 fue elaborado a partir de leche con el más alto contenido de grasa, mientras que el QP1 se elaboró con la leche de menor contenido. Estos quesos presentaron el porcentaje más alto y más bajo de grasa, respectivamente. Sin embargo, en este estudio los incrementos en el contenido de proteína en la leche no resultaron en queso de mayor contenido proteico, y mucho menos ocasionaron un incremento en la cantidad de grasa recuperada en el queso, esto es contrario a lo reportado por Guinee *et al.* (2006) quienes demostraron que incrementos en la cantidad de proteína en leche aumentan el porcentaje de grasa recuperada en el queso. Como ya se había mencionado la grasa y proteína recuperadas en el queso dependen de variables de proceso como el tiempo de reposo de la cuajada y la cantidad de cuajo utilizado, estos factores varían entre queserías y más aun de acuerdo al tipo de queso que se este elaborando.

Cuadro 2. Análisis químico proximal y propiedades fisicoquímicas de queso Poro.

Variable	QP1		QP2		QP3		QP4		QP5	
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
pH	4.01 ^{A,a}	4.97 ^{A,b}	3.91 ^{A,a}	4.31 ^{B,b}	4.07 ^{A,a}	4.61 ^{C,b}	4.29 ^{B,a}	4.74 ^{C,A,b}	4.02 ^{A,a}	4.43 ^{B,C,b}
a _w	0.946 ^{A,a}	0.947 ^{A,B,a}	0.888 ^{B,a}	0.953 ^{A,b}	0.938 ^{A,a}	0.930 ^{B,a}	0.955 ^{A,a}	0.954 ^{A,a}	0.953 ^{A,a}	0.955 ^{A,a}
Proteína (%)	28.37 ^{A,a}	24.51 ^{A,b}	26.19 ^{B,a}	39.43 ^{B,b}	24.49 ^{C,a}	26.32 ^{C,b}	27.08 ^{A,B,a}	27.36 ^{B,C,a}	24.59 ^{C,a}	26.83 ^{C,b}
Grasa (%)	21.5 ^{A,a}	29.83 ^{A,b}	35 ^{B,a}	31.33 ^{B,b}	36 ^{B,a}	37 ^{C,a}	31 ^{C,a}	31.16 ^{B,a}	35.33 ^{B,a}	30.58 ^{A,B,b}
NaCl (%)	3.93 ^a	2.33 ^{b,c}	2.33 ^{b,c}	2.57 ^{b,c}	2.57 ^{b,c}	2.07 ^c	2.07 ^c	2.07 ^c	2.07 ^c	2.71 ^b
Ca (ppm)	2528 ^{A,B,a}	2528 ^{A,a}	1698 ^{B,C,a}	0.12 ^{B,b}	1524 ^{C,D,a}	1471 ^{C,a}	1215 ^{D,a}	1493 ^{D,C,a}	2129 ^{E,a}	1082 ^{C,b}

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes (P<0.05) entre queserías

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes (P<0.05) entre temporadas

Medias para temporadas para cada quesería excepto por NaCl que solo se determinó en estiaje.

Cuadro 3. Humedad del queso elaborado en temporada de lluvias.

Variable	QP1		QP2		QP3		QP4		QP5	
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25
Humedad (%)	40.01 ^{A,a}	34.4A ^{B,a}	33.42 ^{B,a}	33.69 ^{B,a}	33.34 ^{B,a}	33.34 ^{B,a}	35.41 ^{C,a}	33.21 ^{B,b}	33.72 ^{B,a}	33.53 ^{B,a}

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes (P<0.05) entre queserías

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes (P<0.05) entre edades

Cuadro 4. Humedad del queso elaborado en temporada de estiaje.

Variable	QP1		QP2		QP3		QP4		QP5	
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25
Humedad (%)	34.8 ^{A,a}	33.85 ^{A,a}	31.54A ^{B,a}	33.19 ^{A,a}	28.14 ^{B,a}	33.3 ^{A,b}	33.69 ^{A,a}	33.55 ^{A,a}	37.03 ^{A,C,a}	33.5 ^{A,a}

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes (P<0.05) entre queserías

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes (P<0.05) entre edades

Los quesos con mayor y menor contenido de grasa presentaron respectivamente menor y mayor contenido de humedad, esto es opuesto a lo establecido por Geen y Grandison (1987) quienes señalan que los quesos con porcentajes elevados de grasa, debido a una menor pérdida de grasa en el suero, presentan humedad más alta. En este estudio leches con mayor cantidad de proteína, originan quesos de mayor humedad, sin embargo, debido a que hubo diferencia en el prensado, se presentan diferentes pérdidas de humedad, lo que puede explicar los cambios en la humedad, estas diferencias se presentan en el Anexo 1.

La cantidad de calcio es un indicador de la cantidad de fosfato de calcio perdido en la cuajada y del grado de acidificación durante el desuerado. Esto explica que QP1, queso de menor pH sea también el queso de mayor contenido de Ca^{2+} . Por otro lado, el calcio tiene un papel importante en el desarrollo de la textura de los quesos; los quesos suaves como el Cambozola y el Blue Shropshire tiene bajos contenidos de Ca^{+2} (Lawloe *et al.*, 2001).

Calidad sanitaria del queso

El efecto de la temporada y el proceso de elaboración del queso en las distintas queserías sobre las variables microbiológicas del queso se observa en el Cuadro 5. En el efecto temporada se observó que existió diferencia significativa para la cuenta total estándar en todas las queserías excepto QP2. En cuanto al efecto queserías, la cuenta total más altas fue para QP5 de temporada de estiaje. El hecho de que el QP5 tenga la cuenta más alta podría deberse a que este queso se encuentra en el grupo de los

quesos con mayor a_w y humedad, mientras que el QP2 está en el grupo de quesos con menor a_w , menor humedad y menor pH y su CT fue de las más bajas. El a_w tiene una gran influencia en el crecimiento de los microorganismos, la actividad acuosa en muchos quesos es de 0.96 (Badui, 1999), todos los quesos de este estudio presentaron un a_w menor a éste.

Aunque la cuenta total de los quesos es alta, se han reportado cuentas más altas en otros quesos elaborados con leche cruda como el Pecorino Romano (Pisano, *et al.*, 2006), Canestrato Pugliese y Fiore Sardo (Di Cagno *et al.*, 2003) y Chihuahua (Tunick *et al.*, 2007). Inclusive en otros quesos mexicanos también de producción artesanal a partir de leche cruda las cuentas de mesofílicos han sido mayores, como es el caso del Queso Crema Tropical, producido en Tonalá, Chiapas (Romero, 2007). Otro estudio realizado por Márquez (2008) demuestra que la población de microorganismos mesofílicos aerobios en el Queso Ranchero molido tiene un máximo y posteriormente empieza a decrecer con el tiempo, aun así la cuenta total de dicho queso para la misma edad en que fue evaluado el Queso de Poro fue mayor. La ausencia de coliformes probablemente sea resultado de la baja humedad, baja a_w del queso, así como de su alto contenido de sodio y bajo pH. Pisano *et al.* (2006), observaron una considerable disminución de las cuentas de coliformes en queso *Fiore Sardo* ocasionadas por una disminución en el pH del queso, así como por un decremento en la humedad y un incremento en la concentración de NaCl. Otros quesos como el Ranchero molido si presentaron microorganismos coliformes (Márquez, 2008).

Cuadro 5. Calidad microbiológica del queso.

Variable	QP1		QP2		QP3		QP4		QP5	
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
Cuenta total estándar	5.28 ^{A,a}	5.09 ^{A,b}	4.00 ^{C,a}	4.56 ^{B,a}	5.14 ^{A,B,a}	4.36 ^{B,b}	5.3 ^{B,a}	4.8 ^{B,b}	4.99 ^{A,a}	5.78 ^{C,b}
Coliformes totales	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}	0.0 ^{A,a}

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) entre queserías
 Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) entre temporadas
 Datos obtenidos de quesos de ocho días posteriores a su empaque, almacenados en refrigeración. La elaboración de los quesos tarda 7 días durante los cuales el queso permanece a temperatura ambiente.

Propiedades de color del queso de Poro

En el Cuadro 6 se muestra el efecto de la edad del queso y el proceso de elaboración del queso en las distintas queserías sobre el color de los quesos de temporada de lluvias. En el efecto edad del queso se observó que la única variable con diferencia significativa fue el índice de amarillamiento. Sin embargo los quesos procedentes de cada una de las queserías fueron significativamente diferentes para todas las variables de color en ambas edades.

El Cuadro 7 presenta el efecto de la edad del queso y el proceso de elaboración del queso en las distintas queserías sobre el color de los quesos de temporada de estiaje. El efecto edad del queso mostró diferencia significativa en por lo menos una de las cuatro variables evaluadas, excepto en el QP3 donde no existió diferencia debida a la edad del queso. Todos los quesos procedentes de las distintas queserías fueron significativamente diferentes para todas las variables de color en ambas edades.

En temporada de lluvias el IA de los quesos QP1, QP3 y QP5 aumenta del día 10 al 25, mientras que el de los tratamientos QP2 y QP4 disminuye. En época de estiaje, todos los quesos fueron diferentes para todas las variables excepto ángulo de tono.

En general, todos los tratamientos fueron más luminosos en el día 25, aunque la luminosidad de unos se incrementó en mayor proporción que la de otros. Los quesos de temporada de estiaje fueron los más luminosos y los de temporada de lluvias los más amarillos. La disponibilidad de alimento fresco en temporada de lluvias podría explicar que los quesos de esta época fueran más amarillos, pues el contenido de caroteno en los pastos verdes es mayor.

Cuadro 6. Variables de color en temporada de lluvias.

Variable	QP1		QP2		QP3		QP4		QP5	
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25
Luminosidad	85.10 ^{Aa}	84.2 ^{Aa}	88.02 ^{Ba}	87.5 ^{Ba}	88.39 ^{Ba}	85.85 ^{A^{Ba}}	88.02 ^{Ba}	88.53 ^{C^{Ba}}	87.52 ^{Ba}	87.52 ^{Ba}
Índice de Amarillamiento	34.29 ^{Aa}	35.90 ^{A^b}	39.41 ^{Ba}	37.84 ^{B^b}	40.27 ^{C^a}	43.00 ^{C^b}	39.23 ^{Ba}	37.98 ^{B^b}	35.92 ^{D^a}	37.2 ^{D^b}
Pureza de color	18.31 ^{Aa}	16.07 ^{Aa}	22.01 ^{Ba}	20.77 ^{Ba}	22.45 ^{Ba}	23.78 ^{C^a}	21.78 ^{Ba}	21.1 ^{B^c}	19.61 ^{A^{Ba}}	20.44 ^{B^a}
Angulo de tono	90.08 ^{Aa}	89.53 ^{Aa}	89.55 ^{AB^a}	88.83 ^{Aa}	88.65 ^{Ba}	89.01 ^{Aa}	89.11 ^{A^{Ba}}	89.13 ^{Aa}	89.53 ^{A^b}	89.26 ^{Aa}

* Valores expresados en grados

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre queserías

Medias en columnas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre edades

Cuadro 7. Variables de color en temporada de estiaje.

Variable	QP1		QP2		QP3		QP4		QP5	
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25
Luminosidad	86.33 ^{A^a}	91.51 ^{Ab}	87.49 ^{AB^a}	88.74 ^{Ba}	89.06 ^{Ba}	89.77 ^{A^{Ba}}	89.41 ^{Ba}	89.67 ^{A^{Ba}}	90.01 ^{B^a}	90.16 ^{A^{Ba}}
Índice de Amarillamiento	32.42 ^{Aa}	31.28 ^{Aa}	36.02 ^{Ba}	36.72 ^{Ba}	37.92 ^{Ba}	37.48 ^{Ba}	40 ^{C^{Ba}}	35.92 ^{B^b}	31.89 ^{D^a}	33.53 ^{A^B}
Pureza de color	17.37 ^{Aa}	17.62 ^{Aa}	19.78 ^{C^a}	20.61 ^{Ba}	21.27 ^{Ba}	21.11 ^{Ba}	22.53 ^{Ba}	20.12 ^{B^b}	36.3 ^{D^a}	18.48 ^{A^B}
Angulo de tono	90.08 ^{Aa}	91.43 ^{Ab}	89.59 ^{Aa}	90.31 ^{B^b}	89.46 ^{A^{Ba}}	90 ^{Ba}	88.91 ^{Ba}	89.87 ^{B^b}	61.45 ^{C^a}	88.76 ^{C^b}

* Valores expresados en grados

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre queserías

Medias en columnas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre edades

La composición del alimento consumido por las vacas ha sido asociado con las diferencias en el color debido al mayor contenido de carotenos (Vardier-Metz *et al.*, 2000). Existe un efecto regional o estacional en los valores de retinol total y β -caroteno en la leche debido al régimen de alimentación (Scott *et al.*, 1989).

La concentración de carotenoides y vitamina A en la leche está fuertemente influenciada por el contenido de carotenoides de los alimentos. La leche procedente de animales alimentados con pasto contiene niveles más altos de carotenos que la de animales alimentados con alimentos concentrados. También hay una gran variación estacional en la concentración de vitamina A; en verano la leche contiene un promedio de 62 mg de retinol y 31 mg β -caroteno por 100 gramos, mientras que los valores de invierno son de 41 and 11 g por cada 100 mg, respectivamente. La raza de la vaca también tiene una influencia sobre la concentración de vitamina A en la leche (Fox y McSweeney, 1998).

En quesos, se han observado variaciones en el color a lo largo del proceso de maduración, con incrementos en el color amarillo a mayores tiempos de maduración (Pinho *et al.*, 2004). Lo anterior es contrario a lo encontrado en el queso de Poro, donde los cambios de color existen, pero únicamente en la saturación del color del queso.

La luminosidad de los quesos varía de 84.2 a 91.51, siendo el queso más luminoso el QP1 de temporada de estiaje. El rango de índice de amarillamiento varía de 31.28 a 43, el queso más amarillo fue QP3 de temporada de lluvias. La pureza del color fue de 16.07 a 36.3, donde QP5 de época de estiaje es el queso de mayor pureza. En cuanto al

ángulo de tono, los valores oscilaron entre 61.45 y 91.43, el ángulo de tono más grande fue para QP1 de temporada de estiaje.

Propiedades de textura del queso de Poro

El efecto de la edad del queso y el proceso de elaboración del queso sobre las variables del TPA de quesos producidos en temporada de lluvias se presenta en el Cuadro 8. Las diferencias entre los procesos de elaboración entre queserías ocasionaron diferencias significativas en las variables dureza y adhesividad, siendo QP2 y QP5 los quesos menos duros y, QP2 y QP3 los más adhesivos. El efecto de la edad del queso fue significativo únicamente para dureza y adhesividad, en este caso, los quesos de 10 días son más firmes (QP1, QP3, QP4 y QP5) y adhesivos (QP1, QP2, QP4 y QP5) que los de 25.

El efecto de la edad del queso y el proceso de elaboración del queso sobre las variables del TPA de quesos producidos en temporada de estiaje se presenta en el Cuadro 9. En esta temporada las variaciones en el proceso ocasionaron diferencia significativa en la adhesividad, siendo QP5 el queso más adhesivo. No existió ninguna variable estadísticamente significativa para el efecto edad del queso.

De igual forma en los cuadros 8 y 9 se observa el efecto de la interacción edad del queso vs. las variaciones en el proceso de elaboración para las temporadas de lluvias y estiaje respectivamente. En lluvias, esta interacción únicamente fue significativa para la variable dureza, donde mientras la dureza de los quesos QP1, QP3, QP4 y QP5

disminuyó ligeramente del día 10 al 25, la del QP2 aumento ligeramente, esto puede relacionarse con la perdida de humedad que se registro en todos los quesos excepto el QP2. En estiaje, la única variable significativa para la interacción fue adhesividad, en este caso se observa que los quesos QP1, QP3 y QP4 son menos adhesivos en el día 10 que en el día 25, mientras la adhesividad de los QP2 y QP5 disminuyen del día 10 al 25.

En general todos los quesos a excepción del QP4 fueron menos adhesivos en época de lluvias que en estiaje, el queso de menor adhesividad en temporada de lluvias (QP5) fue también el de mayor adhesividad en estiaje. QP1 y QP5 tuvieron valores de elasticidad más altos en lluvias mientras que el resto presentaron valores más altos en estiaje; en lluvias QP2 tuvo los valores más bajos y en estiaje el valor más bajo fue para QP5 que en lluvias tuvo valores más altos que QP2, QP3 y QP4. QP4 en lluvias QP4 es más bajo que QP1 mientras que en estiaje este comportamiento se invierte.

Las diferencias en los valores del TPA para los quesos de las diferentes queserías en ambas edades y temporadas, están relacionadas con las diferencias en el proceso de elaboración del queso (Cuadro 19), así como con la composición del queso y la leche. Como ya se había mencionado, la composición de la leche y el queso depende de la alimentación del ganado, la raza, la etapa de lactación y la estación del año. Tunickk *et al.* (2007), encontraron para queso Chihuahua, elaborado con leche cruda, variaciones en todos los parámetros del TPA debidas a la estacionalidad. Sin embargo, en este estudio el único parámetro que obedece este comportamiento fue la adhesividad.

Cuadro 8. Textura de quesos de temporada de lluvias.

Variable	QP1			QP2			QP3			QP4			QP5		
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	
Dureza (N)	30.34 ^{A,a}	18.92 ^{A,b}	11.5 ^{B,a}	11.94 ^{B,a}	26.26 ^{C,a}	23.66 ^{C,a}	28.92 ^{A,C,a}	25.93 ^{C,a}	12.59 ^{B,a}	9.81 ^{B,a}					
Adhesividad (N-s)	-0.011 ^{A,a}	-0.009 ^{A,a}	-0.037 ^{A,a}	-0.006 ^{A,a}	-0.001 ^{B,a}	-0.024 ^{A,b}	-0.017 ^{A,a}	-0.006 ^{A,a}	-0.018 ^{A,a}	-0.001 ^{A,a}					
Cohesividad	0.62 ^{A,a}	0.52 ^{A,a}	0.49 ^{B,a}	0.63 ^{A,b}	0.5 ^{B,a}	0.63 ^{A,b}	0.45 ^{B,a}	0.55 ^{A,a}	0.46 ^{B,a}	0.62 ^{A,b}					
Elasticidad	0.88 ^{A,a}	0.85 ^{A,a}	0.68 ^{B,a}	0.72 ^{B,a}	0.76 ^{B,a}	0.81 ^{A,B,a}	0.84 ^{A,a}	0.79 ^{A,B,a}	0.8 ^{A,a}	0.83 ^{A,a}					
Masticabilidad (N)	16.56 ^{A,a}	8.39 ^{A,a}	3.82 ^{B,a}	16.99 ^{A,b}	10.05 ^{A,B,a}	12.08 ^{A,a}	11.03 ^{A,B,a}	11.25 ^{A,a}	3.81 ^{A,B,a}	4.44 ^{A,a}					

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre queserías

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre edades

Cuadro 9. Textura de quesos de temporada de estiaje.

Variable	QP1			QP2			QP3			QP4			QP5		
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	
Dureza (N)	11.92 ^{A,a}	11.04 ^{A,a}	14.89 ^{A,D,a}	16.26 ^{B,a}	29.63 ^{B,a}	24.69 ^{C,b}	23.86 ^{C,a}	26.92 ^{C,a}	16.63 ^{D,a}	13.43 ^{A,B,b}					
Adhesividad (N-s)	-0.0002 ^{A,a}	-0.227 ^{A,a}	-0.313 ^{B,a}	-0.0002 ^{B,a}	-0.176 ^{C,a}	-0.313 ^{A,C,b}	-0.001 ^{A,a}	-0.011 ^{B,a}	-0.643 ^{D,a}	-0.353 ^{C,a}					
Cohesividad	0.42 ^{A,a}	0.41 ^{A,a}	0.4 ^{A,a}	0.48 ^{A,a}	0.38 ^{A,a}	0.39 ^{A,a}	0.47 ^{A,a}	0.44 ^{A,a}	0.41 ^{A,a}	0.42 ^{A,a}					
Elasticidad	0.83 ^{A,a}	0.85 ^{A,a}	0.63 ^{B,a}	0.95 ^{A,C,b}	0.8 ^{A,a}	0.77 ^{A,B,a}	0.89 ^{A,C,a}	0.8 ^{A,a}	0.74 ^{A,B,a}	0.67 ^{B,a}					
Masticabilidad (N)	4.08 ^{A,a}	3.87 ^{A,a}	3.77 ^{A,a}	7.33 ^{A,a}	34.13 ^{B,a}	7.44 ^{A,b}	9.97 ^{A,a}	10.39 ^{A,a}	5.1 ^{A,a}	3.59 ^{A,a}					

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre queserías

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre edades

La textura del queso se ve afectada por su composición y el estado de su matriz proteica (Tunick *et al.*, 2007). La microestructura del queso consiste de una matriz proteica continua con una estructura suelta y abierta con espacios ocupados por glóbulos de grasa dispersos a través de la matriz proteica. (Lobato *et al.* 1998). El arreglo estructural de la red determina las características de textura del queso y es afectado por factores como la composición, el proceso de elaboración del queso, proteólisis durante la maduración, tamaño y distribución de los glóbulos de grasa (Lagoueyte *et al.*, 1994 y Bryant *et al.*, Lobato *et al.* 1998).

Tunick *et al.* (2007) para queso Chihuahua de 4 semanas y con Brickley *et al.* (2007) y Awad *et al.* (2005) para queso Cheddar de 28 días y un mes, respectivamente, señalan que los valores para los parámetros del TPA decrecen conforme se incrementa la edad del queso. Este comportamiento se presentó únicamente en el queso QP1 de temporada de lluvias.

Los valores de dureza del queso de Poro oscilan entre 9.81 a 30.34 N, el queso más firme fue QP1 de temporada de lluvias. Los valores de adhesividad oscilaron entre -0.0002 y -0.643 N-s, QP5 de época de estiaje fue el queso más adhesivo. El rango de cohesividad fue de 0.38 a 0.63, el queso más cohesivo fue QP2 de temporada de lluvias. La elasticidad del queso de Poro estuvo entre 0.63 y 0.95, el valor más alto fue para QP2 de época de estiaje. La masticabilidad tuvo valores desde 3.59 N hasta 34.13 N, el queso más masticable fue QP3 de temporada de lluvias.

Propiedades reológicas del queso de Poro

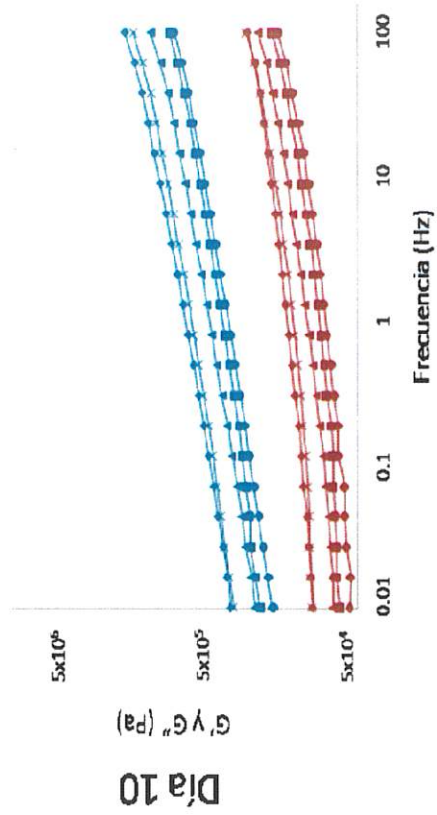
El comportamiento mecánico de los quesos de Poro fue determinado mediante pruebas oscilatorias de baja amplitud, las mediciones dinámicas fueron llevadas a cabo en la zona viscoelástica lineal, de tal manera que en todas las pruebas la estructura del queso se conservó. Las gráficas de los módulos de almacenamiento (G') y de pérdida (G'') se presentan en la Figura 5. Las gráficas de G' y G'' para cada quesería de acuerdo a la edad del queso y a la temporada en que fue elaborado. En general todos los quesos presentaron valores de G' mayores a los de G'' en todos los casos a excepción del primer punto en la gráfica de QP1, para quesos de temporada de estiaje de 10 días. Además, los valores de G' y G'' se incrementaron conforme aumentó la frecuencia. Este comportamiento es típico en materiales viscoelásticos de carácter sólido y ya había sido reportado en quesos por autores como Nolan *et al.* (1989), Ustunol *et al.*, (1995), Ma *et al.* (1996), Tunick *et al.* (2000) Brown *et al.* (2003) y Lui *et al.* (2008); en quesos Mozzarella, Cheddar, Chihuahua, queso fresco y quesos análogos, respectivamente.

La Figura 5 permite observar que los quesos de temporada de lluvias se comportaron más uniformemente que los de estiaje en todo el rango de frecuencia. Si se comparan las gráficas de G' en el día 10 para los quesos de ambas temporadas se observa que el queso QP1 presentó prácticamente el mismo comportamiento, este también es el caso de los quesos QP2 y QP5. Sin embargo, en la temporada de estiaje, los valores de G' son ligeramente más bajos. Los valores de G' para el queso QP3 fueron más altos en temporada de estiaje y diferentes a los de los demás quesos, mientras que con los valores de G' para el queso QP4 sucede lo contrario. En cuanto a

los valores de G'' , todas las gráficas tienen un comportamiento creciente, en lluvias los valores más altos son para los quesos QP1 y QP4, y los más bajos son para QP3, mientras que en estiaje las G'' más altas son para los quesos QP3 y las más bajas para QP4.

Comparando los quesos de 25 días para ambas temporadas, nuevamente se observa que los valores de G' para los quesos QP1 y QP3 son muy similares, pero en el resto de los quesos si existen diferencias, por ejemplo, el queso QP4 en temporada de lluvias presentó valores de G' más bajos que en estiaje. Las gráficas de G'' de ambas temporadas presentaron comportamientos poco semejantes, las gráficas de temporada de lluvias de los quesos QP2, QP3 y QP5 se superpusieron después de 10 Hz, las gráficas de los quesos QP1 y QP4 permanecieron casi juntas en todo el rango. En temporada de estiaje las de las gráficas de G'' de todos los quesos excepto QP1 se comportaron de forma más irregular entrecruzándose en algunas ocasiones. Las diferencias encontradas en el comportamiento reológico de los quesos de dos temporadas, nuevamente obedecen a las variaciones tanto en el proceso de elaboración del queso (cantidad de cuájo, tempo de cuajado, prensado, etc.) como en la composición del queso y de la leche.

Lluvias



Estiaje

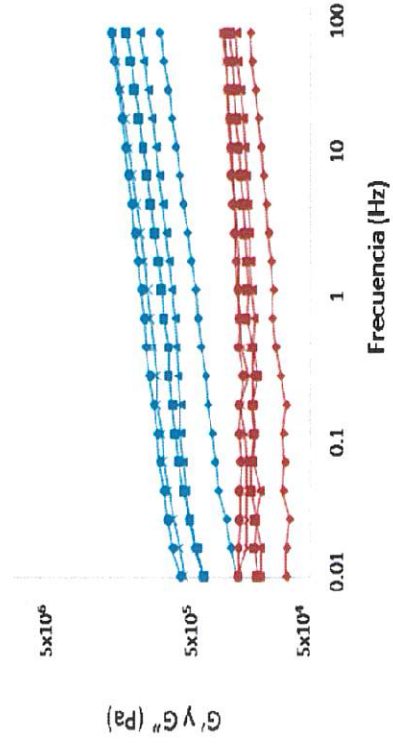
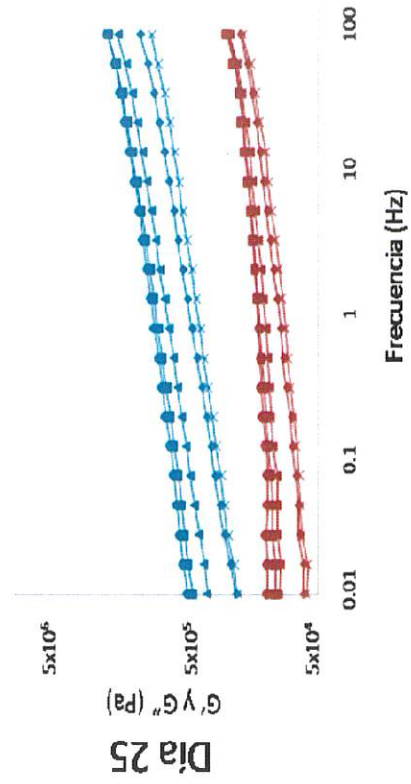
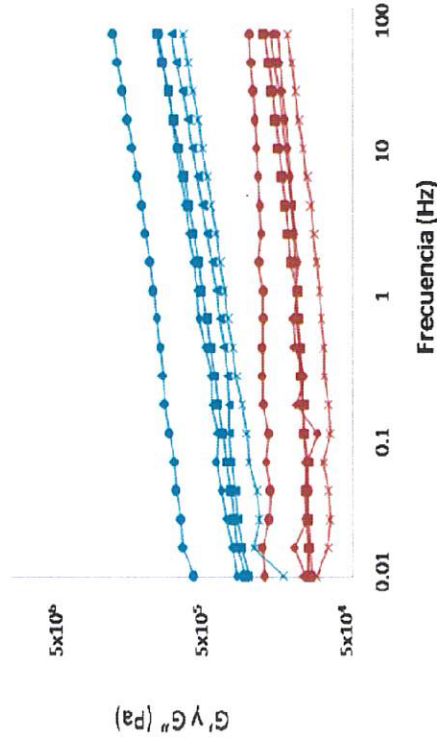


Figura 5. Espectro mecánico de los quesos Poro a diferentes etapas de maduración. G' : Módulo de almacenamiento, G'' : Módulo de pérdida. (◆) QP1, (▲) QP2, (●) QP3, (×) QP4 y (■) QP5.

Por otro lado si se comparan los quesos de una sola temporada (lluvias) evaluados en el día 10 con los evaluados en el día 25 se observa que QP1 pasó de ser el queso de G' y G'' más altas a el segundo de valores más bajos; y QP3 de ser el de G' y G'' más bajas en el día 10 a el más altas el día 25. Si se comparan las gráficas de los quesos de época de estiaje se observa que el queso QP3 presentó comportamientos muy semejantes para G' y G'' en ambas edades, mientras que los módulos de pérdida y almacenamiento del queso QP4 fueron más altos el día 25. En este caso las diferencias podrían deberse a factores como cambios en la humedad y pH del queso así como a la posible presencia de proteólisis y lipólisis en los mismos.

Los Cuadros 10 y 11 muestran los efectos de la edad del queso y el proceso de elaboración del mismo sobre las variables reológicas. En temporada de lluvias existió diferencia significativa para las medias de los valores de la variable módulo de almacenamiento para la edad del queso y la interacción, así como en G'' para la interacción (valores tomados a 8.01 Hz). En el efecto edad del queso se observa que el módulo de almacenamiento fue mayor para los quesos de 25 días que para los de 10. La interacción de G' muestra que para los quesos QP2, QP3 y QP5 fue más baja en el día 10 que en el día 25, mientras que para el QP1 y QP5 G' fue más alto en el día 10 que en el día 25. Se observó que el módulo viscoso o de pérdida de los tratamientos QP2, QP3 y QP5 fue menor a los 10 días que a los 25, mientras que para QP1 y QP4 sucede lo contrario.

En época de estiaje ambas variables (G' y G'') fueron significativas para todos los efectos. El queso QP3 presentó valores de G' y G'' más altos que el resto tanto en el día 10 como en el día 25; ambos valores para el queso QP4 fueron muy bajos en el día 10 y subieron mucho en el día 25. Mientras que los valores de los quesos QP1 y QP3 baja del día 10 al 25 el resto suben, tanto para G' como para G'' .

Los altos valores de G' observados en el queso QP1 de temporada de lluvias pueden deberse a que en esta época dicho queso tuvo mayor contenido proteico, de igual forma el queso con los valores de G' más bajos (QP3) en esta temporada, fue el de menor contenido proteico. Madadlou *et al.* (2005) reportaron que reducciones en el contenido de grasa en el queso del 23 al 6% incrementan significativamente en los valores de G' y que esto puede ser debido a un incremento en la proporción de la fracción proteica en el queso. Los únicos puntos del proceso de elaboración del Queso de Poro donde difieren los quesos QP1 y QP3 son en la cantidad de cuajo, el tiempo de reposo antes de cortar la cuajada y el tiempo de prensado. Para el queso QP1 únicamente se utilizan 5 ml de cuajo, mientras que para QP3 se utilizan 10 ml. El tiempo de cuajado de QP1 es de dos horas y el de QP3 únicamente de una hora. En cuanto al prensado, el queso QP3 lleva un día más de prensado que el resto de los quesos.

En el caso del cuajado, Law (1999) reportó que si la cuajada es cortada y agitada muy rápido, se incrementa la cantidad de grasa perdida en el suero. Por otro lado, el prensado influye directamente sobre la composición del producto terminado, pues de este dependen en gran medida la pérdida de humedad y la penetración de la sal que ya

por sí misma ayuda a la deshidratación. Bajos contenidos de humedad incrementan la relación del contenido de proteína en el queso. La reducción del contenido de agua incrementa los enlaces intermoleculares concentrando a las proteínas, aumentos en el contenido de agua provocan que la matriz de caseína se hinche, disminuyendo las interacciones moleculares y los valores de G' (Lui *et al.*, 2008).

Ustunol *et al.* (1995), encontraron para queso Cheddar, que los quesos con mayor cantidad de grasa presentaron menores valores de G' . Sin embargo, Lui, *et al.* (2008), encontraron en su estudio que los valores de G' para muestras de queso completas en grasa fueron mayores que los de muestras bajas en grasa.

Tunick *et al.* (2007) estudiaron la reología del queso Chihuahua y encontraron valores de G' y G'' mayores en quesos de 16 semanas que en quesos de 0 semanas. El incremento de estos valores también había sido observado por Rosenberg *et al.* (1995), en queso Cheddar y se le atribuyó a la acumulación y compactación de productos de la proteólisis del queso. Por otro lado Mehmet *et al.* (1996) encontraron que las pérdidas en la matriz proteica ocasionadas por la proteólisis durante el almacenamiento implican un decremento en los valores de G' . Durante la maduración del queso ocurren diversos fenómenos, entre ellos, la pérdida de humedad, proteólisis y lipólisis, que en su mayoría son responsables de los cambios en los valores de G' y G'' a lo largo de la vida útil del queso.

Cuadro 10. Módulos de pérdida y almacenamiento del queso en temporada de lluvias.

Variable	QP1			QP2			QP3			QP4			QP5		
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	
Mod. Almacenamiento (kPa)	634.3 ^{A,a}	389.35 ^{A,b}	414.65 ^{B,a}	653.29 ^{B,b}	400.58 ^{B,C,a}	923.34 ^{C,b}	589.27 ^{A,B,a}	401.49 ^{A,a}	498.11 ^{A,B,a}	498.11 ^{A,B,a}	498.11 ^{A,B,a}	498.11 ^{A,B,a}	498.11 ^{A,B,a}	864.91 ^{C,b}	
Mod. Perdida (kPa)	136.35 ^{A,a}	82.92 ^{A,b}	96.49 ^{B,a}	118.67 ^{B,a}	86.79 ^{B,C,a}	146.12 ^{B,C,b}	126.43 ^{A,B,a}	90.71 ^{A^{B,b}}	102.89 ^{B,C,a}	102.89 ^{B,C,a}	102.89 ^{B,C,a}	102.89 ^{B,C,a}	102.89 ^{B,C,a}	144.86 ^{A,C,b}	

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre queserías

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre edades

Cuadro 11. Efecto Módulos de pérdida y almacenamiento del queso en temporada de estiaje.

Variable	QP1			QP2			QP3			QP4			QP5		
	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	Día 10	Día 25	
Mod. Almacenamiento (kPa)	510.69 ^{A,a}	436.41 ^{A,a}	424.15 ^{A,a}	532.47 ^{A,a}	1081.14 ^{B,a}	987.36 ^{B,a}	281.91 ^{C,a}	856 ^{C,b}	487.05 ^{A,a}	487.05 ^{A,a}	487.05 ^{A,a}	487.05 ^{A,a}	487.05 ^{A,a}	679.68 ^{D,b}	
Mod. Perdida (kPa)	110.62 ^{A,a}	96.04 ^{A,a}	117.7 ^{A,a}	130.44 ^{B,a}	177.92 ^{B,a}	173.98 ^{C,a}	67.4 ^{C,a}	173.84 ^{C,b}	117.8 ^{A,a}	117.8 ^{A,a}	117.8 ^{A,a}	117.8 ^{A,a}	117.8 ^{A,a}	173.98 ^{C,b}	

Medias en filas con letras diferentes (mayúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre queserías

Medias en filas con letras diferentes (minúsculas) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre edades

Los valores de G' oscilaron entre 281.9 a 1081.14 kPa y los de G'' entre 67.4 a 173.98 kPa. El queso QP3 de época de estiaje fue el queso más elástico y el más viscoso. Las graficas del G' y G'' se comportaron de forma creciente, además, los valores de G' fueron superiores a los de G'' , esto es típico de los materiales viscoelásticos de carácter sólido.

Composición de ácidos grasos volátiles libres en el queso de Poro

La determinación de AGVL se realizó únicamente para los quesos de la temporada de estiaje. Los ácidos grasos libres de cuatro o más carbonos son generalmente producidos por la lipólisis de la grasa butírica (Ziino *et al.*, 2005). En general el queso de Poro presentó mayor concentración de ácido butírico, el queso con mayor concentración fue el QP5 y los de menor concentración fueron QP1 y QP4 (Cuadro 17); el siguiente ácido libre en concentración fue el ácido acético, en este caso el queso de mayor cantidad fue el QP5 y el de menor fue el queso QP4; por último se encontró que el queso con más ácido propiónico fue el QP3. El desarrollo del sabor del queso depende de varias rutas metabólicas, una de ellas es la lipólisis, la principal transformación de la grasa durante la maduración, es básicamente la hidrólisis de triacilgliceroles para la producción de AGVL y otros compuestos (Singh *et al.*, 2003). Esta se lleva a cabo por la lipoproteína lipasa presente en la leche cruda, enzimas del cuajo, microorganismos y por otras reacciones químicas (McSweeney y Sousa, 2000). Estos ácidos pueden ser también producidos por la fermentación de la lactosa a ácido láctico (Irigoyen *et al.*, 2007).

Las bajas concentraciones encontradas en queso de Poro con relación a los valores reportados para otros quesos como el Queso Añejo de Zacazonapan (Hernández, 2007) probablemente se deben a que la maduración del queso de Poro ocurre únicamente desde su elaboración a su consumo y esto implica un lapso no mayor a 30 días; es decir, la pasta quesera sufriría en ese lapso una escasa maceración.

Cuadro 12. Contenido de ácidos grasos volátiles libres en los quesos de temporada de estiaje de las diferentes queserías.

Variable	QP1	QP2	QP3	QP4	QP5
Ácido Acético ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	60.28 ^{c,d}	128.21 ^b	99.4 ^{b,c}	17 ^d	334.31 ^a
Ácido Propiónico ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	39.73 ^b	9.66 ^d	64.42 ^a	26.06 ^c	9.44 ^d
Ácido Butírico ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	316.99 ^d	397.00 ^c	666.9 ^b	331.32 ^d	1025.46 ^a

Medias en filas con letras diferentes fueron diferentes ($P\leq 0.05$)

Los valores de ácido acético van de 17 a 334.31 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, para ácido propiónico los valores oscilan entre 9.44 a 64.42 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ y para ácido butírico entre 316.99 y 1025.46 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Los valores más altos son para QP5, QP3 y QP5, respectivamente.

Evaluación sensorial descriptiva de quesos de Poro

El panel descriptivo generó quince atributos para caracterizar la apariencia, el aroma, el sabor y la textura del queso de Poro, en el Cuadro 13 se presentan los atributos, su definición y valores de referencias en la escala. Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias mostraron diferencias entre quesos para ocho de los quince atributos (Cuadro 14 y Figura 6).

En cuanto al color, únicamente se encontró diferencia en el QP4, que obtuvo la calificación más baja, lo cual indicó que el queso fue menos amarillo, instrumentalmente este queso no fue el menos amarillo, pero los quesos QP2 y QP3 presentaron valores de IA por encima de él. En cuanto a la resolución de las capas, los quesos QP3 y QP4 fueron iguales entre sí con la menor resolución. El proceso de elaboración del queso de Poro varía entre queserías; por ejemplo, la operación que afecta las capas del queso, en la quesería QP3 lleva un día más de prensado, a diferencia de QP1, QP2 y QP4; adicionalmente el queso QP4 es prensado con una prensa tipo holandés, lo cual ocasiona que QP3 y QP4 tengan una estructura más compacta y por lo mismo no sea sencillo percibir sensorialmente las capas.

No se encontró diferencia entre los atributos de aroma evaluados (aroma a leche ácida, mantequilla y ácido propiónico). Sin embargo los atributos de textura (dureza y cremosidad táctil) presentaron diferencias entre los quesos; el queso que se percibió más firme fue el QP3, éste dato coincide con los datos instrumentales de dureza, donde los quesos más firmes fueron QP3 y QP4; los quesos percibidos como más cremosos fueron QP4 y QP1.

No existió diferencia significativa para la arenosidad y la elasticidad evaluadas en la boca, pero sí para las variables humedad y dureza. Los quesos QP1, QP2 y QP4 fueron percibidos como más húmedos, mientras que QP1 y QP4 fueron los menos firmes. No existió diferencia entre los quesos en cuanto al sabor salado, pero sí en cuanto a la acidez; los quesos más ácidos fueron el QP2 y el QP3. En los datos del análisis químico proximal no se encontró diferencia significativa en el contenido de

humedad de los quesos; QP1 fue uno de los quesos que instrumentalmente se percibieron como menos duros. En cuanto a la acidez, los datos coinciden con la determinación instrumental de pH, pues efectivamente uno de los quesos de menor pH fue el QP2. La intensidad del sabor a queso de QP1, QP2 y QP3 fue mayor que los otros, mientras que la permanencia del sabor fue percibida más baja para el queso QP5. Las diferencias sensoriales percibidas por el panel entre las cinco queserías podrían deberse principalmente a variaciones en el proceso de elaboración del queso (Anexo 1), así como a diferencias en la composición de leche y queso.

El análisis de componentes principales de los datos descriptivos mostró que los dos primeros componentes principales (PCs) explicaron el 66% de la variabilidad de los quesos. El primer componente principal (CP1) explicó el 36% de la variabilidad entre los datos y se correlacionó de forma positiva con los atributos de color, aroma a leche ácida, dureza y sabor ácido, negativamente se relacionó con la cremosidad táctil del queso y la humedad (Cuadro 15). El CP2 explicó el 30% de la varianza y se correlacionó positivamente con las capas, la elasticidad, el sabor salado y la intensidad de sabor, negativamente sólo se relacionó con el aroma a ácido propiónico.

La Figura 16 muestra los dos primeros componentes principales de los atributos sensoriales del queso y la ubicación de los quesos con respecto a éstos. Se observa que QP3 y QP5 se relacionan más con la dureza táctil, QP4 con la cremosidad y QP1 con la humedad.

Cuadro 13. Descriptores sensoriales definidos y referencias para la evaluación de queso de Poro.

Descriptor	Definición	Referencia de Intensidad
Color	Intensidad de color del blanco al amarillo.	Papel adhesivo blanco (Janell) IA (-19.18). Intensidad = 1.5 Papel adhesivo amarillo (Post-it) IA (53.63). Intensidad = 11
Capas	Resolución de los espacios debidos al acomodo de las capas de cuajada durante el prensado del queso.	Galleta Habanera (Gamesa). Intensidad = 5 Pan de hojaldre banderilla (El globo). Intensidad = 11.5
Olor a leche ácida	Aromas asociados con la leche ácida fermentada.	Acido láctico, 0.05 % en leche Intensidad = 4.5 Acido láctico, 1 % en leche Intensidad = 9
Olor a mantequilla	Aromas asociados con la mantequilla.	Diacetilo, 5 gotas en 100 mL de leche Intensidad = 4 Diacetilo, 10 gotas en 100 mL de leche Intensidad = 9
Olor a ácido propiónico	Aroma fuerte e irritante asociado con el queso maduro.	Acido propiónico 5 gotas en 100 mL de leche. Intensidad = 5 Acido propiónico 15 gotas en 100 mL de leche. Intensidad = 10
Dureza táctil	Fuerza necesaria para comprimir un trozo de muestra entre los dedos índice y pulgar.	Salchicha de cocktail (Swan). Intensidad = 4.5 Zanahoria cruda cortada en cubos de 6 mm por 6mm. Intensidad = 13
Creosidad táctil	Sensación asociada con la grasa presente en la muestra al momento de tocarla.	Queso tipo Cotija (Esmeralda, Distribuidora de Lácteos Algil) Intensidad = 4 Queso Philadelphia (Kraft Foods Inc.). Intensidad = 13
Arenosidad	Sensación asociada con pequeñas partículas de arena.	Queso Panela (LALA). Intensidad = 5 Queso Parmesano (Kraft Foods Inc.). Intensidad = 12
Elasticidad	Capacidad de la muestra de recuperar su forma original al ser comprimida con los molares.	Queso tipo Cotija (Esmeralda, Distribuidora de Lácteos Algil). Intensidad = 4 Queso Panela (LALA). Intensidad = 10
Humedad	Cantidad de agua percibida en la cavidad bucal	Queso tipo Cotija (Esmeralda, Distribuidora de Lácteos Algil). Intensidad = 4 Queso Panela (LALA). Intensidad = 11
Dureza	Fuerza necesaria para penetrar la muestra con los molares.	Salchicha de cocktail (Swan). Intensidad = 3 Zanahoria cruda cortada en cubos de 6 mm por 6mm. Intensidad = 11
Sabor salado	Sensación fundamental percibida por las papilas gustativas, ocasionada por las sales.	Cloruro de Sodio, 0.35% en agua. Intensidad = 6 Cloruro de Sodio, 0.5 % en agua. Intensidad = 11
Sabor ácido	Sensación fundamental percibida por las papilas gustativas, ocasionada por los ácidos.	Acido cítrico, 0.2% en agua. Intensidad = 5 Acido cítrico, 0.5% en agua. Intensidad = 11
Intensidad de sabor	Fuerza del sabor global del queso en la boca.	Queso tipo Cotija (Esmeralda, Distribuidora de Lácteos Algil). Intensidad = 12.5
Permanencia de sabor	Duración total del sabor global del queso en la boca.	Queso tipo Cotija (Esmeralda, Distribuidora de Lácteos Algil). Intensidad = 12

Cuadro 14. Medias de los valores de la intensidad de los atributos sensoriales identificados en el queso de Poro

Descriptor	Quesos				
	QP1	QP2	QP3	QP4	QP5
Color	6.73 ^a	7.42 ^a	7.4 ^a	6.01 ^b	7.04 ^a
Capas	7.34 ^a	7.12 ^a	5.49 ^b	5.79 ^b	6.79 ^a
Olor a leche ácida	7.71 ^a	8.07 ^a	7.92 ^a	7.8 ^a	7.97 ^a
Olor a mantequilla	7.19 ^a	6.85 ^a	7.17 ^a	7.06 ^a	6.66 ^a
Olor a ácido propiónico	7.81 ^a	7.75 ^a	8.21 ^a	8.2 ^a	7.77 ^a
Dureza táctil	9.93 ^{b,c}	9.92 ^{b,c}	10.94 ^a	9.52 ^c	10.33 ^{a,b}
Creemosidad táctil	6.39 ^{a,b}	5.34 ^{d,c}	5.64 ^d	6.85 ^a	5.91 ^{b,c}
Arenosidad	7.5 ^a	6.79 ^a	7.13 ^a	6.86 ^a	7.51 ^a
Elasticidad	5.61 ^a	5.6 ^a	5.25 ^a	5.51 ^a	5.56 ^a
Humedad	4.71 ^a	4.27 ^{a,b}	3.73 ^c	4.46 ^a	3.92 ^{b,c}
Dureza	6.84 ^{a,b}	7.11 ^a	6.96 ^a	6.12 ^b	7.27 ^a
Sabor salado	7.76 ^a	7.77 ^a	7.37 ^a	7.14 ^a	7.18 ^a
Sabor ácido	7.45 ^c	8.39 ^a	7.98 ^{a,b}	7.75 ^{b,c}	7.79 ^{b,c}
Intensidad de sabor	9.62 ^a	9.65 ^a	9.2 ^{a,b}	8.88 ^{b,c}	8.68 ^c
Permanencia de sabor	9.02 ^a	8.88 ^a	8.725 ^a	8.62 ^a	7.9 ^b

Medias en filas con superíndices diferentes fueron diferentes ($P \leq 0.05$)

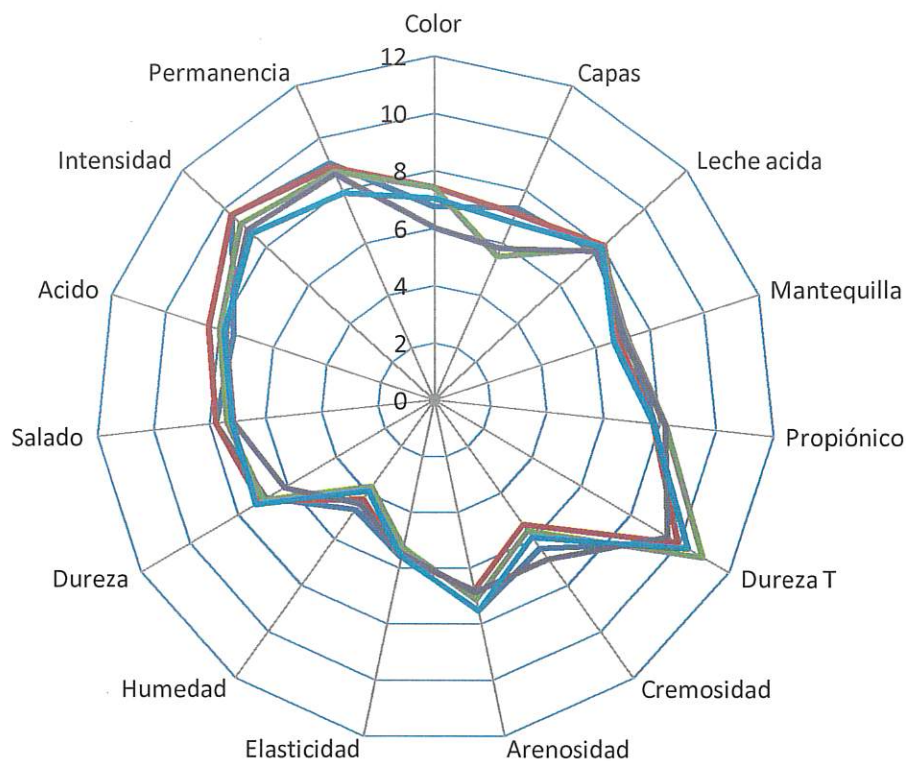


Figura 6. Medias de los valores de la intensidad de los atributos sensoriales identificados en el queso de Poro: (—) QP1, (—) QP2, (—) QP3, (—) QP4 y (—) QP5.

Cuadro 15. Cargas de correlación de los primeros dos componentes principales del ACP de los atributos sensoriales del queso.

Descriptores	CP1	CP2
Color	0.933	0.09
Capas	0.184	0.913
Olor a leche ácida	0.874	-0.082
Olor a mantequilla	-0.565	-0.01
Olor a ácido propiónico	-0.426	-0.77
Dureza táctil	0.611	-0.492
Creemosidad táctil	-0.964	-0.098
Arenosidad	0.002	0.09
Elasticidad	-0.156	0.79
Humedad	-0.686	0.72
Dureza	0.886	0.213
Sabor salado	0.221	0.857
Sabor ácido	0.706	-0.028
Intensidad de sabor	0.12	0.751
Permanencia de sabor	-0.275	0.507

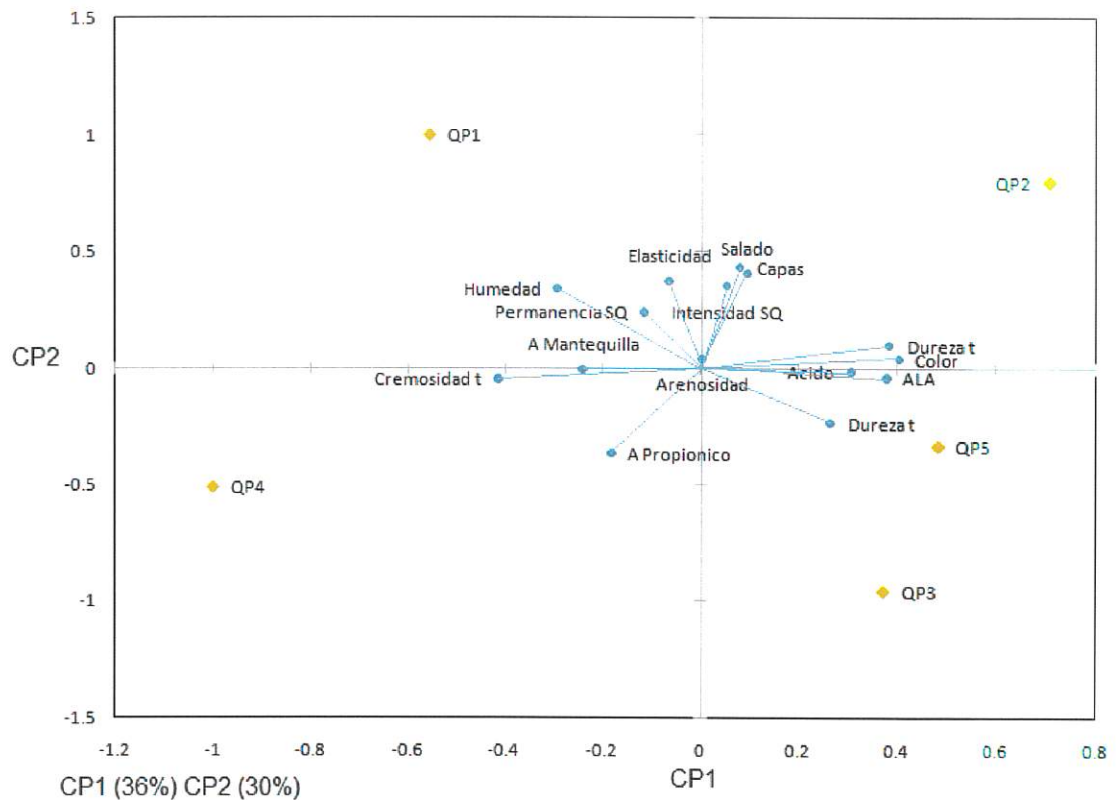


Figura 7. Componentes principales para los atributos sensoriales (cargas) y los quesos (calificaciones).

Aceptabilidad sensorial del queso de Poro

Evaluación por consumidores

No existió diferencia significativa entre la aceptabilidad global de los quesos (Cuadro 16); todos los valores fluctuaron alrededor de 6.57. Esto es contrario a lo encontrado en estudios anteriores como en el del Queso Añejo de Zacazonapan (Hernández, 2007) o el Queso Cheddar (Young *et al.*, 2004). Aunque habría sido interesante encontrar diferencia en la aceptabilidad de los quesos, esto no es estrictamente necesario; en el municipio de Balancán existen muchas queserías y hábito hacia el consumo del queso; que los consumidores no hayan mostrado preferencia entre las marcas del queso asegura mercado para todas, es decir, que todos los productores tienen la misma posibilidad de que su producto sea aceptado por los consumidores.

Cuadro 16. Valores promedio de aceptabilidad global para Queso de Poro por parte de los consumidores.

Quesería	QP1	QP2	QP3	QP4	QP5
Aceptabilidad	6.49 ^a	6.72 ^a	6.39 ^a	6.36 ^a	6.92 ^a

Medias en filas con letras diferentes fueron diferentes (P≤0.05)

Evaluación por productores

Cuando la aceptabilidad global de los quesos fue evaluada por los productores y sus familiares, se encontró diferencia significativa (Cuadro 17) en la preferencia por los quesos, en este caso el queso de mayor aceptabilidad fue el QP4 y el de menor aceptación fue el QP1. Las diferencias en la aceptabilidad podrían deberse a que estas personas están más familiarizadas con el queso y desarrollaron mayor sensibilidad a

sus atributos, de forma tal que pudieron mostrar diferencias en las preferencias hacia los quesos.

Cuadro 17. Valores promedio de aceptabilidad global para Queso de Poro por parte de los productores.

Quesería	QP1	QP2	QP3	QP4	QP5
Aceptabilidad	4.5 ^d	5.22 ^{b,c}	5.83 ^c	7.16 ^a	6.27 ^{a,b}

Medias en filas con letras diferentes fueron diferentes ($P \leq 0.05$)

Además de la aceptabilidad global, los productores también calificaron la aceptabilidad por atributo para cada queso. En este caso existió diferencia significativa en 9 de los 14 atributos evaluados. Como ya se había mencionado el queso de mayor aceptabilidad global fue el QP4. Este queso se distinguió por tener mayor aceptabilidad para las variables sabor salado, sabor ácido, aroma a mantequilla, aroma a ácido propiónico, permanencia e intensidad del sabor. Empero este queso presentó menor aceptabilidad para el atributo capas.

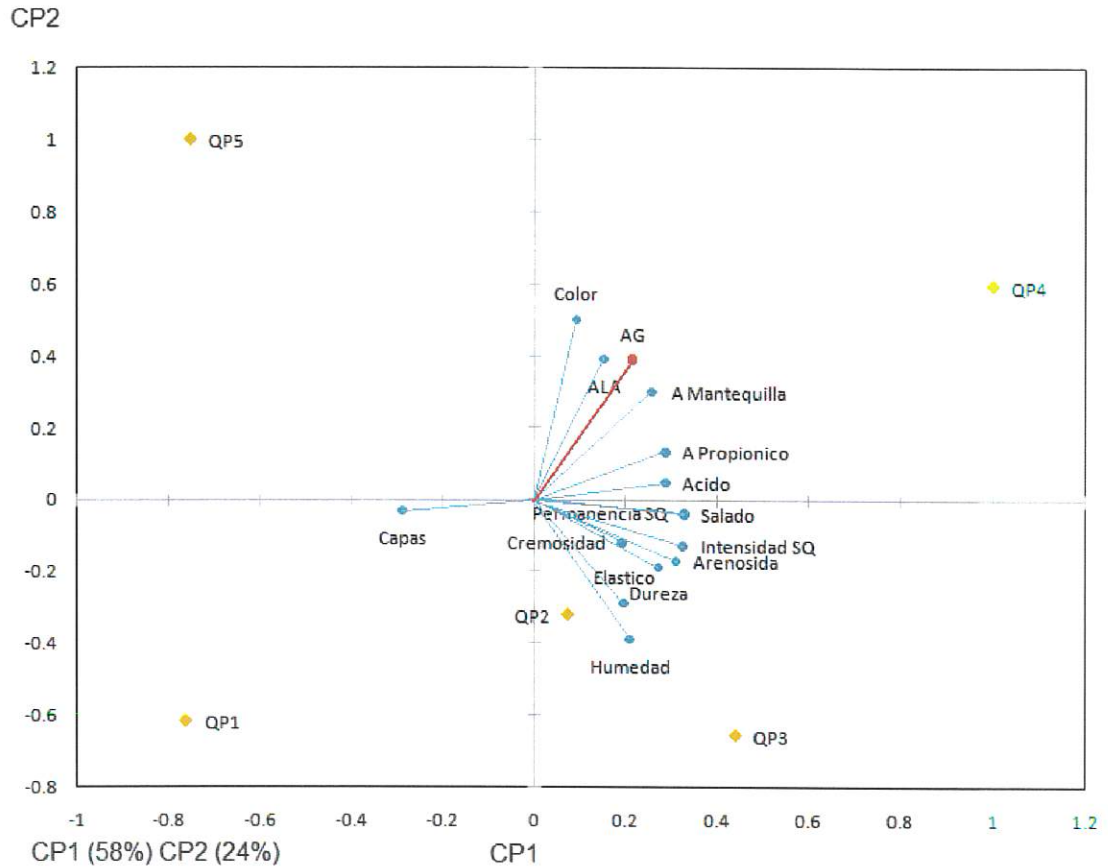


Figura 8. Mapa de preferencia interno para la aceptabilidad global del queso de Poro.

La ausencia de diferencia en la aceptabilidad de los quesos evaluada por los consumidores hace notar que éstos, en comparación con los productores, carecen de habilidad discriminativa que les permita diferenciar entre quesos provenientes de distintas queserías. En cambio la habilidad de los productores y sus familias para distinguir entre quesos permite elegir un queso cuyas características sensoriales son preferidas por la mayoría. Sin embargo, el hecho de que el tamaño de la muestra de la población para las pruebas con productores sea mucho más pequeño que el de las muestras con consumidores tiene muchas desventajas desde el punto de vista

estadístico, pues se podría considerar que la muestra no fue suficientemente representativa.

Los resultados del análisis de regresión de cuadrados mínimos parciales 1 (PLS 1) en donde los datos del análisis descriptivo fueron las variables independiente (X) y la aceptabilidad global fue la variable dependiente (Y), mostraron una correlación de 0.99, donde los dos primeros componentes principales (CPs) de vector X explican el 80% de la variabilidad y los dos primeros PCs del vector Y explican el 99% de la variación. Estos resultados permiten la predicción de la aceptabilidad global del queso a través de la ecuación (1), donde \hat{Y} es la predicción de la aceptabilidad del queso, β son los coeficientes para cada una de las variables descriptivas y X es la magnitud de cada una de estas variables. Los coeficientes de esta ecuación se presentan en el Anexo 2.

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n \quad (1)$$

Variables fisicoquímicas vs. Variables descriptivas (PLS2)

Se realizó una regresión de cuadrados mínimos parciales 2 (PLS 2) de las medias de los datos químicos proximales y fisicoquímicos (X) en contra de las variables descriptivas (Y), los coeficientes de correlación se encuentran en el Cuadro 18. Los dos primeros CPs de X explicaron el 62% de la variabilidad y los dos primeros CPs de Y explican el 67 % de la variabilidad. Los resultados muestran que las variables más importantes fueron aroma a leche ácida, sabor ácido, humedad y cremosidad táctil. Es decir, cada una de

estas cuatro variables descriptivas está moderadamente correlacionada con las variables fisicoquímicas, es decir, dichas variables descriptivas dependen de las variables fisicoquímicas. De este análisis se obtuvieron además las ecuaciones que predicen cada variable fisicoquímica a partir de las variables descriptivas (Anexo 3).

Cuadro 18. Coeficientes de correlación del PLS2 de los atributos sensoriales, químicos proximales y fisicoquímicos, del queso de Poro.

Descriptor	Coefficientes de correlación
Color	0.62
Capas	0.43
Leche ácida	0.85
Mantequilla	0.32
Ácido propiónico	0.21
Dureza táctil	0.5
Creosidad táctil	0.73
Arenosidad	0.54
Elasticidad	0.53
Humedad	0.78
Dureza	0.33
Salado	0.15
Ácido	0.88
Intensidad de sabor	0.09
Permanencia de sabor	0.18

CONCLUSIONES

Esta investigación permitió establecer rangos entre los cuales oscilan las variables de color, textura, reología y ácidos grasos volátiles libres del queso de Poro. Dichos valores pueden considerarse como los valores típicos de este producto y están asociados a las variaciones en el proceso de elaboración del queso, tanto como a la composición del queso y la leche. Las diferencias en la composición de la leche ocasionan diferencias en la composición del queso y son debidas a factores diversos como la alimentación del ganado, la raza, la etapa de lactación y las variaciones climáticas a lo largo del año.

El color del queso de Poro se caracterizó utilizando las variables luminosidad, índice de amarillamiento, pureza del color y ángulo de tono. Considerando los valores obtenidos para estas variables en todo el estudio. La luminosidad de los quesos varía de 84.2 a 91.51, siendo el queso más luminoso el QP1 de temporada de estiaje. El rango de índice de amarillamiento varía de 31.28 a 43, el queso más amarillo fue QP3 de temporada de lluvias. La pureza del color fue de 16.07 a 36.3, donde QP5 de época de estiaje es el queso de mayor pureza. En cuanto al ángulo de tono, los valores oscilaron entre 61.45 y 91.43, el ángulo de tono más grande fue para QP1 de temporada de estiaje.

Para caracterizar la textura del queso de Poro se utilizó un análisis de perfil de textura, las variables determinadas fueron dureza, adhesividad, elasticidad y masticabilidad. Los valores de dureza oscilan entre 9.81 a 30.34 N, el queso más firme fue QP1 de temporada de lluvias. Los valores de adhesividad oscilaron entre -0.0002 y -0.643 N-s, QP5 de época de estiaje fue el queso más adhesivo. El rango de cohesividad

fue de 0.38 a 0.63, el queso más cohesivo fue QP2 de temporada de lluvias. La elasticidad del queso de Poro estuvo entre 0.63 y 0.95, el valor más alto fue para QP2 de época de estiaje. La masticabilidad tuvo valores desde 3.59 N hasta 34.13 N, el queso más masticable fue QP3 de temporada de lluvias.

Para la caracterización reológica del queso de Poro únicamente se utilizaron las variables G' y G'' , los valores de estas variables oscilaron entre 281.9 a 1081.14 kPa y 67.4 a 173.98 kPa, respectivamente. QP3 de época de estiaje fue el queso más elástico y el más viscoso. Las gráficas del G' y G'' se comportaron de forma creciente, además, los valores de G' fueron superiores a los de G'' , esto es típico de los materiales viscoelásticos de carácter sólido.

Los ácidos grasos volátiles del queso solo fueron determinados en quesos producidos en temporada de estiaje. Los valores de ácido acético van de 17 a 334.31 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, para ácido propiónico los valores oscilan entre 9.44 a 64.42 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ y para ácido butírico entre 316.99 y 1025.46 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Los valores más altos son para QP5, QP3 y QP5, respectivamente.

No existió diferencia significativa en la aceptabilidad global de los quesos evaluada por los consumidores, por tal motivo no fue posible correlacionar estos datos con los resultados del análisis descriptivo. Por otro lado, se relacionó la aceptabilidad global de los quesos evaluada por los productores y sus familiares con datos de aceptabilidad por atributo evaluados por ellos mismos; el queso de mayor aceptabilidad fue el QP4 y su preferencia se relaciona con altas calificaciones para los

atributos de aroma; los quesos menos preferidos presentaron calificaciones altas para los descriptores de elasticidad, humedad y capas.

El PLS1 permitió obtener una ecuación que predice la aceptabilidad global de los quesos a partir de los atributos sensoriales. Mientras que el PLS2 permitió relacionar los atributos descriptivos del queso con la composición y las propiedades fisicoquímicas e identificar los descriptores que están más relacionados con las variables fisicoquímicas del queso. Los descriptores importantes fueron aroma a leche ácida, cremosidad táctil, humedad y dureza.

La información obtenida puede ayudar para obtener información sistemática que permita impulsar la gestión de protección jurídico-comercial (marca colectiva o denominación de origen) para el queso de Poro.

BIBLIOGRAFÍA

- Antoniou K., D., Petridis D., Raphaelides S., Ben Omar Z. y Kesteloot R. 2000. Texture Assessment of French Cheeses. *Journal of Food Science* 65 (1) 168 – 172.
- Awad S., Hassan A., N. y Muthukumarappan K. 2005. Application of Exopolysaccharide-Producing Cultures in Reduced-Fat Cheddar Cheese: Texture and Melting Properties. *American Dairy Science Association*. 88: 4204 – 4213.
- Badui D., S. 1999. *Química de los alimentos*. Cuarta edición. Pearson. Education. p 32.
- Bárcenas P., Pérez de San Román R., Pérez-Elortondo E., J. y Albisu M. 2001a. Consumer preference structures for traditional Spanish cheese and their relationship with sensory properties. *Food Quality and Preference*. 12: 269 – 279.
- Bárcenas P., Pérez-Elortondo E., J., Salmerón J. y Albisu, M. 2001b. Sensory Profile of Ewe's Milk Cheeses. *Food Science Technology International*. 7(4): 347 – 353.
- Bárcenas P., Pérez-Elortondo E., J. y Albisu M. 2003. Sensory Changes During Ripening of Raw Ewes' Milk Cheese Manufactured With and Without the Addition of a Starter Culture. *Journal of Food Science*. 68(8): 2572 – 2578.
- Barron L., J., R., Redondo Y., Flanagan C., E., Pérez-Elortondo F., J., Albisu M., Nájera A., I., Renobales M., y Fernández-García, E. 2005. Comparison of the volatile composition and sensory characteristics of Spanish PDO cheeses manufactured from ewes' raw milk and animal rennet. *International Dairy Journal*. 15: 371 – 382.

- Benedito J., Gonzalez R., Rosselló C. y Mulet A. 2000. Instrumental and Expert Assessment of Mahon Cheese Texture. *Journal of Food Science*. 65(7): 1170 – 1174.
- Brickley, C.A., Auty, M.A.E., Piraino, P., y McSweeney, P.L.H. 2007. The Effect of Natural Cheddar Cheese Ripening on the Functional and Textural Properties of the Processed Cheese Manufactured Therefrom. *Journal of Food Science*. 72 (9): C483 – C490.
- Bricker A., L., Van Hekken D., L., Guerrero V., M. y Gardea A., A. 2005. Microflora isolated from Queso Chihuahua cheese. *Food Protection Trends*. 25: 29-32.
- Brown J., A., Foegeding E., A., Daubert C., R., Drake M., A. y M. Gumpertz. 2003. Relationships among Rheological and Sensorial Properties of Young Cheeses. *Journal of Dairy Science*. 86: 3054 – 3067.
- Centro Nacional Interprofesional de Economía de la industria Lechera en Francia (CNIEL). 2008. *Maison du Lait. Les Fromages*. Disponible en: <http://www.maison-du-lait.com/site.asp?where=quifait/maison.html> Consultado: Febrero 15 de 2009.
- Cervantes-Escoto F., Villegas A., Cesín V., A. y Espinoza O., A. 2006. Los quesos mexicanos genuinos: Un saber hacer que se debe rescatar y preservar. III Congreso Internacional de la red SAI Alimentación y Territorios. Baeza. España.
- Coda R., Brechan, E., De Angelis M., De Candia S., Di Cagono R. y Gobbetti M. 2006. Comparison of the Compositional, Microbiological, Biochemical, and Volatile Profile Characteristics of Nine Italian Ewes' Milk Cheese. *Journal of Dairy Science*. 89: 4126 – 4143.

- Di Cagno R., Banks J., Sheehan L., Fox F., P., Brechany E., Y., Corsetti A., y Gobbetti M. 2003. Comparison of the microbiological, compositional, biochemical, volatile profile and sensory characteristics of three Italian PDO ewes' milk cheeses. *International Dairy Journal*. 13: 961 – 972.
- Diaz-Cinco M., E., Fraijo, O. Grajeda P., Lozano-Taylor J. y González de Mejia E. 1992. Microbial and chemical Analysis of Chihuahua Cheese and Relationship to Histamine and Tyamine. *Journal of Food Science* 57 (2) 355-356.
- Fox P., F. y McSweeney P., L., H. 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*.: Blakie Academic & Profesional. New York. USA.
- Fox P., F., McSweeney P., L., H., Cogan T., M. y Guinee, T., P. 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, M.D.
- Fick K., R., Mc Dowell L., R., Miles H., P., Wilkinson S., N., Funk J., D., y Conred J., H. 1979. *Methods of mineral analysis for plant and animal tissues*. Segunda edición. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida Gainesville. Florida. EUA.
- Gobbetti M., Morea M., Baruzzi F., Corbo M., R., Matarante A., Considine T., Di Cagono R., Guinne T., y Fox P., F. 2002. Microbiological, compositional, biochemical and textural charactersation of Caciocavallo Pungliense cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 12: 511 – 523.
- González-Viñas, M.A. 2001. Sensory and Chemical Evaluation of Manchego Cheese and Other Cheese Varieties Available in the Spanish Market. *Journal of Food Quality*. 24: 157 – 165.
- Green y Grandison. 1987. *In: Fox, P.F. Cheese chemistry, physics and microbiology*. Vol. 1. Elsevier Science Publishers. Londres, Reino Unido.

- Guinee T., P., O'Kennedy B., T. y Kelly, P., M. 2006. Effect of milk protein standardization using differences methods of the composition and yields of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*. 89: 468 – 482.
- Hernandez M., C. 2007. Caracterización de queso añejo de Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autonoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 117 pp.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. 2006. Caracterización de quesos.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2005. División Municipal de Tabasco.
- Instituto Nacional Para el Federalismo y Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Tabasco. 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Tabasco. Balancàn. Disponible en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/tabasco/mpios/27001a.htm> Consultado: Septiembre 2008.
- Jensen G., R. 1995. Hanbook of Milk Composition. Academic Press. San Diego, California. E.U.A.
- Karoui R. y Dufour E. 2003. Dynamic testing rheology and fluorescence spectroscopy investigations of surface to centre differences in ripened soft cheeses. *International Dairy Journal*. 13: 973 -985.
- Konstance R., P. y Holisinger V., H. 1992. Develop`ment of rheological test for chesse. *Food Technology*. 105-109.
- Law, B.A. 1999. Technology of cheesemaking. Sheffield Academic Press. Londres, Reino Unido.

- Lawlor J., B., Delahunty C., M., Wilkinson M., G., y Sheehan J. 2001. Relationships between the sensory characteristics, neutral volatile composition and gross composition of ten cheese varieties. *Lait*. 81: 487 – 507.
- Lawlor J., B., Delahunty C., M., Wilkinson M., G. y Sheehan J. 2002. Relationships between the gross, non-volatile and volatile compositions and the sensory attributes of eight hard-type cheeses. *International Dairy Journal* 12: 493 – 509.
- Lebecque A., Laguet A., Davaux M., F. y Dufour E. 2001. Delineation of the texture of Salers cheese by sensory analysis and physical methods. *Lait*. 81: 609 – 623.
- Liu H., Xu X., M. y Guo S., D. 2008. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology*. 43: 1581 -1592.
- Lucey J., A., Mishra R., Hassan A. y Johnson M., E. 2005. Rheological and calcium equilibrium changes during the ripening of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*. 15: 645 – 653.
- Ma L., Drake M., A., Barbosa Canovas G., V. y Swanson B., G. 1996. Viscoelastic Properties of reduced fat and full-fat cheddar cheese. *Journal of Food Science*. 61: 821 – 823.
- Madadlou A., Khosroshahi A., y Mousavi M., E. 2005. Rheology, Microstructure, and Functionality of Low-Fat Iranian White Cheese Made with Different Concentrations of Rennet. *Journal of Dairy Science*. 88: 3052 – 3062.
- Marth E., H. y Steele J., L. 2001. *Applied dairy microbiology*. 2da. Ed. Marcel Dekker, Inc. Nueva York. USA.

- Márquez R., L., M. 2008. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de Queso Ranchero Molido, elaborado con leche cruda con un inhibidor ranchero. Tesis de Licenciatura.
- McSweeney P., L., H. y Sousa M., J. 2000. Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheese during ripening: a review. *Lait*. 80 : 293 – 324.
- Nolan E., J., Holsinger V., H. y Shieh J., J. 1989. Dynamic rheological properties of natural and imitation Mozzarella cheese. *Journal of Texture Studies*. 20: 179 – 189.
- NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema Producto Leche – alimento – lácteo – leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados, A.S.
- Ojeda A., M. 2005. El análisis sensorial de los quesos. Laboratorio de análisis sensorial de la UPV/EHU. Tacoronte.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. FAOSAT. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es> Consultado: Febrero 15 de 2009.
- Pinho O., Mendes E., Alves M., M., y Ferreira, I., M., P., L., V., O. 2004. Chemical, Physical, and Sensorial Characteristics of “Terrincho” Ewe Cheese: Changes During Ripening and Intravarietal Comparison. *Journal of Dairy Science*. 87: 249 – 257.
- Pisano B., M., Fadda M., E., Deplano M., Corda A., y Cosentino S. 2006. Microbiological and chemical characterization of Fiore Sardo, a traditional

Sardinian cheese made from ewe's milk. *Internacional Journal of Dairy Technology*. 55 (3) 171 – 179.

- Plascencia-Navarro A. y Villanueva-Rodríguez S. 2004. Aplicación de técnicas sensoriales (QDA) e instrumentales en la caracterización de las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del queso Cotija. Congreso Nacional Agroindustrial. Chapingo, México.
- Qian M., y Reineccius G., A. 2002. Identification of Aroma Compounds in Parmigiano-Reggiano Cheese by Gas Chromatography/Olfactometry. *Journal of Dairy Science*. 85: 1362 – 1369.
- Qian M., y Reineccius G., A. 2003. Quantification of Aroma Compounds in Parmigiano Reggiano Cheese by a Dynamic Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry Technique and Calculation of Odor Activity Value. *Journal of Dairy Science*. 86: 770 – 776.
- Ritvanen T., Lampolahti S., Lilleberg L., Tupasela T., Isoniemi M., Appelbye U., Luutikainen Y., Eerola S. y Uusi-Rauva E. 2005. Sensory evaluation, chemical composition and consumer acceptance of full fat and reduced fat cheese in the Finnish market. *Food Quality and Preference*. 16: 479 – 492.
- Romero C., P., A. 2007. Índice de *Salmonella* y *E. coli* en Queso Crema Tropical (Estudio de caso en cinco queserías del municipio de Tonala, Chiapas). Tesis de Maestría.
- Roseiro L., B., Wilbey R., A. y Barbosa M. 2003. Sepra cheese: technological, biochemical and microbiological characterization of a PDO ewe's milk cheese coagulated with *Cynara cardunculus* L. *Lait*. 83: 469 -481.

- Rosenberg M., Wang Z., Chuang S., L. y Shoemaker C., F. 1995. Viscoelastic property changes in Cheddar cheese during ripening. *Journal of Food Science*. 60: 640 – 644.
- Sancho J., Bota E., Enric y De Castro J.,J. 2001. *Introducción al Análisis Sensorial de Alimentos*. EUB. Barcelona, España. 333 p.
- Sandra S., Stanford M., A. y Meunier L., G. 2004. The Use of High-pressure Processing in the Production of Queso Fresco Cheese. *Journal of Food Science* 69(4):FEP153-158.
- Serrano J., Velazquez G., Lopetcharat K., Ramirez J., A. y Torres A., J. 2005. Moderately High Hydrostatic Pressure Processing to Reduce Production Cost of Shredded Cheese: Microstructure, Texture, and Sensory Properties of Shredded Milled Curd Cheddar. *Journal of Food Science*. 70: S286 – S293.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2008. *Boletín de Leche*. Septiembre 2008. México.
- Sithole R., McDaniel M., R. y Goddik L., M. 2006. Seasonal Variability of Cheddar cheese whey powder: a case study. *Journal of Food Quality*. 29: 543 – 551.
- Souza C., H., B., Buriti C., A., F., Behrens J., H. y Saad S., M., I. 2008. Sensory evaluation of probiotic Minas fresh cheese with *Lactobacillus* added solely or in co-culture with a thermophilic starter culture. *Food Science and Technology*. 45 (5): 871 – 877.
- Tunick, M.H. 2000. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *Journal of Dairy Science*. 85: 1892-1898.
- Tunick M., H., Van Hekken D., L, Call J., Molina-Corral F., J. y Gardea A. 2007. Queso Chihuahua: Effects of seasonality of cheesemilk on rheology. *International Journal of Dairy Technology*. 60:13-21.

- Ustunol Z., Kawachi K. y Steffe J. 1995. Rheological Properties of Cheddar Cheese as Influenced by Fat Reduction and Ripening Time. *Journal of Food Science*. 60: 1208 – 1210.
- Van Hekken D., L., Tunick M., H., y Park Y., W. 2005. Effect of Frozen Storage on the Proteolytic and Rheological Properties of Soft Caprine Milk Cheese. *Journal of Dairy Science*. 88: 1966 – 1972.
- Van Hekken D., L., Drake M., A., Molina Corral F., J., Guerrero Prieto V., M. y Gardea A., A. 2006. Mexican Chihuahua: Sensory Profiles of Young Cheese. *Journal of Dairy Science*. 89: 3729-3738.
- Van Hekken D., 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.
- Verdini R., A. y Rubiolo A., C. 2002. Texture Changes During the Ripening of Port Salut Argentino Cheese in 2 Sampling Zones. *Journal of Food Science*. 67 (5): 1808 – 1813
- Villegas A. 2004. *Tecnología Quesera*. Trillas. México. 398 pp.
- Ziino M., Conduro C., Romeo V., Giuffrida D., y Verzera A. 2005. Characterization of “Provola dei Nebrodi”, a typical Sicilian cheese, by volátiles analysis using SPME-GC/MS. *International Dairy Journal*. 15: 585 -59.

ANEXOS

ANEXO 1

Cuadro 19. Comparación del proceso de producción de queso de Poro.

Paso de proceso	Quesería				
	QP1	QP2	QP3	QP4	QP5
Recepción de la leche	Tambos de plástico y aluminio	Tambos de plástico y aluminio	Tambos de plástico y aluminio	Tambos de plástico y aluminio	Tambos de plástico y aluminio
Colado	Con mantas, en tinas de plástico separando la leche por productor.	Con mantas, en tinas de plástico separando la leche por productor.	Con mantas, en tinas de plástico separando la leche por productor.	Con mantas, en tinas de plástico separando la leche por productor.	Con mantas, en tinas de plástico separando la leche por productor.
Serofermento	De ser necesario de calienta la leche y se adicionan 2 L de suero por 100L de leche.	La leche debe tener entre 31 y 35°C de temperatura, la acidez del suero debe estar cerca de los 58°D y se agregan 2 L por 100 L de leche.	De ser necesario de calienta la leche y se le adicionan 2 L de suero por 100L de leche.	De ser necesario de calienta la leche y se le adicionan 2 L de suero por 100L de leche.	De ser necesario de calienta la leche y se le adicionan 2 L de suero por 100L de leche.
Cuajo	Marca Cuamex, 5 ml por cada 100 L de leche	Marca Cuamex, 10 ml por cada 100 L de leche	Marca Cuamex, 10 ml por cada 100 L de leche	Marca Cuamex, 10 ml por cada 100 L de leche	Marca Cuamex, 5 ml por cada 100 L de leche
Reposo	Tiempo promedio de cuajado 120 min	Tiempo promedio de cuajado 60 min	Tiempo promedio de cuajado 60 min	Tiempo promedio de cuajado 45 min	Tiempo promedio de cuajado 60 min
Corte de la cuajada	Se toca la cuajada para sentir su firmeza. Se hacen cortes verticales formando prismas de 1.5 x 1.5 cm de base	Se prueba la firmeza de la cuajada con cuchillo. Se hacen cortes verticales formando prismas de 2 x 2 cm de base	Se prueba la firmeza de la cuajada con cuchillo. Se hacen cortes verticales formando prismas de 2 x 2 cm de base	Se toca la cuajada para sentir su firmeza. Se hacen cortes verticales formando prismas de 2 x 2 cm de base	Se prueba la firmeza de la cuajada con cuchillo. Se hacen cortes verticales formando prismas de 2 x 2 cm de base
Reposo	Hora y media, promedio	Hora y media, promedio	Hora y media, promedio	Hora y media, promedio	Hora y media, promedio

Continuación...

Quesería				
Paso de proceso	QP1	QP2	QP3	QP4 QP5
Prueba de la cuajada	Levantar un prisma de cuajada, sin romperse.	Levantar un prisma de cuajada, sin romperse.	Medición de acidez, entre 23 y 30°D	Levantar un prisma de cuajada, sin romperse.
Moldeado y desuerado	Moldes de escurrido, de 3 a 4 vires uno cada hora.	Moldes de escurrido, 3 vires, uno cada 2 horas.	Directo al molde formado, con manta	Moldes de escurrido, de 3 a 5 vires uno cada 30 min.
Reposo en el molde	Reposo de 14 a 16 h, paso a moldes de formación, salado a las 4 h, prensado hasta 24 h.	Reposo de 18 a 20 h, paso a moldes de formación, salado a las 4 h, prensado hasta 24 h.	Reposo de 12 a 14 h, de en el mismo molde.	Reposo de 18 a 20 h, paso a moldes de formación, salado a las 4 h, prensado hasta 24 h.
Prensado y salado	Salado por frotación, paso al anaquel, salado por frotación cada 24 h por tres días.	Salado por frotación, paso al anaquel, salado por frotación cada 24 h por tres días. Eliminación de grasa superficial el quinto día	Salado por frotación, paso al anaquel, salado por frotación cada 24 h por tres días.	Salado por frotación, paso al anaquel, salado por frotación cada 24 h por tres días. Eliminación de grasa superficial el quinto día
Tallado y lavado	Séptimo día, sale del anaquel, lavado bajo la llave, tallando sobre un bloque de cemento.	Séptimo día, sale del anaquel, lavado bajo la llave, tallando sobre un tronco de madera.	Séptimo día, sale del anaquel, lavado bajo la llave, tallando sobre un bloque.	Séptimo día, sale del anaquel, lavado bajo la llave, tallando sobre un bloque.
Oreado	Secado con ventilador y paño	Secado con ventilador y paño	Se deja secar al ambiente	Secado con ventilador y paño
Parafinado	Recubrimiento con parafina	Recubrimiento con parafina	Recubrimiento con parafina	Recubrimiento con parafina
Etiquetado	Pegado con la última capa de parafina	Pegado con la última capa de parafina	Pegada sobre el envase	Pegado con la última capa de parafina
Embasado	En papel celofán amarillo	En papel celofán amarillo	En papel celofán amarillo	En papel celofán amarillo
Conservación	Al ambiente	Al ambiente	Al ambiente	Al ambiente

ANEXO 2

Cuadro 20. Coeficientes de para la ecuación (1) del PLS 1, predicción del valor de aceptabilidad global.

Descriptor	Coeficientes β
β_0	-1.5151
Color	1.7643
Capas	-0.2238
Leche ácida	1.2147
Mantequilla	0.6205
Ácido propiónico	0.9703
Dureza	0.1028
Creмосidad	0.3279
Arenosidad	0.0717
Elasticidad	-3.0745
Humedad	-0.9457
Salado	0.1081
Ácido	0.1518
Intensidad de sabor	0.0214
Permanencia de sabor	0.117

ANEXO 3

Cuadro 21. Coeficientes de las ecuaciones para predecir variables químicas proximales y fisicoquímicas a partir de datos descriptivos (PLS 2).

Descriptor	Coeficientes						
	Humedad	a _w	pH	Proteína	Grasa	Ca	NaCl
β ₀	34.521	0.9455	6.4053	25.640	32.339	4.5350	0.6291
Color	-0.0472	-0.0004	-0.0613	0.1279	0.2006	-0.1138	-0.0116
Capas	0.0357	0.0012	0.0079	-0.2481	-0.5801	-0.0603	0.1187
Olor a leche ácida	-0.2937	-0.0048	-0.2792	1.1970	2.3846	-0.3189	-0.3641
Olor a mantequilla	0.0591	0.0002	0.0886	-0.1128	-0.1178	0.1878	-0.0196
Olor a ácido propiónico	-0.0795	-0.0036	0.0173	0.6893	1.6789	0.2670	-0.3638
Dureza táctil	-0.0452	-0.0006	-0.0475	0.1662	0.3160	-0.0665	-0.0430
Cremosidad táctil	0.0563	0.0006	0.0652	-0.1832	-0.3265	0.1056	0.0363
Arenosidad	0.0986	0.0029	0.0403	-0.6116	-1.3942	-0.0961	0.2746
Elasticidad	0.2078	0.0056	0.1086	-1.1973	-2.6783	-0.1131	0.5120
Humedad	0.1019	0.0019	0.0853	-0.4609	-0.9563	0.0666	0.1594
Dureza	-0.0228	0.0006	-0.0617	-0.0645	-0.2603	-0.1770	0.0860
Sabor salado	0.0409	0.0017	-0.0047	-0.3382	-0.8175	-0.1216	0.1753
Sabor ácido	-0.1327	-0.0026	-0.1079	0.6129	1.2813	-0.0745	-0.2168
Intensidad de sabor	0.0172	0.0007	-0.0019	-0.1422	-0.3436	-0.0509	0.0736
Permanencia de sabor	0.0188	0.0002	0.0228	-0.0569	-0.0969	0.0394	0.0090