



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL

POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

**CARACTERIZACIÓN DEL QUESO MADURADO DE LA
SIERRA DE TEQUILA, JALISCO**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA



APROBADA



Presenta:

ESMERALDA GRISELDA LOZADA VALLEJO

Bajo la dirección de la: **Dra. Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez**



Chapingo, Estado de México, noviembre de 2024

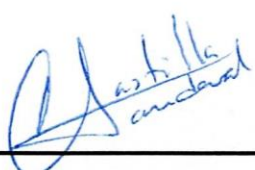
HOJA DE APROBACIÓN

CARACTERIZACIÓN DEL QUESO MADURADO DE LA SIERRA DE TEQUILA, JALISCO

Tesis realizada por Esmeralda Griselda Lozada Vallejo 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

DIRECTORA: 
Dra. Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez

CODIRECTORA: 
Dra. Ofelia Sandoval Castilla

ASESORA: 
Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
ABREVIATURAS USADAS	VIII
DEDICATORIAS	IX
AGRADECIMIENTOS	X
DATOS BIOGRÁFICOS	XI
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	3
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Objetivo general	5
1.1.2 Objetivos específicos	6
1.2 Hipótesis	6
1.3 Organización de la tesis	6
1.4 Referencias consultadas	6
2 REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Marco teórico	8
2.1.1 Definición de queso	8
2.1.2 Clasificación de los quesos	9
2.1.3 Quesos genuinos mexicanos	10
2.1.4 Caracterización de los quesos	13
2.1.5 Textura de los quesos	14
2.1.6 Microbiología de los quesos	17

2.1.7 Análisis sensorial de los quesos	17
2.1.8 Estudio de los quesos tradicionales madurados en México	19
2.2 Marco de referencia	20
2.2.1 Región de estudio	20
2.3 Literatura consultada	23
3. CADENAAGROINDUSTRIAL DEL QUESO MADURADO DE LA SIERRA DE TEQUILA, JALISCO	28
3.1 Resumen	28
Abstract.....	29
3.2 Introducción	30
3.3 Materiales y métodos.....	31
3.3.1 Cadena agroindustrial	31
3.4 Resultados y discusión	32
3.4.1 Estructura de la Cadena Agroindustrial	32
3.4.2 Primer eslabón: Producción de leche	35
3.4.3 Segundo eslabón: Agroindustria (Queserías).....	37
3.4.4 Tercer eslabón: Distribuidores/comercializadores	44
3.4.5 Entorno	46
3.5 Conclusiones	48
3.6 Recomendación	49
3.7 Literatura citada	50
4. QUESO MADURADO DE LA SIERRA DE TEQUILA, JALISCO: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, TEXTURAL Y SENSORIAL.....	51
4.1 Resumen	51

Abstract.....	52
4.2 Introducción	53
4.3 Materiales y métodos.....	55
4.3.1 Material experimental	55
4.3.2 Análisis químico proximal	55
4.3.3 Análisis de perfil de textura (APT)	55
4.3.4 Análisis microbiológico	56
4.3.5. Análisis sensorial mediante Perfil Flash	57
4.4 Análisis estadístico	57
4.5 Resultados y discusión	58
4.5.1 Análisis químico proximal	58
4.5.2 Análisis de Perfil de Textura	62
4.5.3 Análisis microbiológico	64
4.5.4 Análisis sensorial mediante Perfil Flash	68
4.5 Conclusiones	71
4.6 Referencias consultadas.....	72
5. CONCLUSIONES GENERALES.....	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Definiciones de propiedades de textura	16
Cuadro 2. Características de las queserías analizadas en El Salvador, Tequila, Jalisco.....	41
Cuadro 3. Característica de las queserías de El Salvador en relación con la distribución del Queso Madurado.	45
Cuadro 4. Resultados del análisis químico proximal de quesos evaluados durante dos temporadas del año.	60
Cuadro 5. Resultados del análisis textural de quesos evaluados durante dos temporadas del año.	63
Cuadro 6. Calidad microbiológica del QMSTJ en muestras de tres queserías obtenidas en dos temporadas de producción ($\log_{10}$ UFC/g).	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los quesos.....	10
Figura 2. Ubicación de Tequila, Jalisco.	21
Figura 3. Cadena Agroindustrial del queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco. Elaboración propia, (2024).	33
Figura 4. Diagrama de bloques de la elaboración del queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco. Fuente: Elaboración propia, (2024).	38
Figura 5. Curva de análisis de perfil de textura (APT). Modificado de Rahman et al. (2021).	56
Figura 6. Resultados del análisis químico proximal expresados en base seca con relación a las temporadas del año. Letras diferentes (a y b), exhiben diferencias estadísticamente significativas entre temporadas ($p \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 7. Porcentaje de humedad con relación a las temporadas del año. Letras diferentes (a y b), exhiben diferencias estadísticamente significativas entre temporadas ($p \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia, (2024).	59
Figura 8. Recuento de microorganismos en el QMSTJ producido en dos temporadas, estiaje y lluvias. Letras diferentes (a y b), exhiben diferencias estadísticamente significativas entre temporada ($p \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia, (2024).	65
Figura 9. Análisis de componentes principales del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco de tres queserías. Fuente: Elaboración propia con datos experimentales.	69

ABREVIATURAS USADAS

APT: Análisis de Perfil de Textura

BAL: Bacterias Acido Lácticas

BMA: Bacterias Mesófilas Aerobias

CA: Cadena Agroindustrial

CT: Coliformes Totales

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura

FIRA: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura

h: Horas

N: Newtons

NOM: Norma Oficial Mexicana

NSLAB: Bacterias ácido lácticas no iniciadoras

OMS: Organización Mundial de la Salud

QMSTJ: Queso Madurado de la Sierra de Tequila Jalisco

s: Segundos

SADER: Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural

SAI: Sistema Agroindustrial

SIAL: Sistema Agroindustrial Localizado

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

DEDICATORIAS

A mis hermosos padres, Minerva Vallejo Ramos y Fermín Lozada López, por el apoyo y amor incondicional que siempre me han tenido, a mi hermana, Perla Nathalie, por ser mi compañera de vida.

A mi Familia Vallejo por darme su cariño y motivarme a dar más.

A mis amigas y amigos (Odette, Ángel, Evelin, Zhaid, Laura, Isabel, Carmen, Melisa) que me han acompañado, me brindan su amistad y me motivan a ser mejor.

A Mariana por ser mi amiga, especialmente en la etapa de maestría, por alentarme y ser mi apoyo.

A Tonathiu por su amor, apoyo y acompañamiento.

A mis compañeros de generación por formar un lindo grupo.

Y aquellos que me acompañaron desde el cielo y fueron una motivación.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo financiero otorgado para la realización de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, en particular al Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria del Departamento de Ingeniería Agroindustrial.

A mi comité asesor: Dra. Blanca E. Hernández Rodríguez por su dirección, apoyo, disposición y por el conocimiento transmitido, a la Dra. Ofelia Sandoval Castilla por su acompañamiento, por ser una guía y por sus enseñanzas. A la Dra., Consuelo Lobato por su valiosa participación en esta investigación

A las personas que me abrieron las puertas en diversos laboratorios: M.C. Armando Santos, Dr. Gabriel Leyva Ruelas, QFB. Félix Esparza, QFB. Adalberto Gómez, por la confianza otorgada.

A los laboratoristas Mauricio, Zhaid, Faviola y Doris por su gran apoyo en los análisis realizados en cada uno de los laboratorios.

A los integrantes de Tonos Criollos, al Ing. José Francisco Valdez Campos y Benjamín Sáldate Campos, por el apoyo y acompañamiento otorgado.

A los agentes de la CAI del queso madurado, ganaderos, maestras queseras y distribuidores del QMSTJ.

A los participantes del análisis Perfil Flash por su invaluable participación.

A Dios por darme las fuerzas y el conocimiento necesario para continuar estudiando y aprendiendo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Esmeralda Griselda Lozada Vallejo

Fecha de nacimiento: 20 de diciembre de 1997

Lugar de nacimiento: Ecatepec, Estado de México

Profesión: Ingeniero Agroindustrial

Cedula Profesional: 12745914

Desarrollo Académico

Licenciatura: Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo.

Diplomado en Gestión de la Calidad e Inocuidad en la Agroindustrias. Centro de Educación Continua Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN

CARACTERIZACIÓN DEL QUESO MADURADO DE LA SIERRA DE TEQUILA, JALISCO

El Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco, es un producto artesanal elaborado artesanalmente con leche cruda, cuya maduración determina su perfil único en sabor y textura. El objetivo de este trabajo fue determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas, texturales y sensoriales del Queso Madurado, así como comprender las relaciones y la organización de los actores sociales involucrados en su cadena agroindustrial. Para el presente proyecto se recolectaron muestras de queso durante dos temporadas (lluvias y estiaje), llevando a cabo visitas de campo en enero y abril de 2024. Durante estas visitas, se realizaron entrevistas con los actores de la cadena agroindustrial. Posteriormente, se llevaron a cabo análisis proximal, textural, microbiológico y sensorial (Perfil Flash) a las muestras obtenidas. Las entrevistas proporcionaron información sobre la organización de la cadena agroindustrial, identificando tres eslabones principales en una integración vertical (Ganaderos, Queseros, Distribuidores). Conforme a lo obtenido, este queso es elaborado con leche cruda, prensado y madurado; teniendo una humedad intermedia (33.58-45.95%) y un alto contenido de grasa (39.64-47.13 g/100 g), además de un bajo recuento de bacterias mesófilas aerobias y una elevada carga de bacterias ácido-lácticas (7.93-8.68 log₁₀UFC/g). El queso se presenta en piezas cilíndricas de entre 1 y 3 Kg, con una pasta semidura, firme y tajable. Sensorialmente presenta características distintivas, como un aroma y sabor ácido, características atribuidas a su proceso de maduración. Este queso artesanal se distingue por características únicas que están ligadas a la temporada de producción, proceso artesanal y a las condiciones particulares de la región, elementos vinculados al entorno geográfico y prácticas tradicionales de la Sierra de Tequila. Es fundamental llevar a cabo una caracterización de estos quesos artesanales, cuya existencia se ve amenazada de forma constante, lo cual permitirá fomentar su conservación y promover su valorización.

Palabras clave: Queso madurado, cadena agroindustrial, textura, microorganismos

Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo

Autora: Esmeralda Griselda Lozada Vallejo

Directora: Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez, Dra.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF AGED CHEESE FROM SIERRA DE TEQUILA, JALISCO

The Aged Cheese from Sierra de Tequila, Jalisco, is an artisanal product made with raw milk, whose maturation determines its unique flavor and texture profile. The objective of this study was to determine the physicochemical, microbiological, textural, and sensory characteristics of the Aged Cheese, as well as to understand the relationships and organization of the social actors involved in its agro-industrial chain. For this project, cheese samples were collected during two seasons (rainy and dry), with field visits conducted in January and April 2024. During these visits, interviews were conducted with the actors in the agro-industrial chain. Subsequently, proximal, textural, microbiological, and sensory analyses (Flash Profile) were carried out on the samples obtained. The interviews provided information on the organization of the agro-industrial chain, identifying three main links in a vertical integration (Farmers, Cheesemakers, Distributors). According to the results, this cheese is made with raw milk, pressed and aged; it has intermediate moisture content (33.58-45.95 %) and high fat content (39.64-47.13 g/100 g), as well as a low count of mesophilic aerobic bacteria and a high load of lactic acid bacteria (7.93-8.68 log₁₀ CFU/g). The cheese is presented in cylindrical pieces between 1 and 3 Kg, with a semi-hard, firm, and sliceable texture. Sensorily, it has distinctive characteristics, such as an acidic aroma and flavor, attributed to its maturation process. This artisanal cheese is distinguished by unique characteristics linked to the production season, artisanal process, and particular conditions of the region, elements related to the geographical environment and traditional practices of the Sierra de Tequila. It is essential to carry out a characterization of these artisanal cheeses, whose existence is constantly threatened, to promote their conservation and enhance their value.

Key words: Aged cheese, agro-industrial chain, texture, microorganisms

Thesis of Master Science, Program of Agro-Food Science and Technology, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Esmeralda Griselda Lozada Vallejo, Ing.

Director: Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez, Dra.

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

El queso es, sin duda, uno de los alimentos más apreciados y versátiles en la historia de la humanidad. Se cree que el queso fue descubierto por accidente, cuando la leche almacenada en recipientes hechos de estómagos de animales coaguló debido a la presencia de cuajo natural. A lo largo de los siglos, el proceso de producción de queso ha evolucionado considerablemente. En sus inicios, los métodos eran rudimentarios y basados en la observación empírica. Con el tiempo, se desarrollaron técnicas más sofisticadas, permitiendo la creación de una amplia variedad de quesos con diferentes texturas, sabores y aromas (Mena, 2022).

Las propiedades del queso se dan en términos de su composición y fuerzas de interacción entre los elementos estructurales. La información en cuanto a su composición, la parte microestructural, fisicoquímica y textural es de utilidad para caracterizar y diferenciar las variedades de quesos existentes (Guerra Martínez et al., 2012), dando pauta para determinar sus atributos de calidad.

Los quesos artesanales, especialmente aquellos elaborados con leche cruda, están ganando popularidad tanto en su producción como en su consumo (Nero et al., 2021; Zoumpopoulou et al., 2020). Estos quesos presentan características distintas según la región en la que se fabrican, lo cual se debe a la influencia de factores como el clima, la calidad de la leche y la microbiota local (de Souza et al., 2021). Estos elementos externos contribuyen a la creación de productos únicos que no solo reflejan la herencia cultural y la identidad de una zona específica, sino que también se convierten en parte integral de su patrimonio (Kothe et al., 2022).

La producción artesanal de queso en México se remonta a la época colonial y muestra una marcada influencia española. A lo largo del país, la fabricación de

queso es una tradición ampliamente extendida, con variaciones sutiles en sus métodos de elaboración según la región (Villegas, 2012; Solís, et al., 2013).

Los quesos genuinos de México se consideran tradicionales, ya que son alimentos comúnmente consumidos o vinculados a regiones específicas. Por lo general, el conocimiento sobre estos quesos se transmite de generación en generación. De acuerdo con Guerrero et al (2009), estos quesos son elaborados mediante procesos simples, además que son apreciados y reconocidos por sus características sensoriales, las cuales están ligadas a la calidad de la materia prima y al entorno en el que se producen. De acuerdo con Villegas (2012) México posee un valioso patrimonio gastronómico y cultural constituido por sus quesos genuinos, artesanales e industriales, que representan, para algunos lugares, un recurso para el desarrollo socioeconómico.

Villegas de Gante (2014) señala que los quesos genuinos mexicanos representan una rica historia y tradición, ya que su saber-hacer se transmite de generación en generación. Estos productos destacan no solo por su proceso único de elaboración, sino también por los elementos que los rodean. Por ello, el Queso Madurado de la Sierra de Tequila se considera un queso mexicano genuino. Su autenticidad también radica en la cadena productiva que garantiza su distribución y comercialización. Estas características lo convierten en un queso auténtico, por lo que es fundamental conocer y preservar sus atributos distintivos.

Caracterizar un queso genuino implica identificar y describir los atributos únicos que lo distinguen y que no pueden ser replicados en otro contexto social y geográfico. Esto abarca su composición fisicoquímica, propiedades microbiológicas y sensoriales, así como los métodos de producción tradicionales que reflejan la cultura y el entorno específico de su origen (Lozano & Villegas, 2016).

El queso Madurado de la Sierra de Tequila Jalisco es elaborado con leche cruda de forma única, permitiendo a los productores y queseros aplicar un valor agregado a la leche. El queso Madurado de la Sierra de Tequila Jalisco cuenta

con características distintivas que son generadas por las condiciones propias de manejo.

Es un producto artesanal que se elabora sin agregar cultivos lácticos iniciadores, sin estandarización y sin pasar por un tratamiento térmico. Se utiliza leche cruda en su producción, combinando el conocimiento tradicional con bacterias ácido lácticas no iniciadoras (NSLAB), presentes tanto en el ambiente como en la leche misma, lo que le otorga propiedades únicas.

El análisis y descripción del Queso Madurado de la Sierra de Tequila Jalisco, permitirá comprender cuáles son las características que permiten valorizar al queso en la región de consumo, para detallar su tipicidad y así generar un valor propio en la región.

El primer capítulo se centra en la Cadena Agroindustrial del Queso Madurado, proporcionando un análisis detallado de los eslabones que componen esta cadena y cómo los actores sociales se organizan para llevar a cabo la producción, comercialización y consumo del queso.

El segundo capítulo se enfoca a la caracterización fisicoquímica, microbiológica, textural y sensorial del Queso Madurado, comparando los cambios en estas características durante las temporadas de lluvias y estiaje.

En conjunto, estos dos capítulos ofrecen una visión comprensiva del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco, destacando tanto su riqueza cultural como su calidad única, así como la necesidad de proteger y promover este producto tradicional frente a los desafíos contemporáneos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Describir las características fisicoquímicas, microbiológicas, propiedades texturales y sensoriales del Queso Madurado de la Sierra de Tequila Jalisco, para conocer parte de su tipicidad.

1.1.2 Objetivos específicos

- Entender cómo los actores sociales se organizan en un territorio para llevar a cabo la producción, comercialización y consumo del queso madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco.
- Determinar la composición química proximal (humedad, proteína, grasa, sólidos totales, minerales) de las muestras de queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco.
- Realizar el análisis microbiológico de las muestras del queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco (mesófilos aerobios totales, hongos y levaduras, bacterias ácido-lácticas y coliformes totales).
- Realizar un análisis de perfil de textura (TPA) y un análisis descriptivo mediante un Perfil Flash del queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco.

1.2 Hipótesis

El conocimiento de las características fisicoquímicas, microbiológicas, texturales y sensoriales permitirá describir la tipicidad del queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco.

1.3 Organización de la tesis

El presente trabajo está organizado en dos capítulos: El primero detalla la Cadena Agroindustrial del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco. El segundo capítulo se describe y comparan los cambios fisicoquímicos, microbiológicos y texturales de este queso durante las temporadas de lluvias y sequía, e incluye un análisis sensorial.

1.4 Referencias consultadas

- Cesín-Vargas, A., Agudelo-López, M. A., & Bastidas-Correa, A. (2018). Problemática y oportunidades de la producción de queso artesanal en México. *En Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México* (pp. 313–326).
- de Souza, T. P., Evangelista, S. R., Passamani, F. R. F., Bertechini, R., de Abreu, L. R., & Batista, L. R. (2021). Mycobiota of Minas artisanal cheese: Safety and quality. *International Dairy Journal*, 120, 105085. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105085>

- Guerra-Martínez, J. A., Montejano, J. G., & Martín-del-Campo, S. T. (2012). Evaluation of proteolytic and physicochemical changes during storage of fresh Panela cheese from Queretaro, México, and its impact in texture. *CyTA - Journal of Food*, 10(4), 296–305. <https://doi.org/10.1080/19476337.2011.653791>
- Kothe, C. I., Mohellibi, N., & Renault, P. (2022). Revealing the microbial heritage of traditional Brazilian cheeses through metagenomics. *Food Research International*, 157, 111265. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111265>
- Lozano Moreno, O., & Villegas de Gante, A. (2016). Valorización simbólica del Queso Crema de Chiapas, un queso mexicano tradicional con calidad de origen. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 14(2), 459–473. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2016.14.032>
- Mena, J. (2022). El valor de los quesos artesanales en México. *ForumMexico*. <https://www.forummexico.mx/gourmet/el-valor-de-los-quesos-artesanales-en-m%C3%A9xico/>
- Nero, L. A., Andretta, M., Almeida, T. T., Ferreira, L. R., Camargo, A. C., Yamatogi, R. S., Carvalho, A. F., & Call, D. R. (2021). Lactic microbiota of the Minas artisanal cheese produced in the Serro region, Minas Gerais, Brazil. *LWT - Food Science and Technology*, 148, 111698. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111698>
- Solís-Méndez, A. D., Estrada-Flores, J. G., & Castelán-Ortega, O. A. (2013). A study on the texture diversity of the Artisan Ranchero Cheese from Central Mexico. *International Journal of Dairy Technology*, 66(1), 37–44. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12013>
- Villegas, A. (2012). *Tecnología quesera* (2ª ed.). México: Trillas.
- Villegas, A., Cervantes, F., Cesín, A., Espinoza, A., Hernández, A., Santos, A., & Martínez, Á. (2014). *Atlas de los quesos mexicanos genuinos* (1ª ed.). Colegio de Postgraduados.
- Zoumpopoulou, G., Papadimitriou, K., Alexandraki, V., Mavrogonatou, E., Alexopoulou, K., Anastasiou, R., Georgalaki, M., Kletsas, D., Tsakalidou, E., & Giaouris, E. (2020). The microbiota of Kalathaki and Melichloro Greek artisanal cheeses comprises functional lactic acid bacteria. *LWT - Food Science and Technology*, 130, 109538. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109538>

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico

2.1.1 Definición de queso

El queso es un producto alimenticio elaborado a partir de leche, que puede ser fermentada o no, y se produce en una amplia variedad de sabores y formas en todo el mundo (Fox & McSweeney, 2017).

Según Kindstedt (2005) define "queso" como el producto que resulta de un proceso selectivo de concentración de algunos componentes de la leche, particularmente de las proteínas (caseínas) y la grasa butírica, los cuales forman la "cuajada", separando gran parte del agua y otros componentes solubles de la leche (v. g. lactosa y sales minerales hidrosolubles) como el suero. Asimismo, Cambero, et al. (2009) definen queso como un producto fresco o madurado obtenido por separación del suero, después de la coagulación de la leche y el trabajo del gel (cuajada) resultante.

Según la NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018 el queso se define como producto blando, semiduro, duro y extraduro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche. Y se establecen como técnicas de elaboración de queso a aquellos procedimientos que resultan en la coagulación de las proteínas presentes en la leche y/o en sus derivados, dando como resultado un producto final que exhibe las mismas propiedades físicas, químicas y sensoriales mencionadas en la descripción previa.

Asimismo, la Norma del Codex Alimentarius afirma que queso es el producto fresco o madurado, con una consistencia semisólida o sólida, en el cual la proporción entre proteína de suero y caseína no debe exceder la proporción

natural de estas proteínas en la leche. Se obtiene mediante la coagulación parcial o total de las siguientes materias primas: leche, leche parcialmente descremada, leche descremada, crema, suero de crema o buttermilk (suero de mantequilla), como tales o como parte de una combinación, por medio de la acción de cuajo u otros agentes coagulantes apropiados y por medio del drenado parcial del suero resultante (FAO/OMS, 2011).

Según Fox y Guinee (2013), la composición del queso está directamente relacionada con la composición de la leche, particularmente su contenido de grasa, proteína y calcio. Estos elementos pueden variar dependiendo de la especie y raza del animal, sus características individuales, su estado nutricional, su salud y la fase de lactancia en la que se encuentra.

2.1.2 Clasificación de los quesos

El queso es uno de los alimentos más complejos, fascinantes y diversos que se disfrutan en la actualidad. Ciertamente, las características y la actividad de los iniciadores específicos y de los cultivos adjuntos seleccionados para cada variedad contribuyen a la complejidad y diversidad de los quesos. Además, de los aspectos microbiológicos, las características que contribuyen a la diversidad y diferenciación del queso incluyen la variabilidad entre las características fundamentales de procesamiento y envejecimiento que influyen tanto en la composición química del queso fresco como en su potencial enzimático durante la maduración (Almena & Miettton, 2014).

La Norma Oficial Mexicana NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018 clasifica los quesos en dos categorías principales: frescos y madurados. Los quesos frescos se caracterizan por su alto contenido de humedad y suelen carecer de corteza. Por otro lado, la NOM 223 establece que los quesos madurados “se caracteriza por ser de pasta dura, semidura o blanda y puede tener o no corteza; sometido a un proceso de maduración mediante adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en él cambios bioquímicos y físicos característicos del producto del que se trate, lo que permite

prolongar su vida de anaquel, el cual puede o no requerir condiciones de refrigeración.”

Villegas et al. (2015) señalan que hay varias formas de clasificar quesos, como su consistencia, grado de maduración y agentes de maduración. La consistencia de la pasta se considera un aspecto relacionado con la textura, ya que se refiere a cómo el queso responde a fuerzas como presión, corte y punción. En la Figura 1 se presenta la clasificación propuesta por Villegas y Huerta (2015).

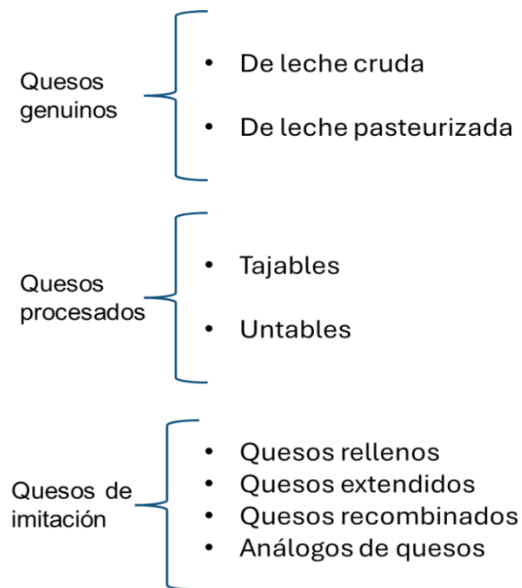


Figura 1. Clasificación de los quesos.

Fuente: Villegas-de Gante & de la Huerta (2015).

2.1.3 Quesos genuinos mexicanos

Genuino lo definen según la Real Academia Española, es algo auténtico, original y legítimo, o sea, propio de la naturaleza de la cosa, trasladándolo al caso de los quesos mexicanos genuinos, significa aquellos que derivan de México y, por lo tanto, pertenecen a este país. En otras palabras, son el resultado de su propia historia, cultura y saber-hacer.

Los quesos mexicanos genuinos se elaboran principalmente con leche fluida de vaca o cabra, preferiblemente cruda, y se utilizan ingredientes mínimos como cuajo, sal y, en ocasiones, cloruro de calcio. Estos quesos tienen una profunda

conexión histórica con México, ya que se han producido desde la época colonial o, en algunos casos, durante varias décadas al menos.

La elaboración de un queso genuino artesanal también puede incorporar otros elementos vinculados a diferentes recursos, que se pueden encontrar en el territorio donde se produce, como los siguientes:

- Un saber-hacer tradicional patrimonializado en el sentido de que se transmite dentro de una comunidad “localizada”. Este saber-hacer puede generar propiedades organolépticas específicas.
- Una reputación vinculada a una región reconocida como productora de un queso particular, con determinada calidad (sensorial y/o identitaria), la cual torna intransferible al saber-hacer, territorializándolo.
- Una calidad de leche y de microflora láctica vinculada con los recursos naturales y con un saber-hacer ganadero. En conjunto con esas prácticas se origina una serie de otros bienes que tienen características patrimoniales: paisajes, cultura, organización social, etcétera.
- Una cultura de producción y uso del queso. Saberes relacionales que permiten el buen funcionamiento de la cadena productiva (Villegas et al., 2015).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2016), la producción de quesos genuinos en México se caracteriza por ser generalmente pequeña, y su sistema agroindustrial (SAI) posee cadenas productivas cortas, con pocos actores. Por desconocimiento, desinterés o desacuerdo de los queseros mexicanos frente a la normatividad mexicana, éstos se hallan en la informalidad.

Tipicidad

La tipicidad de un producto agroalimentario, como el queso, se refiere a sus características distintivas que surgen de su arraigo en el territorio de elaboración, considerando las tradiciones históricas y culturales específicas que lo han moldeado (Marescotti, 2006).

Para un producto artesanal, la tipicidad engloba todas las cualidades, tanto objetivas como subjetivas, que permiten diferenciarlo dentro de su categoría o grupo de referencia. En el caso de los quesos, definir la tipicidad implica comparar sus atributos cualitativos en diversos aspectos con los de otros quesos, con el propósito de resaltar sus singularidades (Office Fédéral de l'Agriculture, 2001).

Según Mattiacci y Vignali (2004), la tipicidad se refiere a un producto tradicional percibido por las personas como un elemento estrechamente ligado a la imagen local, los lugares y el entorno particular. Este tipo de producto posee una “connotación intangible histórica y cultural, profundamente arraigada en su territorio de origen”, se identifican nueve atributos que permiten reconocer a un alimento como típico: comercialización, territorio, regulación legal, carácter industrial, temporalidad, tradición, especificidad, identidad y calidad nutricional.

La distinción cualitativa que constituye la esencia de la tipicidad está estrechamente relacionada con el origen del producto, que no solo se refiere a un espacio geográfico físico, sino también a la posesión de características culturales específicas. De este modo, el territorio contribuye a la tipicidad de un producto agroalimentario al vincular su producción y consumo, como en el caso de un queso, con costumbres o representaciones colectivas asociadas al mismo (Champredonde, 2016).

La tipicidad también tiene un componente histórico y se manifiesta a través del arraigo temporal de las prácticas, métodos o conocimientos relacionados con el producto, lo que implica su antigüedad, continuidad y perdurabilidad, es decir, su tradición (Caldentey y Gómez, 1996).

Para el caso de los quesos, el propio proceso de producción con lleva a una imagen y reconocimiento, esta se va forjando a través del tiempo (Fusté Forné, 2020). Se va forjando en los consumidores con características positivas del producto.

Identidad territorial

Ciertos productos que contienen una fuerte imagen territorial pueden constituir un vector de desarrollo local que va más allá del producto en cuestión. La

creación de rutas turísticas específicas (rutas del vino, del café, del queso) constituyen un ejemplo. La realización de festividades o concursos dedicados a un producto son también un catalizador para la promoción de otras actividades.

La identidad territorial en alimentos se refiere a las características únicas y distintivas que adquieren los productos alimenticios debido a su origen geográfico específico. Este concepto reconoce la estrecha relación entre la producción de alimentos y el territorio en el que se cultivan, elaboran o crían (Cendón y Bruno, 2022).

Los alimentos con identidad territorial están influenciados por una combinación de factores naturales, culturales y sociales que incluyen el clima, el suelo, las prácticas agrícolas tradicionales, las técnicas de producción locales, la historia, las costumbres culinarias y las creencias culturales. Estos elementos se combinan para crear productos alimenticios que reflejan la autenticidad y la diversidad de una región específica (Torres, et al., 2019).

La identidad territorial en alimentos no solo agrega valor cultural y social a los productos, sino que también puede promover el desarrollo económico local y la conservación del medio ambiente al fomentar prácticas agrícolas sostenibles y la preservación de las tradiciones culinarias locales. Un ejemplo de alimentos con identidad territorial son los quesos tradicionales. Según Linck et al. (2006), los recursos ambientales, los saberes y las tradiciones locales que intervienen en la producción de estos alimentos refuerzan la integración de la comunidad productora y destacan su singularidad frente a las comunidades vecinas. Al mismo tiempo, el esfuerzo, la dedicación y los conocimientos personales contribuyen a establecer prestigio y jerarquía dentro de la misma comunidad.

2.1.4 Caracterización de los quesos

Caracterizar un producto implica destacar tanto sus aspectos tangibles como intangibles, lo que equivale a resaltar su tipicidad o singularidad. Además, esta acción conlleva consideraciones principalmente económicas, ya que caracterizar un producto es un término amplio. Al caracterizar quesos tradicionales, se

reconoce la conexión entre los productores y los consumidores (Díaz, et al., 2017).

Se conocen 40 tipos de quesos, adaptados a las condiciones locales e incorporan sabores, aromas y textura en la gastronomía mexicana como patrimonio cultural (Grass & Cesín, 2014). La importancia culinaria y cultural del queso es indudable, sin embargo, la escasa información de sus atributos y procesamiento se basa en datos de registro censal (Villegas, 2012). Sin una evidencia socioeconómica actual, algunos tipos de quesos incrementan su producción y otros han desaparecido del comercio (Grass & Cesín, 2014). Su elaboración se realiza mediante técnicas rústicas y su comercialización local está fuera de la exigencia sanitaria y la estandarización en un comercio globalizado (Villegas, 2012).

El queso artesanal es valorado por sus cualidades nutricionales y atributos sensoriales, así como por el proceso de elaboración tradicional. Aunque su calidad se basa en la aceptación de los consumidores y en la gastronomía local, estos quesos suelen no cumplir con las normativas de higiene y sanidad en su fabricación y en los hatos lecheros. Las características sensoriales, físicas y composicionales de estos quesos son características de las regiones donde se producen, influidas por el terruño, el entorno geográfico, los factores naturales y culturales, así como por el conocimiento histórico propio en su elaboración y la microbiología asociada a la alimentación local del ganado (Cervantes, et al., 2017).

La producción de queso en queserías familiares se sustenta en conocimientos transmitidos por tradición oral, lo que conlleva un rezago tecnológico significativo y un sistema organizacional limitado en innovación y comercialización, resultando en una producción artesanal de calidad variable (Camacho, et al., 2020).

2.1.5 Textura de los quesos

“La palabra textura deriva del latín textura, que significa tejido, y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos” (Rosenthal, 1999).

Las propiedades texturales de un alimento son el grupo de características físicas que dependen de los elementos estructurales del material, se perciben por el sentido del tacto, se relacionan con la deformación, desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza, y se miden objetivamente como una función de masa, tiempo y distancia (Bourne, 1982).

Según Gunasekaran y Ak (2003), las técnicas para medir la textura se dividen en subjetivas e instrumentales. Las subjetivas, o evaluación sensorial, se realizan mediante un panel de degustación capacitado. Por otro lado, los métodos instrumentales se clasifican en empíricos, imitativos y fundamentales.

Las propiedades de la textura están clasificadas en tres categorías: Atributos mecánicos, Atributos geométricos, Atributos de composición. Los atributos mecánicos dan una indicación del comportamiento mecánico del alimento ante la deformación, y se dividen en primarios (dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad) y secundarios (fracturabilidad, masticabilidad y gomosidad). Los primarios son los que se correlacionan con una propiedad mecánica tal como fuerza, deformación o energía, mientras que los secundarios son los que resultan de la combinación de las propiedades primarias (Larmond, 1976).

Según Gunasekaran y Ak (2003), la textura es uno de los principales atributos de calidad en los quesos, ya que la apariencia general y la sensación en la boca suelen ser valoradas antes que el sabor. Cada variedad de queso tiene un atributo de textura específico que lo distingue. En el cuadro 1 se muestran definiciones de algunas de las propiedades de textura.

Cuadro 1. Definiciones de propiedades de textura

Propiedades	Definiciones
Dureza (N)	Fuerza necesaria para una deformación dada.
Cohesividad	Que tanto puede deformarse un material antes de romperse. Es la relación entre el área bajo la curva de la segunda compresión y el área bajo la curva de la primera compresión.
Elasticidad	Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante. Distancia recorrida por el émbolo durante la Área negativa de fuerza A3.
Adhesividad (N)	Trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto.
Masticabilidad (N)	Energía necesaria para masticar un alimento sólido hasta que esté listo para tragar (una combinación de dureza, cohesividad y elasticidad).
Gomosidad (N)	Energía necesaria un para desintegrar alimento semisólido hasta que esté listo para tragar (combinación de baja dureza y alta cohesividad).

Elaboración propia con información obtenida de: (González et al., 2015; Gunasekaran & Ak, 2002; Larmond, 1976).

2.1.6 Microbiología de los quesos

El desarrollo del sabor en el queso de leche cruda está influenciado principalmente por su comunidad microbiana natural, que también desempeña un papel en la prevención del crecimiento de bacterias patógenas transmitidas por los alimentos (Yoon et al., 2016). La principal meta en la elaboración de quesos es extender su vida útil y preservar los nutrientes presentes en la leche. Este propósito se alcanza principalmente a través de la producción de ácido y la eliminación del agua (Walstra, et al., 2001).

Los microorganismos presentes en el queso desempeñan diversas funciones, que pueden ser tanto beneficiosas como perjudiciales. Estos colonizadores microbianos influyen en el sabor, la textura y las propiedades organolépticas (Gbashi et al., 2023).

Las bacterias lácticas predominantes en el queso de leche cruda generan compuestos como bacteriocinas, ácidos orgánicos y peróxido de hidrógeno, los cuales tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas. Esto favorece la producción de queso con características microbiológicas deseables (Yoon et al., 2016).

Según Cotter y Beresford (2017), durante la maduración del queso, bacterias, levaduras y mohos juegan un papel crucial. Estos microorganismos, en su mayoría, favorecen el proceso de maduración, ya sea mediante su actividad metabólica directa o liberando enzimas en la matriz del queso. La microbiota involucrada en este proceso se divide en dos grupos: las bacterias lácticas iniciadoras (BAL), como *Lactococcus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* y *Lactobacillus helveticus*, que fermentan la leche produciendo ácido láctico y con ello reduciendo el pH, mientras que la microbiota secundaria produce metabolitos que perfilan el queso durante la maduración.

2.1.7 Análisis sensorial de los quesos

La descripción de las características sensoriales de los productos ha sido una práctica arraigada en la industria alimentaria durante mucho tiempo. Se utiliza para diversos propósitos, como identificar cambios en ingredientes o procesos,

estimar la vida útil, mantener la consistencia con un producto estándar, guiar el desarrollo de nuevos productos y garantizar el control de calidad. La caracterización sensorial es una de las herramientas más potentes, sofisticadas, y extensamente aplicada en la ciencia sensorial, ya que ofrece una representación detallada de cómo percibe el ser humano los estímulos generados por un producto, abordando tanto aspectos cualitativos como cuantitativos de la percepción sensorial (Stone y Sidel 2004; Lawless y Heymann 2010).

Además, proporciona de manera directa las intensidades percibidas de los atributos como apariencia, color, aroma, sabor y textura (Phat et al., 2016) a través de pruebas analíticas (discriminativas y descriptivas) con paneles entrenados o afectivas que se ejecutan con los consumidores (Moussaoui y Varela, 2010).

El análisis descriptivo es una metodología sensorial que proporciona de forma cuantitativa descripciones de productos, basados en las percepciones de un grupo calificado. Es una descripción sensorial completa, teniendo en cuenta todas las sensaciones que son percibidos de manera visual, auditiva, olfativa, cinestesia, etcétera, cuando se evalúa el producto. La evaluación se define en parte por las características del producto como se determina por los sujetos, y en parte por la naturaleza del problema (Stone y Sidel, 2004).

El Perfil Flash es un análisis que permite la elección de atributos de manera libre, con muestras presentadas al mismo tiempo; donde los evaluadores no califican las muestras, sino que las ordenan según la intensidad percibida de cada atributo (Liu et al., 2018).

Este tipo de análisis nos permite diferenciar muestras con proceso de producción similar mediante la intensidad de cada atributo. Algunas investigaciones (Yoon, Lee & Choi, 2016) encontraron diferencias en la intensidad del sabor de quesos producidos con leche cruda en comparación con leche pasteurizada. Por ello, es importante realizar la caracterización sensorial de los quesos, ya que estos exhiben un perfil de sabor diverso (Bachman et al., 2011).

2.1.8 Estudio de los quesos tradicionales madurados en México

El queso comenzó a elaborarse en la época poscolombina. Pronto se desarrollaron de fuerte actividad ganadera como los Altos de Jalisco, que desde antaño ha estado vinculada a la actividad productora de queso (Villegas, 2004).

Los quesos tradicionales destacan por sus sabores únicos e intensos y presentan una considerable variabilidad. Son productos de nicho, elaborados artesanalmente, con una profunda tradición histórica que puede remontarse a varias décadas o incluso siglos (Villegas, Santos & Cervantes, 2016; Licitra, 2010).

Los queseros artesanales han desarrollado habilidades y destrezas a lo largo del tiempo mediante la práctica diaria y la acumulación de experiencia, lo que les otorga un valioso conocimiento empírico. Poseen un profundo entendimiento sobre cómo producir su producto y comprenden los diversos factores que influyen en su calidad, como el tipo de ganado, su alimentación y cómo estos afectan la calidad de la leche, así como la influencia del tipo de cuajo y la temperatura en el proceso de cuajado. Sin embargo, generalmente carecen de una base científica que les permita innovar en sus procesos de producción, lo que limita su capacidad para obtener beneficios económicos y sociales adicionales (Villegas, Santos & Cervantes, 2016).

El proceso de maduración del queso es un proceso complejo que implica la acción de enzimas presentes naturalmente en la leche, así como enzimas coagulantes y enzimas liberadas por microorganismos presentes en el queso. Durante este proceso, ocurren una serie de cambios bioquímicos, que incluyen la metabolización de la lactosa residual, lactato y citrato, así como la lipólisis y proteólisis. Estos cambios primarios son seguidos por eventos bioquímicos secundarios que involucran el metabolismo de ácidos grasos y aminoácidos, los cuales son cruciales para la formación de numerosos compuestos volátiles responsables del aroma y sabor característicos del queso (Brickley et al., 2007).

Los quesos tradicionales, muchos de ellos elaborados con leche cruda, se maduran durante lapsos variables que generalmente van de semanas hasta

años, en condiciones específicas de temperatura, humedad relativa y situaciones de entorno según su variedad específica. También, es conveniente destacar, que se desconocen muchos especímenes de quesos regionales nativos, desconociendo sobre la microbiota presente en las pastas, incluso en los más estudiados. El interés por estos alimentos típicos de gran potencial es reciente, así como lo es el abordaje de su caracterización microbiológica (Villegas, Santos & Cervantes, 2016).

2.2 Marco de referencia

2.2.1 Región de estudio

Ubicación: Tequila, Jalisco

El municipio de Tequila se encuentra casi en el centro del estado, hacia el oeste, con coordenadas entre 20° 25' 00" y 21° 12' 30" de latitud norte y de 103° 36' 00" a 104° 03' 30" de longitud oeste, y una altitud que varía entre 700 y 2,900 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son, al norte, el estado de Zacatecas y el municipio de San Martín de Bolaños; al sur, los municipios de Ahualulco de Mercado, Teuchitlán y Amatitán; al este, San Cristóbal de la Barranca, Zapopan y Amatitán; y al oeste, Hostotipaquillo, Magdalena y San Juanito de Escobedo como se muestra en la Figura 2. El municipio tiene una extensión territorial de 1,364.14 kilómetros cuadrados y cuenta con una población de 14,802 hab. (INEGI, 2010). Originalmente, el lugar fue conocido como Tequillan o Tecuila, términos que han sido interpretados como "lugar donde se corta" o "lugar de tributos". De acuerdo con Ávila (2010) sus primeros habitantes fueron grupos chichimecas, otomíes, toltecas y nahuatlacas.

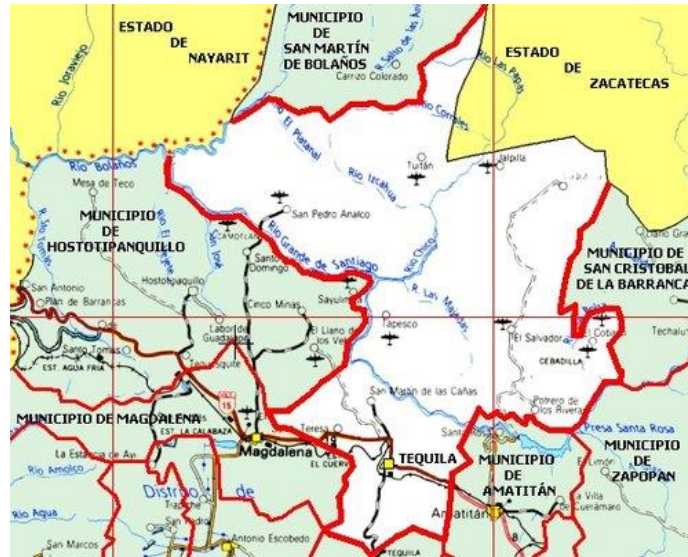


Figura 2. Ubicación de Tequila, Jalisco.

Datos Físicos

Relieve

Los suelos del municipio de Tequila datan del período terciario y están formados por caliza, rocas ígneas extrusivas, riolita, andesita, basalto, toba y brecha volcánica. La región presenta distintos tipos de relieve, con pocas zonas planas, salvo algunos valles pequeños, y su orografía es notablemente irregular. A lo largo de los ríos Santiago y Chico, la altitud es de aproximadamente 700 metros sobre el nivel del mar; al sur del municipio, alcanza hasta 2,900 metros en el cerro de Tequila; en el norte, las elevaciones varían entre 1,700 y 1,800 metros, mientras que, en la Sierra de Balcones, al este, llegan hasta los 2,300 metros (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Clima

El clima del municipio de Tequila es semiseco, con estaciones secas en invierno y primavera, y semicálido sin una temporada invernal definida. La temperatura media anual es de 23.2°C, con una precipitación media anual de 1,073.1 milímetros, concentrándose las lluvias entre junio y octubre. Los vientos predominan en dirección noreste y sureste. En promedio, se registran 0.4 días de heladas al año (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Hidrografía

El municipio de Tequila cuenta con los ríos Grande o Santiago, Chico y Bolaños. Además, posee diversos arroyos, entre ellos Balcones, Picacho de Balcones, Joyas de las Tablas, El Maguey, Tejón, Barranco, Carrizal, Tequesquite, San Bartolo, Las Higueras, Piedras Grandes, Arroyo Hondo y Mirador. También dispone de manantiales como La Fundación, El Aguacatillo, La Gloria, La Toma y Los Azules, así como la presa de Santa Rosa (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Recursos naturales

El municipio de Tequila posee una riqueza natural compuesta por 28,430 hectáreas de bosque, en las que predominan especies como pino, roble, madroño, encino y mezquite. Entre sus recursos minerales se encuentran yacimientos de oro, plata, plomo, cobre, ópalo, caolín y bentonita (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Uso de suelo

La mayor parte del territorio de Tequila se destina a actividades agrícolas y ganaderas. La propiedad de la tierra está principalmente en manos privadas (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Flora

La flora del municipio de Tequila incluye especies como pino, roble, madroño, mezcal, encino, mezquite, guamúchil, nopal, pitahayo, plátano, mango, huizache, limón, ciruelo y aguacate (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Fauna

La fauna del municipio de Tequila incluye especies como venado, coyote, tejón, lagartijo, zorra, zorrillo, ardilla, armadillo, conejo, mapache, así como diversos reptiles y aves (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Economía

Agricultura

Entre los cultivos más representativos de la región se encuentran el maíz, maguey, mezcal, sorgo, frijol, mango, naranja, aguacate y calabacita (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Ganadería

Se cría ganado bovino de carne y leche, porcino, caprino, equino, aves de carne y postura, y colmenas (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Industrial

La actividad industrial principal del municipio de Tequila es la producción de tequila, además de la fabricación de toneles, barrilitos y ánforas, elaborados con madera de roble y piel de cerdo (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Comercio

En el municipio de Tequila predominan los giros dedicados a la venta de productos de primera necesidad y los comercios mixtos que venden artículos diversos (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Servicios

En el municipio de Tequila se ofrecen servicios financieros, profesionales, técnicos, comunales, sociales, personales, turísticos y de mantenimiento. La principal fuente económica es la industria tequilera, que comenzó en 1600. Según fuentes históricas, los indígenas ya aprovechaban el agave, pues lo asociaban con la diosa del mezcal, Mayahuel. Al llegar los españoles, encontraron tierras con cultivos de agave, lo que sugiere que lo llevaron a España, donde fue bien recibido, motivando la creación de tabernas en la región. Esta industria ha sido clave en el renombre mundial del tequila (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

2.3 Literatura consultada

Almena, A. M., & Mietton, B. (2014). Cheese classification, characterization, and categorization: A global perspective. *PubMed*.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26082106/>

- Ávila, R. (2010). Tequila: Historia, cultura y tradición. *Editorial Trillas*
- Bachman, H. P., Fröhlich-Wyder, M. T., Jakob, E., Roth, E., Wechsler, D., Beuvoir, E., & Buchin, S. (2011). *Raw Milk Cheese*. Elsevier Science.
- Bourne, M. (1982). Food texture and viscosity: Concept and measurement. Academic Press. En Rodríguez Sandoval, E. (2005). Reología y textura de masas: Aplicación en trigo y maíz, Vol. 25, 72–78.
- Brickley, C. A., Auty, M. A. E., Piraino, P., & 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), 539–544. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00539.x>
- Caldentey, P., & Gómez, A. C. (1996). Productos típicos, territorio y competitividad. *Dialnet*, 57–82.
- Camacho-Vera, J. H., Cervantes-Escoto, F., & Palacios-Rangel, M. I. (2020). Historia y raíces territoriales de un sistema artesanal: La producción de queso en Reyes Etlá, Oaxaca. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55). <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.836>
- Cambero, M. I., et al. (2009). *Tecnología de los alimentos. Vol. II (Alimentos de origen animal)*. Madrid: J. A. Ordoñez (Ed.).
- Cendón, M. L., & Bruno, M. P. (2022). Valorización de innovaciones en alimentos con identidad territorial. *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial* (22), 155–170.
- Cervantes Escoto, F., Patiño Delgado, A. L., Cesín Vargas, A., & González Santiago, M. V. (2017). Innovando los estudios de mercado de los quesos artesanales: El valor simbólico del queso de poro. *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, 27 (49), 123–145.
- Champredonde, M. A. (2016). Tipicidad territorial: Elemento fundacional de la construcción de una denominación de origen. *Desenvolvimento Regional em Debate*, 6 (1), 22–40.
- Cotter, P. D., & Beresford, T. P. (2017). Microbiome of raw milk and raw milk cheeses. *Journal of Dairy Research*, 84 (2), 209–218.
- Díaz Galindo, E. P., Valladares Carranza, B., Gutiérrez Castillo, A. D. C., Arriaga Jordan, C. M., Quintero-Salazar, B., Cervantes Acosta, P., & Velázquez Ordoñez, V. (2017). Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8 (2), 139–146.
- FAO/OMS. (2011). *Comisión del Codex Alimentarius: Leche y productos lácteos* (2ª ed.). FAO.

- Fox, P. F., & Guinee, T. P. (2013). Cheese science and technology. *Milk and dairy products in human nutrition* (pp. 357–389). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118534168.ch17>
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). Processed cheese and substitute/imitation cheese products. *Fundamentals of cheese science* (pp. 589–627). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_17
- Fusté-Forné, F. (2020). Savoring place: Cheese as a food tourism destination landmark. *Journal of Place Management and Development*, 13 (2), 177–194. <https://doi.org/10.1108/JPMD-07-2019-0065>
- Gbashi, S., Tebele, S. M., & Njobeh, P. B. (2023). Metagenomics for the identification and characterization of microorganisms in fermented foods. *Indigenous fermented foods for the tropics* (pp. 347–359). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98341-9.00021-9>
- Gobierno del Estado de Jalisco, Tequila. (2024). [Consultado el 5 de marzo de 2024]. www.jalisco.gob.mx
- González, A., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). Effect of edible coating on the properties of sweet potato slices (*Ipomoea batatas* Lam) cooked by deep-fat frying: Part 1: Texture. *Información Tecnológica*, 26 (1), 95–102.
- Grass, J., & Cesín, A. (2014). Situación actual y retrospectiva de los quesos genuinos de Chiautla de Tapia, México. *Quesos Genuinos de Chiautla*, 1 (2), 201–221.
- Gunasekaran, S., & Ak, M. M. (2002). *Cheese rheology and textura* (1ª ed.). CRC Press.
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. <http://www.inegi.org.mx>
- Kindstedt, P. (2005). *American Farmstead cheese: The complete guide to making and selling artisan cheeses*. Vermont: Chelsea Green Publishing.
- Larmond, E. (1976). Sensory measurements of food texture. *Rheology and texture in food quality* (Vol. 7, pp. 87–93).
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2ª ed.). Springer.
- Licitra, G. (2010). Worldwide traditional cheeses: Banned for business? *Dairy Science & Technology*, 90, 357–374.
- Linck, T., Barragán, E., & Casabianca, F. (2006). De la propiedad intelectual a la calificación de territorios: Lo que cuentan los quesos tradicionales. *Agroalimentaria* (22).
- Liu, J., Bredie, W. L. P., Sherman, E., Harbertson, J. F., & Heymann, H. (2018). Comparison of rapid descriptive sensory methodologies: Free-choice profiling, flash profile, and modified flash profile. *Food Research International*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.062>

- Marescotti, A. (2006). Le dimensione della tipicità dei prodotti agroalimentari. En *Guida per la valorizzazione dei prodotti agroalimentari tipici*. ARSIA.
- Mattiacci, A., & Vignali, C. (2004). The typical products within food “glocalisation”: The makings of a twenty-first-century industry. *British Food Journal*, 106 (7), 703–713.
- Moussaoui, A. K., & Varela, P. (2010). Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference*, 21, 1088–1099.
- NOM-223-SCFI/SAGARPA. (2018). Queso: Denominación, especificaciones, información comercial y métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*.
- Office Fédéral de l'Agriculture. (2001). *Guide pour le dépôt d'une appellation d'origine protégée (AOP) ou d'une indication géographique protégée (IGP)*. Berna, Suiza.
- Phat, C., Moon, B., & Lee, C. (2016). Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system. *Food Chemistry*, 192, 1068–1077.
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed.). <https://dle.rae.es>
- Rosenthal, A. (1999). *Food texture: Measurement and perception*. Acribia.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016, 22 de septiembre). Quesos mexicanos genuinos, delicias que nos distinguen. [Consultado el 20 de marzo de 2024]. <https://www.gob.mx>
- Stone, H., & Sidel, J. (2004). *Sensory evaluation practices* (3^a ed.). Elsevier Academic Press.
- Torres, R., Reyo, A., & Sánchez, J. E. (2019, septiembre 30). Alimentos con identidad territorial. *UNAM Global*. <https://unamglobal.unam.mx>
- Villegas de Gante, A. (2004). *Tecnología quesera*. México, D.F.: Trillas.
- Villegas de Gante, A. (2012). *Tecnología quesera* (2^a ed.). México: Trillas.
- Villegas de Gante, A., & de la Huerta Benítez, R. (2015). Naturaleza, evolución, contrastes e implicaciones de las imitaciones de quesos mexicanos genuinos. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación*.
- Villegas de Gante, A., Santos, M. A., & Cervantes, F. (2016). *Los quesos mexicanos tradicionales* (1^a ed.). Universidad Autónoma Chapingo.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2001). *Dairy Science and Technology*. CRC Press.
- Yoon, Y., Lee, S., & Choi, H. K. (2016). Microbial benefits and risks of raw milk cheese. *Food Control*, 63, 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.11.013>

3. CADENA AGROINDUSTRIAL DEL QUESO MADURADO DE LA SIERRA DE TEQUILA, JALISCO

Lozada-Vallejo, E.¹, Hernández- Rodríguez B. E.², Sandoval-Castilla O.³,
Lobato-Calleros C.S.O.⁴

3.1 Resumen

El presente estudio tiene como objetivo comprender cómo se organizan los actores sociales en un territorio específico para producir, comercializar y consumir el Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco. Para ello, se llevaron a cabo encuestas estructuradas y entrevistas abiertas a los diferentes actores involucrados en la cadena agroindustrial. Los resultados muestran que la cadena agroindustrial del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, localizada en la comunidad de El Salvador, se organiza en tres eslabones principales. El primer eslabón es la producción de leche, donde los ganaderos son responsables de criar y ordeñar las vacas para obtener la materia prima fundamental: la leche. El segundo eslabón corresponde a las queserías, donde la leche se transforma en queso mediante un método tradicional que ha sido transmitido de generación en generación. El tercer eslabón involucra a los distribuidores y comercializadores, quienes se encargan de llevar el Queso Madurado al mercado. Este paso es crucial para garantizar que el producto llegue a los consumidores finales. La información obtenida ha sido valiosa para esclarecer la estructura y dinámica de la cadena agroindustrial del Queso Madurado en la Sierra de Tequila, Jalisco, en la comunidad de El Salvador. Este conocimiento es fundamental para entender mejor los procesos y desafíos que enfrentan los actores involucrados, así como para identificar oportunidades de mejora y desarrollo en la producción y comercialización de este producto tradicional.

Palabras clave: queso, genuino, artesanal, cadena agroindustrial

Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo

¹Autora: Esmeralda Griselda Lozada Vallejo

²Directora: Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez, Dra.

³Co-Directora: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

⁴Asesora: Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros, Dra.

AGRO-INDUSTRIAL CHAIN OF AGED CHEESE FROM SIERRA DE TEQUILA, JALISCO

Abstract

The objective of this study is to understand how social actors in a specific territory organize to produce, market, and consume the Aged Cheese of the Sierra de Tequila, Jalisco. To achieve this, structured surveys and open interviews were conducted with the various actors involved in the agro-industrial chain. The results show that the agro-industrial chain of Aged Cheese from the Sierra de Tequila, located in the community of El Salvador, is organized into three main links. The first link is milk production, where dairy farmers are responsible for raising and milking cows to obtain the essential raw material: milk. The second link corresponds to cheese dairies, where milk is transformed into cheese through a traditional method that has been passed down from generation to generation. The third link involves distributors and marketers, who are responsible for bringing the Aged Cheese to market. This step is crucial to ensure that the product reaches the final consumers. The information obtained has been valuable in clarifying the structure and dynamics of the agro-industrial chain of Aged Cheese in the Sierra de Tequila, Jalisco, in the community of El Salvador. This knowledge is fundamental for better understanding the processes and challenges faced by the involved actors, as well as for identifying opportunities for improvement and development in the production and marketing of this traditional product.

Key words: cheese, authentic, artisanal, agro-industrial chain

Thesis of Master Science, Program of Agro-Food Science and Technology, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Esmeralda Griselda Lozada Vallejo

Director: Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez, Dra.

Co-Director: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

Advisor: Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros, Dra

3.2 Introducción

El queso es un alimento que ha acompañado a la humanidad a lo largo de milenios. Su producción se considera una invención sumamente valiosa, ya que permite conservar la leche durante períodos más prolongados en comparación con la leche cruda (Mena, 2022). Esta capacidad de conservación ha sido crucial para muchas culturas, permitiendo almacenar nutrientes esenciales y disfrutar de sus beneficios en épocas de escasez.

La producción de queso ha emergido como una importante fuente de ingresos para los productores de leche de pequeña y mediana escala. En muchos casos, estos productores han recurrido a la elaboración de queso como una respuesta estratégica ante la disminución de la rentabilidad en su actividad principal, que es la producción de leche. Esta disminución en la rentabilidad es consecuencia del aumento de los costos de los insumos y de los limitados márgenes de ganancia en la cadena agroindustrial (Villegas & Cervantes, 2011).

La cadena agroindustrial del queso se compone de una serie de interrelaciones tanto "hacia atrás" con el sector primario, como "hacia adelante" con los distribuidores y comercializadores. Los "eslabones hacia atrás" incluyen a los productores de leche, quienes proveen la materia prima esencial para la producción del queso. Los "eslabones hacia adelante" comprenden a los distribuidores y comercializadores, que se encargan de llevar el producto final al mercado y a los consumidores. Además, se destaca el entorno, que hace referencia a factores externos que influyen en la cadena pero que no están incluidos directamente en los eslabones, como las políticas gubernamentales, las condiciones económicas y las preferencias de los consumidores (Villegas De Gante, et al., 2021).

El entorno juega un papel fundamental en el éxito de la cadena agroindustrial del queso. Factores como la regulación sanitaria, las políticas de apoyo al sector agropecuario, las infraestructuras de transporte y comunicación, y las tendencias de consumo afectan directamente a cada eslabón de la cadena. Por ejemplo, políticas gubernamentales que promuevan la producción sostenible y el comercio

justo pueden mejorar las condiciones para los productores de leche y las queserías, mientras que las preferencias de los consumidores por productos artesanales y de alta calidad pueden incentivar la producción de quesos tradicionales y auténticos (Villegas & Cervantes, 2011).

Además, la capacidad de los productores para adaptarse a estos factores externos y mejorar sus prácticas de producción es esencial para mantener la competitividad y la rentabilidad en el mercado. La innovación en técnicas de producción, la diversificación de productos y la adopción de prácticas sostenibles pueden proporcionar ventajas significativas. Asimismo, la colaboración y el fortalecimiento de las relaciones entre los diferentes eslabones de la cadena son cruciales para asegurar una cadena de suministro eficiente y resistente a las fluctuaciones del mercado.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Cadena agroindustrial

El análisis de la Cadena Agroindustrial (CA) del Queso Madurado en la Sierra de Tequila, Jalisco, se llevó a cabo en julio de 2023 al abril de 2024, utilizando un enfoque centrado en la cadena agroindustrial para capturar una visión integral de las interacciones y flujos de valor entre los diferentes actores involucrados en la producción y comercialización del queso. Este enfoque se adoptó con el fin de entender cómo se organizan los diferentes eslabones de la cadena, desde la producción primaria de la leche, pasando por la transformación en queso, hasta la distribución del producto en el mercado.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas con tres ganaderas-queseras, un ganadero y una distribuidora de queso, seleccionados en base a su disponibilidad, nivel de producción, experiencia en el sector y la presencia de sus productos en el mercado local. Esta selección permitió captar una representación diversa de los diferentes actores de la cadena agroindustrial, proporcionando información desde distintas perspectivas del proceso productivo.

Para obtener una visión más detallada de las dinámicas productivas, se llevaron a cabo varias visitas a tres queserías, donde se realizaron entrevistas abiertas con las maestras queseras. Estas entrevistas se dirigieron específicamente a quienes no solo elaboran el queso, sino que también producen su propia leche y participan en la distribución del producto. El objetivo de estas visitas fue observar y documentar directamente las etapas del proceso de elaboración y distribución del queso madurado, profundizando en aspectos técnicos y organizativos de la producción.

Además, las entrevistas en las queserías buscaban identificar los retos y oportunidades en el mercado local, considerando tanto las prácticas tradicionales como las innovaciones implementadas por las maestras queseras. Las visitas múltiples permitieron capturar cambios y detalles que no siempre emergen en una única visita, enriqueciendo el análisis de las dinámicas presentes en la cadena agroindustrial del queso madurado.

3.4 Resultados y discusión

3.4.1 Estructura de la Cadena Agroindustrial

La cadena agroindustrial del Queso Madurado ubicada en el poblado El Salvador en Tequila, Jalisco, en su mayoría tiene una integración vertical, Porter (2002) sostiene que la integración vertical implica la unificación de la producción, distribución y otros procesos económicos técnicamente diferenciados dentro de una misma empresa. Esto implica que la empresa elige realizar internamente ciertas operaciones en lugar de depender del mercado, con el fin de lograr sus objetivos económicos. Las microempresas de queso madurado de la localidad El Salvador en su mayoría controla múltiples etapas de la Cadena Agroindustrial, desde la producción de la leche hasta la comercialización del queso final.

Este enfoque vertical ofrece ciertas ventajas, como un mayor control sobre la calidad del producto en todas las etapas de producción, una mayor eficiencia en la cadena de suministro y la capacidad de ofrecer productos más frescos y personalizados a los consumidores; Sin embargo, también puede implicar

mayores costos de inversión y gestión, así como un mayor riesgo en caso de problemas en alguna etapa de la cadena. En la Figura 3 se representa gráficamente la Cadena Agroindustrial (CAI) del Queso Madurado de la Localidad de El Salvador, en Tequila, Jalisco, donde se observa una clara definición de los eslabones que la componen.

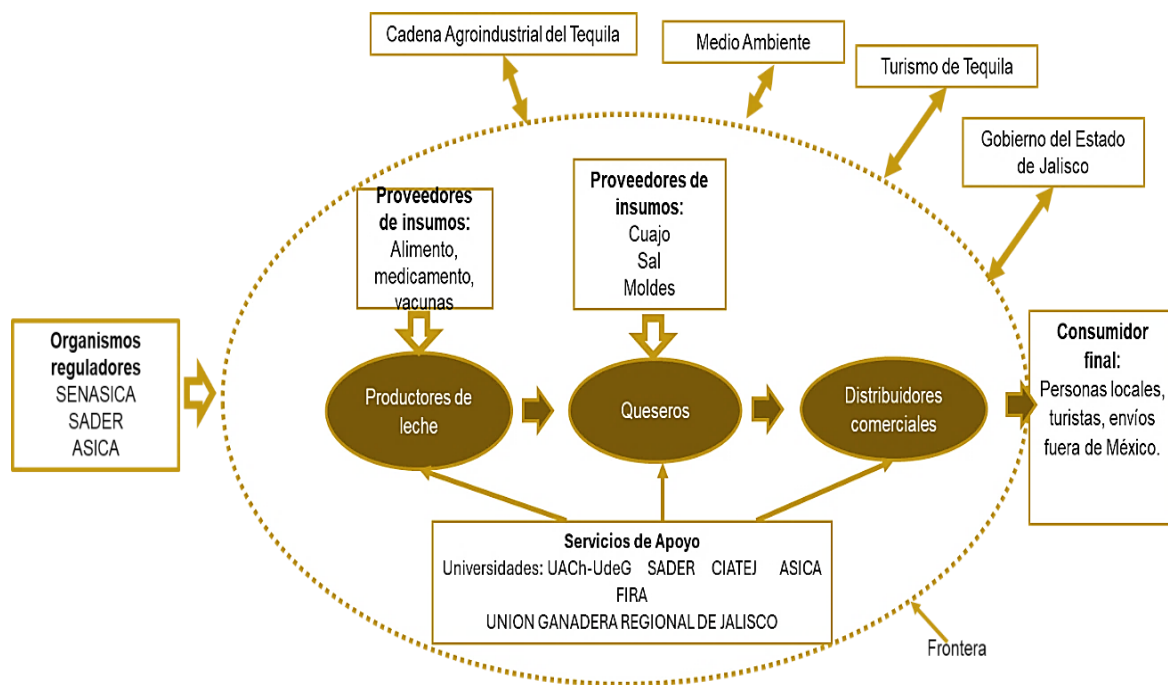


Figura 3. Cadena Agroindustrial del queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco. Elaboración propia, (2024).

La cadena agroindustrial de Queso Madurado de la sierra de tequila Jalisco (QMSTJ) está conformada principalmente por los eslabones de: productores de leche/ganaderos, agroindustria: Queserías y Distribuidores/Comercializadores. La mayoría de los productores optan por un modelo de integración vertical, en el cual desempeñan múltiples funciones dentro del proceso, desde la producción de leche hasta la elaboración y comercialización del queso. Este enfoque les permite supervisar cada etapa del proceso y gestionar los riesgos involucrados, con el objetivo de lograr los mejores resultados en la producción y venta del queso.

La producción de leche en la localidad de El Salvador los sistemas de producción son de carácter familiar y cuentan con hatos pequeños, con el único propósito de obtener leche para la elaboración de queso. Los ganaderos utilizan tecnologías

tradicionales, el ordeño se realiza de forma manual, y algunos casos la alimentación de las vacas se basa en pastoreo y forraje local.

Una parte fundamental en el manejo del ganado es la higiene debido a que para producir Quesos Madurados-aptos para su uso previsto, se debe utilizar leche inocua, ya que esta no llevara un proceso térmico que reduzca el riesgo de contaminación microbiana.

Una vez que la materia prima llega a la Agroindustria (queserías), se somete al proceso de transformación a queso. El Queso Madurado de Tequila, Jalisco, puede ser considerado genuino ya que, de acuerdo con la definición de Villegas, et. al. (2011) Los quesos mexicanos genuinos se elaboran principalmente con leche fluida de vaca, preferiblemente cruda, y se utilizan ingredientes mínimos como cuajo y sal. Estos quesos tienen una profunda conexión histórica con México, ya que se han producido desde la época colonial o, en algunos casos, durante varias décadas al menos. El QMSTJ es elaborado únicamente con leche cruda de vaca, con una adición mínima de ingredientes.

Las queserías visitadas, se dedican a la producción de quesos artesanales, utilizando su conocimiento especializado que los distingue y que fue heredado. Este saber hacer es fundamental para la singularidad de este producto tradicional, ya que en general, los quesos elaborados con leche cruda se producen utilizando métodos tradicionales, debido a que este tipo de leche requiere técnicas específicas para su manipulación adecuada, como señala Montel, et al. (2014). Son queserías pequeñas donde se producen alrededor de 200 litros al día, con tecnología limitada lo que hace que el proceso se realice de forma tradicional, en estas queserías, el conocimiento transmitido de generación en generación es fundamental. Los queseros conocen los secretos y detalles específicos para obtener un queso de alta calidad.

El último eslabón se encarga de distribuir el Queso Madurado a los consumidores finales, que son principalmente pobladores de la localidad El Salvador, debido a que en este poblado el queso tiene una relevancia que le ha otorgado el paso de los años por los cuales sea elaborado. Otros consumidores finales son los turistas

que llegan a Tequila, Jalisco, debido a que es una zona turística, sin embargo, la lejanía con el poblado principal ha dificultado que el Queso Madurado tenga mayor exposición.

La colaboración entre estos eslabones garantiza que el Queso Madurado sea un producto de calidad, con características únicas y distintivas. Además, la tradición y el conocimiento local en las queserías pequeñas contribuyen a la autenticidad del producto. Sin embargo, para entender completamente el proceso productivo y la generación de valor de este queso, es fundamental comenzar por el análisis del primer eslabón en la cadena productiva: la producción primaria. Aquí, el manejo del ganado, la alimentación y el entorno juegan un papel crucial en la obtención de leche de alta calidad, que es la base esencial para la elaboración del queso.

3.4.2 Primer eslabón: Producción de leche

Estos sistemas de producción de leche son de carácter familiar y cuentan con hatos pequeños, oscilando entre 6 y 12 cabezas de ganado. En cuanto al tipo de ganado, se observa una variedad y el desconocimiento de las razas en algunos casos, sin embargo, la Unión Ganadera Regional de Jalisco (2024) menciona que, en el estado, una de las razas de vacas más utilizadas en la producción de leche es la Holstein. Esta raza es conocida por su alta producción de leche, adaptabilidad y eficiencia en la conversión de alimento en leche. Además de la Holstein, también se pueden encontrar otras razas como la Jersey y la Suiza Parda, aunque en menor medida. Sin embargo, en El Salvador se observó una variedad de razas que en su mayoría son cruza, con las que obtienen una leche apta para la elaboración de los quesos madurados. Durante la temporada de lluvias, en la comunidad de El Salvador se registra una producción de leche que oscila entre 10 y 8 litros en la única sesión de ordeña diaria. Sin embargo, en estiaje, la producción disminuye considerablemente, alcanzando entre 3 y 5 litros por día.

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2020) la producción lechera en Jalisco es una de las más destacadas en México. Jalisco

es conocido como uno de los principales estados productores de leche en el país, con una industria láctea muy desarrollada y diversificada. Los sistemas de producción lechera en Jalisco varían desde pequeñas explotaciones familiares hasta grandes empresas agroindustriales. Muchas granjas lecheras en Jalisco están altamente tecnificadas, utilizando tecnología moderna para el manejo del ganado, la alimentación y el ordeño, sin embargo, en El Salvador las granjas son muy rústicas y pequeñas, sin uso de tecnología moderna. Las granjas lecheras en El Salvador suelen operar a menor escala y generalmente no son la actividad principal de los productores debido a que tienen hatos reducidos.

A pesar de la falta de tecnología moderna, estas granjas mantienen una conexión profunda con la tradición y la tierra. La producción es más artesanal, con procesos manuales y cuidadosos, donde se puede tener control de la calidad de la leche para elaborar quesos, ya que, al utilizar la leche cruda, sin pasteurización, otorga sabores y texturas únicas.

En la comunidad de El Salvador, conseguir los insumos necesarios para el manejo del ganado resulta difícil debido a la distancia con el centro principal de Tequila. Esto obliga a cada ganadero a procurar sus propios insumos, lo que incrementa tanto el costo como la complejidad de obtención de dichos materiales.

En la comunidad de El Salvador, la producción láctea se ve afectada por diversas problemáticas. Las condiciones climáticas, incluida la estacionalidad, influyen en la disponibilidad de leche y pueden aumentar los costos. Además, la calidad del suelo, la disponibilidad de pastos y la cantidad de agua impactan en la alimentación del ganado lechero, lo que repercute en su producción.

Durante el proceso de ordeña, se emplea el becerro como ayuda para estimular la producción de leche de la vaca. Esto implica permitir que el becerro succione la ubre de la vaca para estimular el flujo de leche, tras lo cual el ganadero continúa con la ordeña manual, el proceso de ordeña debe ser completamente inocuo debido a que la leche se utiliza en su estado crudo, es decir, sin ningún tipo de tratamiento térmico como la pasteurización. Cualquier contaminación o impureza presente durante la ordeña puede transmitirse directamente a la leche y

representar un riesgo para la salud de los consumidores. Posteriormente se transportar la leche a la quesería mediante recipientes de aluminio los cuales deben estar en perfectas condiciones para seguir manteniendo la inocuidad de la leche.

Por lo tanto, el Queso Madurado de la Sierra de tequila, Jalisco, su calidad y características distintivas dependen en gran medida del entorno de producción, el manejo del ganado y las prácticas tradicionales que forman parte del primer eslabón de la cadena productiva. Lo mismo que pasa con el queso Cotija que también es producido en la región de Jalisco

Barragán y Ovando (2015) señalan que el queso Cotija está estrechamente vinculado a su región de origen, la Sierra de Jalisco-Michoacán (Jalmich), donde la producción de leche está influenciada por factores ambientales específicos como el clima, la vegetación y los ciclos de lluvias. Este hallazgo coincide con lo observado en el análisis del queso madurado, donde las condiciones locales también juegan un papel clave en las características finales del producto.

En el primer eslabón de la CAI, la producción primaria se enfoca en el cuidado del ganado y el manejo adecuado de su alimentación, factores determinantes para obtener una leche de alta calidad. Una vez que se garantiza esta producción, el siguiente paso en la cadena es la transformación en las queserías. Aquí, la leche es sometida a procesos artesanales o industriales que le dan forma al queso, uniendo tradición y técnica para crear un producto final con sus características distintivas.

3.4.3 Segundo eslabón: Agroindustria (Queserías)

En la comunidad de El Salvador, las queserías se especializan en la producción de Queso Madurado, un producto con un fuerte arraigo cultural y altamente consumido en la región. La elaboración de este queso está íntimamente ligada a la producción primaria de leche, ya que muchos de los queseros también son ganaderos, lo que les permite controlar la calidad de la materia prima desde su origen. Esta integración entre la producción de leche y la elaboración de queso

no solo asegura un suministro constante y de alta calidad, sino que también refuerza la identidad y autenticidad del producto final.

Cada quesería posee características distintivas que realzan la singularidad de los quesos que producen. Estas diferencias pueden deberse a técnicas específicas de maduración, procesos tradicionales heredados a lo largo de generaciones, o variaciones en la alimentación del ganado, que impactan directamente en las cualidades sensoriales del queso. La elaboración del queso en esta región no solo responde a la demanda del mercado, sino también a una valorización cultural y económica: se produce para preservar tradiciones, mantener el sustento de las familias involucradas y garantizar que el queso continúe siendo un producto emblemático de la comunidad. La calidad excepcional y el sabor único de estos quesos no solo contribuyen a su popularidad y demanda local, sino que también los posicionan como un producto que simboliza el patrimonio gastronómico de la región.

Proceso general de la elaboración del Queso Madurado de la Sierra de Tequila

El Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco, sigue un proceso de elaboración específico que garantiza su calidad y sabor característicos. Este proceso, detallado en la Figura 4, se compone de varias etapas clave, cada una de las cuales contribuye a la transformación de la leche cruda en un queso madurado.

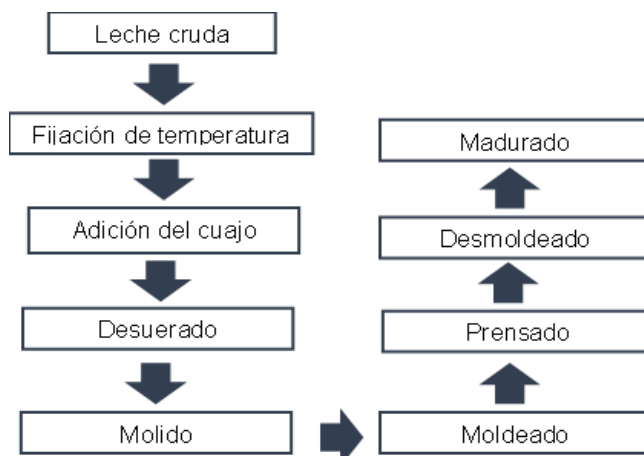


Figura 4. Diagrama de bloques de la elaboración del queso madurado de la Sierra de Tequila Jalisco. Fuente: Elaboración propia, (2024).

En la figura 4 se muestran las etapas típicas en la producción de queso madurado de la sierra de Tequila, Jalisco. Aquí tienes un resumen del proceso de elaboración del Queso Madurado en la Sierra de Tequila:

La producción de queso comienza con la recepción de la leche, materia prima crucial que llega en su estado crudo y se filtra para asegurar su calidad. A continuación, se añade cuajo (10 ml por cada 20 litros de leche), lo que desencadena la coagulación, formando la cuajada. Tras un reposo de 30 minutos, se procede al corte de la cuajada, permitiendo la liberación del suero y preparando la masa para el desuerado, que se realiza con una manta de cielo.

Posteriormente, la cuajada pasa por un segundo reposo, donde continúa eliminando suero, compactándose y ganando firmeza. En el proceso de molido, se tritura la cuajada para lograr una textura uniforme antes de ser colocada en moldes, durante el moldeado, que define la forma del queso. La cuajada moldeada se somete a prensado durante 2-3 días para eliminar el suero restante y compactar la masa. Finalmente, el queso entra en la etapa de maduración, donde las bacterias y enzimas presentes desarrollan el sabor, aroma y textura.

Si bien este proceso sigue una estructura estándar, cada quesería introduce características únicas en su método de producción, lo que hace que los quesos sean distintivos y reflejen tanto la tradición como la innovación de los productores locales. Estas diferencias, muchas veces heredadas, contribuyen a la diversidad del Queso Madurado de la Sierra de Tequila. Sin embargo, es importante destacar que cada quesería de la región tiene sus propias características y variaciones en el proceso de elaboración, lo que contribuye a la autenticidad y singularidad de los quesos producidos. Estas diferencias pueden incluir tiempos específicos de reposo, métodos de prensado, técnicas de moldeo y variaciones en los ingredientes utilizados, lo que permite que cada queso madurado de esta región tenga un sabor y textura únicos.

El Cuadro 2 expone de manera detallada las características distintivas que diferencian el proceso de elaboración en cada quesería. A través de este cuadro, es posible observar las variaciones clave en cada etapa del proceso productivo,

lo que permite comprender cómo cada quesería imprime su sello único en la elaboración de sus quesos. Estas diferencias no solo reflejan el nivel de experiencia y las decisiones técnicas adoptadas por las maestras queseras, sino también la influencia de factores como la disponibilidad de recursos, la tradición familiar, y las condiciones del mercado.

Cada quesería implementa métodos específicos en aspectos como la obtención de la materia prima, el tiempo transcurrido entre la ordeña y la elaboración del queso, las técnicas de prensado, y la duración del reposo. Estas variaciones en los procesos contribuyen significativamente a las cualidades sensoriales y a la autenticidad de los quesos, lo que realza la identidad de los productos y su conexión con las tradiciones locales. De esta manera, el Cuadro 2 no solo sirve como un registro comparativo, sino que también destaca cómo la diversidad de enfoques en la elaboración permite que cada queso madurado de la región conserve su valor cultural y artesanal.

La situación de las queserías refleja cómo la producción artesanal y familiar enfrenta desafíos para evolucionar o mantenerse en el mercado. Las queserías en expansión están buscando nuevas estrategias, como la compra de materia prima adicional y el uso de procesos mecánicos, mientras que aquellas que están estancadas dependen exclusivamente de los métodos tradicionales.

Cuadro 2. Características de las queserías analizadas en El Salvador, Tequila, Jalisco.

Quesería	Situación de la Quesería	Años elaborando queso	Obtención de materia prima	Tiempo entre ordeña-elaboración del queso (h)	Molienda del grano	Tiempo de prensado (d)	Obtención del conocimiento	Se tiene sucesor para el manejo de la quesería
1	Estancada	15	Propia	2	Manual	2	Tradición familiar	no
2	Expansión	40	Propia y compra	8-9	Mecánica	3	Tradición familiar	no
3	Expansión	12	Propia	3	Manual	2	Tradición familiar	no

Fuente: Elaboración propia con información recolectada mediante entrevistas en Tequila, Jalisco.

Cada quesería ha experimentado circunstancias únicas que han moldeado su situación actual. A pesar de que el mercado de productos lácteos está en crecimiento, la falta de producción de leche ha generado un estancamiento en su capacidad de expansión, como ocurre con la quesería 1 (Cuadro 2). Esto significa que, aunque exista una demanda creciente de queso en el mercado, la limitada disponibilidad de la leche como materia prima es un obstáculo significativo para que las queserías puedan aprovechar plenamente esta oportunidad de crecimiento. De las queserías, dos de los estudios de caso manifiestan que se encuentran en expansión por lo que tienen que asegurar el abasto de leche como materia prima, y debido a que ellos mismos la producen porque mantienen una integración vertical, deben superar este desafío. Algunas estrategias que podrían explorar son: mejorar la genética del ganado, implementar prácticas de alimentación más eficientes o establecer asociaciones con productores lácteos locales.

El tiempo que llevan elaborando queso madurado en la comunidad El Salvador varía considerablemente, de 12 hasta 40 años (Cuadro 2) influenciado en gran medida por la edad de las maestras queseras. Sin embargo, es evidente que este proceso es transmitido principalmente por un miembro de la familia, típicamente la madre, a través de generaciones. La experiencia y el conocimiento acumulados a lo largo del tiempo por estas maestras queseras influyen en la duración y la calidad del proceso del queso. Este legado familiar no solo imparte habilidades técnicas, sino que también incorpora tradiciones y técnicas artesanales únicas que dan como resultado quesos con perfiles de sabor distintivos y de alta calidad.

El proceso de elaboración del queso presenta variaciones significativas entre las queserías, principalmente en tiempo entre ordeña-elaboración del queso, molienda y tiempo de prensado (Cuadro 2), lo que resulta en la producción de quesos únicos y diferenciados. Estas diferencias son apreciadas por los consumidores, lo que ha llevado a que cada quesería tenga su propio grupo establecido de compradores. La principal diferencia que influye en el sabor y la

textura del queso radica en el lapso de tiempo entre la ordeña y el inicio del proceso de elaboración. A medida que transcurre más tiempo, la leche comienza a fermentarse por la microflora nativa de la leche, principalmente BAL, productoras de ácido láctico, lo que impacta directamente en las características finales del producto. La fermentación afecta la composición química de la leche y, en consecuencia, influye en el proceso de elaboración y maduración del queso.

Otro aspecto clave es el tipo de molienda y la duración del prensado, ya que ambas etapas del proceso tienen un impacto significativo en el desuerado del queso. El desuerado es fundamental para determinar la textura, la humedad y la firmeza del queso final. Por lo tanto, estas variables influyen en las características organolépticas del queso, como su sabor, aroma y estructura.

Finalmente, una preocupación común entre las queserías es la falta de personas dispuestas a seguir con la tradición quesera. Esta situación representa una problemática importante en la localidad de El Salvador que produce el queso madurado, ya que existe el riesgo de que de deje de producir si no hay relevo generacional, ya que existe el riesgo de que se pierda la producción de queso. La pérdida de esta tradición podría implicar la desaparición de técnicas artesanales y saberes ancestrales relacionados con la producción de queso, lo que constituiría una pérdida cultural para la región. Por lo tanto, es crucial encontrar formas de preservar y transmitir este conocimiento a las generaciones futuras para asegurar la continuidad de la producción quesera en la comunidad.

Un ejemplo es el caso del queso Cotija que resalta la atención en la preservación de técnicas tradicionales y la adaptación al entorno local, creando un vínculo entre el lugar de producción y las cualidades del producto, promoviendo la identidad geográfica y cultural de sus productos

La elaboración tradicional del queso es fundamental para garantizar la calidad del producto final. La leche, como materia prima, define en gran medida las características del queso, ya que su composición (proteínas, grasas, minerales, y microorganismos) influye directamente en el proceso de coagulación, fermentación y maduración.

Por lo observado en el lugar de estudio se puede decir que el tipo de relación que predomina es de tipo económica con una integración vertical en la cadena agroindustrial lo que implica un manejo en la producción primaria de leche hasta la elaboración y comercialización del queso.

La integración vertical crea una relación económica sólida y eficiente entre los eslabones de la cadena productiva, fortaleciendo la competitividad y garantizando un producto final de mayor calidad. En este contexto, la relación entre el segundo eslabón, la elaboración del queso, y el tercer eslabón, la distribución y comercialización, es igualmente crucial para asegurar el éxito en el mercado.

Una vez que el queso ha sido producido, su correcto manejo en términos de maduración, empaque y conservación es esencial para mantener sus características de calidad hasta llegar al consumidor final. Los productores de queso deben coordinarse con distribuidores y comercializadores para asegurar que el queso llegue a los puntos de venta en condiciones óptimas.

3.4.4 Tercer eslabón: Distribuidores/comercializadores

La distribución de quesos por parte de los propios queseros puede implicar varios enfoques y estrategias, especialmente en un contexto donde la tradición quesera es importante y las queserías son de menor escala. Las queserías de la comunidad de El Salvador optan por vender sus productos directamente en la comunidad donde se encuentran ubicadas. Esto incluye la venta en tiendas de abarrotes y en la misma quesería.

Aunque Tequila, Jalisco, es un área con potencial para el turismo gastronómico, las queserías locales enfrentan desafíos para aprovechar esta oportunidad debido a su lejanía con la comunidad central de Tequila. Esto dificulta la participación directa en las actividades turísticas y la promoción de sus productos ante los visitantes. Sin embargo, las queserías aún pueden buscar alternativas para beneficiarse del turismo gastronómico, como asociarse con otros establecimientos turísticos cercanos para ofrecer sus productos, promover la visita a través de plataformas en línea y redes sociales, o incluso establecer

puntos de venta estratégicos en áreas turísticas con alta afluencia de visitantes. La distribución de quesos por parte de los mismos queseros puede ser diversa y flexible, adaptándose a las necesidades y características específicas de cada quesería y su entorno.

En el Cuadro 3 se presentan varias características relacionadas con la distribución del Queso Madurado por parte de las queserías estudiadas en la comunidad de El Salvador en Tequila, Jalisco.

Cuadro 3. Característica de las queserías de El Salvado en relación con la distribución del Queso Madurado.

Quesería	Punto de venta	Canal de distribución	Como establece el precio	Precio por Kg
1	Tienda de abarrotes	Detalle	Costo de producción	\$ 250
2	Quesería Tienda de abarrotes	Detalle	Con base al mercado	\$ 280
3	Quesería Quesería	Detalle	Con base al mercado	\$ 250

Fuente: Elaboración propia con información recolectada mediante entrevistas en Tequila, Jalisco.

Los principales lugares de venta de los quesos son puntos de venta específicos, como tiendas de abarrotes, el mercado local y en las queserías donde se elaboran los quesos. Esto se debe a la baja producción de queso, lo que limita la disponibilidad y la necesidad de establecer canales de distribución a detalle para llegar a los consumidores. El precio de los quesos generalmente se establece en función de las tendencias del mercado, sin embargo, puede variar dependiendo de factores como la demanda, la temporada y la disponibilidad de materias primas. Esta variabilidad en el precio refleja la naturaleza dinámica del mercado y la capacidad de adaptación de las queserías para mantener su competitividad y rentabilidad en un entorno cambiante. La distribución y fijación de precios de los quesos en estas queserías reflejan la necesidad de ajustarse a las

condiciones del mercado local y regional, así como la importancia de la flexibilidad y la innovación en la gestión de negocios en la industria quesera.

El eslabón terciario depende de una comercialización inteligente que no solo promueve la calidad del producto, sino también su conexión cultural y geográfica, como lo hace el queso Cotija que se distingue por su proceso de maduración prolongado y su sabor fuerte, lo que lo posiciona en un nicho específico de consumidores que buscan productos con cualidades únicas (Barragán & Ovando, 2015). Los quesos artesanales pueden emular este enfoque al identificar y promover las características distintivas de sus productos, como el tipo de leche, las técnicas de producción o el perfil de sabor, para destacar en el mercado competitivo.

3.4.5 Entorno

El entorno de la cadena agroindustrial del QMSTJ afecta de diversas formas a los eslabones de la cadena. Uno de los factores que influye fuertemente, es la Cadena Agroindustrial del Tequila, debido a la ubicación donde se encuentra la cadena del QMSTJ, El tequila es una bebida icónica y altamente demandada a nivel nacional e internacional. Su producción está regulada por la denominación de origen y se concentra principalmente en el estado de Jalisco, donde se encuentra la región de Tequila. Las ganancias generadas por la venta del cultivo del agave pueden superar significativamente las obtenidas a través de la producción lechera-quesera. Esto motiva a los productores de leche (ganaderos) y/o productores de queso, a optar por el cultivo de agave, como una actividad primaria más redituable a pesar de ser una recuperación a un plazo de 5 años, que es el tiempo que debe esperar el agave en campo para cosechar las piñas y llevarlas a la agroindustria tequilera

La producción lechera implica un gasto continuo en alimentación, cuidado del ganado y actividades de ordeño. Aunque los retornos pueden ser más graduales y sostenidos en comparación con el cultivo del agave, no son tan rápidos. Esto se debe a que el proceso de desarrollo y maduración del ganado, así como la producción láctea, requieren tiempo y constancia para alcanzar niveles óptimos

de rendimiento. Aunque los beneficios financieros pueden ser más lentos en llegar, la producción lechera ofrece una fuente de ingresos estable a largo plazo, así como la posibilidad de diversificar los ingresos en la agricultura.

La expansión de la producción de agave tequilero ha generado una competencia directa por los recursos naturales y las tierras de pastoreo, lo que ha impactado tanto en la cantidad como en la calidad de la producción de quesos en la región, incluyendo el queso Cotija, el queso adobera y el queso madurado.

El gobierno de Jalisco puede tener un impacto significativo en la producción de queso a través de políticas, regulaciones y programas de apoyo. Estas acciones pueden influir en aspectos como la calidad, la seguridad alimentaria, la competitividad y el desarrollo sostenible de la industria quesera en la región.

Organismos reguladores y servicio de apoyo

En el contexto de la producción de leche y queso, es fundamental considerar la regulación y el apoyo institucional. La SENASICA, SADER Y ASICA desempeñan un papel crucial como reguladores en la producción de leche y queso. Estas instituciones establecen normativas, promueven buenas prácticas y monitorean la calidad y seguridad de los productos lácteos. Jalisco, como uno de los principales productores de leche, se enfrenta a la necesidad de garantizar la inocuidad y el cuidado del ganado en sus granjas lecheras. A pesar de la lejanía de la comunidad de El Salvador, llegan organismos reguladores que supervisan y controlan las prácticas ganaderas para asegurar el cumplimiento de estándares de calidad y bienestar animal. Este control es crucial para mantener la salud del ganado, la seguridad alimentaria y la calidad de los productos lácteos, contribuyendo así al éxito y la reputación de la industria láctea de Jalisco.

SADER (Secretaría de Agricultura, y Desarrollo Rural) y FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) son fundamentales para respaldar a los productores, pero en El Salvador no se ejecutan adecuadamente sus programas de apoyo.

La regulación y el respaldo institucional son fundamentales para garantizar la calidad, la seguridad y la sostenibilidad en la producción de leche y queso. Sin embargo, los productores de la comunidad de El Salvador enfrentan desafíos debido a la falta de apoyo por parte de estas instituciones. La presencia limitada de estas entidades en la cadena de producción dificulta la implementación de prácticas óptimas y el cumplimiento de estándares de calidad. Como resultado, los productores pueden experimentar dificultades para mejorar sus procesos y competir en el mercado de manera efectiva. Para promover el desarrollo sostenible de la industria láctea en la región, es crucial que las instituciones brinden un apoyo más activo y efectivo a los productores, facilitando el acceso a recursos, capacitación y asistencia técnica. Esto permitirá fortalecer la cadena de valor y fomentar un crecimiento más equitativo y próspero en el sector lácteo de El Salvador.

En la Sierra de Tequila, Jalisco, la producción del Queso Madurado es una tradición profundamente arraigada, con más de 60 años de herencia cultural transmitida de generación en generación. Este proceso sigue una cadena agroindustrial bien organizada, que abarca desde la producción de leche hasta la venta del queso final, y emplea una integración vertical que reúne a diversos actores locales. La singular geografía, el clima y la flora de la región aportan características distintivas a la leche, que se reflejan en el perfil único del queso. Así, el Queso Madurado representa no solo la identidad y el patrimonio de la Sierra de Tequila, sino que también impulsa la economía local y es testimonio de la dedicación de su comunidad productora.

3.5 Conclusiones

En conclusión, se ha logrado cumplir el objetivo de comprender cómo los actores sociales se organizan en el territorio de la Sierra de Tequila, Jalisco, para producir, comercializar y consumir el Queso Madurado. Este estudio permitió analizar la estructura de la cadena agroindustrial del queso, destacando la integración vertical que vincula a productores, procesadores y distribuidores locales. Además, se identificó cómo las prácticas tradicionales, transmitidas de

generación en generación, junto con las características ambientales de la región, influyen en la calidad y singularidad del producto. Este queso, más que un alimento, es una expresión de la organización y cooperación de la comunidad, y simboliza el compromiso y la identidad cultural de quienes lo producen y consumen.

La información recopilada ha permitido comprender la estructura y dinámica de la cadena agroindustrial del queso madurado. Desde la producción de leche hasta la comercialización del queso final, se observa un enfoque vertical que involucra a múltiples actores.

La elaboración del queso madurado en esta región se basa en saberes transmitidos de generación en generación. Las técnicas han sido cuidadosamente preservadas y enseñadas de padres a hijos.

La producción del Queso Madurado está estrechamente vinculada al territorio. La geografía, el clima y la flora de la Sierra de Tequila influyen directamente en la calidad de la leche y, por ende, en el queso madurado. Estas condiciones naturales, junto con las prácticas tradicionales, contribuyen a crear un producto único que es una auténtica expresión de la identidad local.

3.6 Recomendación

Debido al potencial observado, se recomienda continuar con el estudio del Queso Madurado en la Sierra de Tequila, Jalisco, con un enfoque en el Sistema Agroindustrial Localizado (SIAL). Este enfoque permitirá un mayor crecimiento y una mejor organización entre todos los eslabones de la cadena de producción. Además, fomentará una relación más sólida con los actores complementarios del sistema, optimizando la red de colaboración.

El Sistema Agroindustrial Localizado es un concepto que busca integrar a los diversos actores de una cadena productiva en una región específica, potenciando las sinergias y aprovechando las ventajas competitivas locales.

El enfoque en el Sistema Agroindustrial Localizado para el Queso Madurado en la Sierra de Tequila, Jalisco, no solo tiene el potencial de mejorar la competitividad

y eficiencia de la cadena productiva, sino también de generar un impacto positivo en el desarrollo regional y la sostenibilidad del sector

3.7 Literatura citada

- Barragán López, E., & Ovando Flores, P. H. (2015). *Gestión cultural de un producto artesanal: Queso Cotija, región de origen*. Ponencia presentada en el Segundo Encuentro Nacional de Gestión Cultural, San Pedro Tlaquepaque, Jalisco, México, 15-17 de octubre.
- FIRA. (2014). *Portal FIRA*. <https://www.fira.gob.mx/Nd/index.jsp> [Consultado: 05 de abril de 2024].
- Mena, J. (2022). El valor de los quesos artesanales en México. *Forummexico*. <https://www.forummexico.mx/gourmet/el-valor-de-los-quesos-artesanales-en-m%C3%A9xico/>
- Montel, M. C., Solange, B., Mallet, A., Paus, D. C., Vuitton, A. D., Desmasure, N., & Berthier, F. (2014). Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal of Food Microbiology*, 177, 136–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019>
- Porter, M. (2002). *Estrategia competitiva: Técnicas de análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Editorial Continental.
- SADER. (2020). Crece la producción de leche en México: SADER. <https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-leche-en-mexico-sagarpa-158944?idiom=es> [Consultado: 05 de abril de 2024].
- Unión Ganadera Regional de Jalisco. (2024). *UGRJ – Producción*. https://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=138&Itemid=228 [Consultado: 05 de abril de 2024].
- Villegas de Gante, A., & Cervantes Escoto, F. (2011). La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos. **Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 19 (38), 146–164.
- Villegas de Gante, A., Flores Girón, E., Martín Márquez Roa, L., Rodríguez Peralta, D. M., & Sandoval Castilla, O. (2021). *La agroindustria alimentaria: Un enfoque sistémico* (1ª ed.). Colegio de Postgraduados.

4. QUESO MADURADO DE LA SIERRA DE TEQUILA, JALISCO: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, TEXTURAL Y SENSORIAL

Lozada-Vallejo, E.¹, Hernández- Rodríguez B. E.², Sandoval-Castilla O.³,
Lobato-Calleros C.S.O.⁴

4.1 Resumen

Hoy en día encontramos una variedad de productos lácteos en el mercado, algunos de los cuales se hacen pasar por quesos, pero carecen de genuinidad y tipicidad. El estudio tuvo como objetivo la caracterización fisicoquímica, microbiológica, textural y sensorial del queso madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco para conocer parte de su tipicidad. Se llevaron a cabo análisis de composición química proximal (humedad, proteínas, grasa y cenizas), análisis microbiológicos; evaluaciones de textura; y análisis sensorial. Estos estudios se aplicaron a muestras de queso provenientes de tres queserías, en dos temporadas distintas: lluvias (enero de 2024) y sequía (abril de 2024). Se encontraron diferencias en los contenidos de extracto etéreo, carbohidratos y humedad, influenciadas por la estacionalidad. Los recuentos de coliformes, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras fueron mayores en la temporada de lluvias, mientras que las bacterias mesófilas no mostraron diferencia significativa. En cuanto a la textura, la temporada de sequía produjo quesos más duros. El análisis sensorial destacó la maduración como un factor clave en el desarrollo del sabor. Aunque las normativas requieren el uso de leche pasteurizada, los quesos elaborados con leche cruda sobresalen por su perfil sensorial superior, caracterizado por una mayor complejidad de aromas y sabores. Su bajo contenido de humedad favorece su conservación mientras que las bajas cuentas de bacterias mesófilas y patógenos sugieren prácticas higiénicas adecuadas durante la producción. Además, la estacionalidad y la dieta de las vacas impactan directamente en la textura y perfil sensorial del queso, resaltando la complejidad y los retos en la producción de quesos artesanales de alta calidad.

Palabras clave: queso, artesanal, microorganismos, maduración

Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo

¹Autora: Esmeralda Griselda Lozada Vallejo

²Directora: Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez, Dra.

³Co-Directora: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

⁴Asesora: Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros, Dra.

MATURED CHEESE FROM THE SIERRA DE TEQUILA, JALISCO: CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, TEXTURAL, AND SENSORY CHARACTERIZATION.

Abstract

Nowadays, we find a variety of dairy products on the market, some of which masquerade as cheeses, lacking authenticity and true typical characteristics. The study aimed to characterize the physicochemical, microbiological, textural, and sensory properties of matured cheese from the Sierra de Tequila, Jalisco, to understand its typical characteristics. Proximate chemical composition analyses (moisture, proteins, fat, and ash), microbiological analyses, texture evaluations, and sensory analyses were carried out. These studies were applied to cheese samples from three cheese dairies in two different seasons: rainy season (January 2024) and dry season (April 2024). Differences were found in the contents of ether extract, carbohydrates, and moisture, influenced by seasonality. The counts of coliforms, lactic acid bacteria, molds, and yeasts were higher in the rainy season, while mesophilic bacteria showed no significant difference. In terms of texture, the dry season produced harder cheeses. The sensory analysis highlighted maturation as a key factor in flavor development. Although regulations require the use of pasteurized milk, cheeses made from raw milk are distinguish for their superior sensory profile, characterized by greater complexity of aromas and flavors. Their low moisture content favors their conservation, while low counts of mesophilic bacteria and pathogens suggest adequate hygienic practices during production. Additionally, seasonality and diet, directly impact the texture and sensory profile of the cheese, highlighting the complexity and challenges in producing high-quality artisanal cheeses.

Keywords: cheese, artisanal, microorganisms, maturation

Thesis of Master Science, Program of Agro-Food Science and Technology, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Esmeralda Griselda Lozada Vallejo

Director: Blanca Elizabeth Hernández Rodríguez, Dra.

Co-Director: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

Advisor: Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros, Dra.

4.2 Introducción

Las queserías artesanales a menudo se consideran de poca importancia debido a su baja producción, limitaciones en la comercialización, desinterés por parte de las autoridades del sector agropecuario y la falta de valoración de los lácteos artesanales por parte de los consumidores. Esta situación ha impedido que se reconozca su potencial económico y social, amenazando su permanencia en el mercado (Barkin, 2001; Solís et al., 2009).

Los procesos tecnológicos utilizados en la elaboración de quesos artesanales se basan principalmente en metodologías empíricas, las cuales, aunque funcionales, han generado una actividad económica significativa en zonas rurales del país. Sin embargo, no existe una metodología estandarizada entre los artesanos queseros, y frecuentemente falta una adecuada higiene en el manejo de la leche y sus derivados. Como resultado, la calidad sanitaria de la leche utilizada en la elaboración de quesos puede ser deficiente (Márquez y García, 2007).

Comprender las propiedades químicas, texturales y sensoriales de los quesos es fundamental para mejorar las técnicas de producción y la calidad del producto (Camargo, et al., 2021). La composición química del queso, incluyendo el contenido de grasa, proteínas y humedad, influye directamente en su sabor, textura y vida útil. Analizar y ajustar estos componentes puede mejorar significativamente el sabor y la textura del queso (Massoud et al., 2023).

La textura del queso es un factor crucial en la percepción sensorial y la aceptación del consumidor. Las técnicas de producción pueden ser ajustadas para modificar la firmeza y elasticidad del queso, lo que puede influir en su atractivo sensorial (Foegeding & Drake, 2007). El sabor, aroma y apariencia del queso son críticos para su aceptación en el mercado. Comprender cómo los microorganismos y los procesos de maduración afectan estas propiedades puede llevar a la producción de quesos con perfiles sensoriales únicos y deseables (Moller et al., 2013).

Además, la caracterización de los quesos artesanales en términos de sus propiedades químicas, texturales y sensoriales permite a los productores

identificar áreas de mejora y desarrollar productos de mayor calidad. Esto puede incrementar su competitividad en el mercado y promover un mayor reconocimiento y valorización de los quesos artesanales por parte de los consumidores.

La caracterización de los quesos artesanales es fundamental para preservar las técnicas tradicionales de elaboración de queso, que a menudo se transmiten de generación en generación. Estas técnicas son parte del patrimonio cultural y territorial de una región y reflejan la historia y la identidad de sus comunidades.

Al caracterizar y valorizar los quesos artesanales, se promueve la conservación de métodos únicos y se destaca la importancia de la biodiversidad local, tanto en términos de las variedades de leche utilizadas como de las prácticas agrícolas sostenibles. Esto no solo ayuda a mantener vivas las tradiciones, sino que también puede ofrecer una ventaja competitiva en el mercado, ya que los consumidores están cada vez más interesados en productos con identidad cultural y con historias auténticas detrás (Kamimura, et al., 2019).

La mejora de las prácticas de producción y la estandarización de los procesos, junto con una mayor atención a la higiene y la calidad sanitaria, son esenciales para fortalecer el sector de las queserías artesanales. Esto no solo beneficiará a los productores y sus comunidades, sino que también ofrecerá a los consumidores productos de alta calidad, con características únicas y auténticas, que reflejan el patrimonio cultural y gastronómico de las regiones donde se producen.

El objetivo del presente estudio es describir las características del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, ubicado en el estado de Jalisco, en términos de la región de origen, proceso de manufactura, insumos utilizados, así como propiedades químicas, microbiológicas, texturales y sensoriales. Además, se evaluarán estas características en distintas épocas del año, comparando las condiciones entre la temporada de lluvias y sequía.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1 Material experimental

Se obtuvieron las muestras de Queso Madurado en tres queserías situadas en la comunidad de El Salvador, en Tequila, Jalisco, durante la temporada de lluvias (enero 2024) y la temporada de estiaje (abril 2024). Se recolectaron por cada quesería dos piezas de 1 kg, con 30 días de maduración a temperatura ambiente. Las muestras se transportaron en condiciones de refrigeración (4 ± 0.5 °C) para su posterior análisis en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

4.3.2 Análisis químico proximal

Se analizaron las muestras recolectadas durante las temporadas de lluvias y estiaje para determinar el contenido de humedad, proteína y cenizas, siguiendo las metodologías de la Standard Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019). El contenido de grasa se evaluó utilizando el método Van Gulik, de acuerdo con la norma ISO 3433:2008. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.3.3 Análisis de perfil de textura (APT)

El análisis de textura se realizó en el laboratorio de evaluación sensorial del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. La metodología se basó en los estudios de Alinovi y Mucchetti (2020) y Sandoval-Copado et al. (2016). Las mediciones se realizaron a temperatura ambiente (24 ± 0.5 °C) utilizando una prueba de doble compresión en un analizador de textura (Stable Micro Systems-XT2i).

Se cortaron muestras representativas de cada queso en cilindros de 2.5 cm de diámetro y 1 cm de altura. Los parámetros de prueba incluyeron una velocidad de 2 mm/s al 30 % de deformación y un tiempo de recuperación de 5 s, empleando una sonda cilíndrica de acero inoxidable con un diámetro de 50 mm. Se evaluaron los parámetros de dureza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad. Cada medición se realizó por sextuplicado a los 30 días de maduración, tanto en la temporada de lluvias como en la de estiaje.

Los datos de la doble compresión permitieron obtener curvas de fuerza/tiempo (Figura 1), a partir de las cuales se calcularon los parámetros del APT como: la dureza que es el pico de fuerza (F) del área uno ($A1$) de la primera compresión. La cohesividad definida como la propiedad que le permite al queso permanecer unido después de una primera compresión y se calcula como el cociente del área dos entre el área uno ($A2/A1$). La elasticidad se refiere a la habilidad del queso para retornar a su altura original después de una primera compresión y se calcula dividiendo la distancias entre la uno ($D2/D1$). Finalmente, la masticabilidad se refiere al trabajo necesario para realizar una doble compresión y corresponde al producto de $F * (A2/A1) * (D2/D1)$ (Rahman et al., 2021).

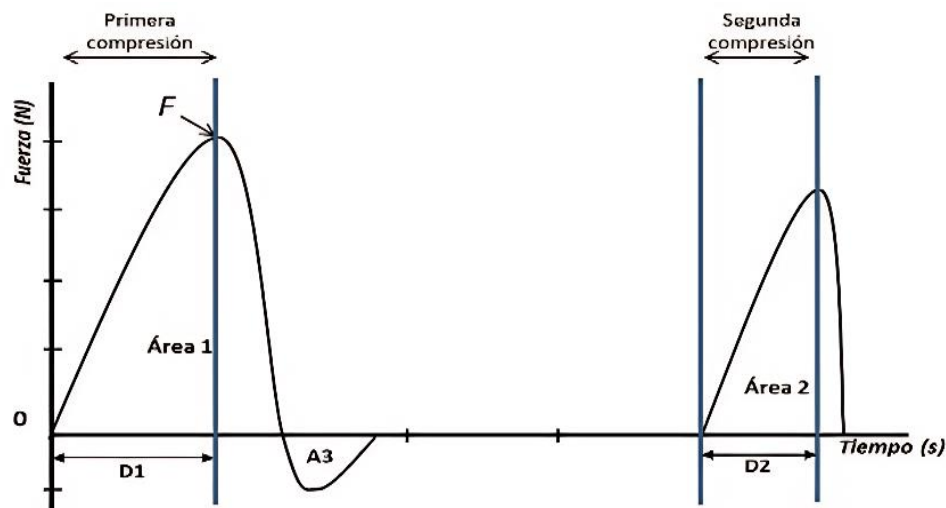


Figura 5. Curva de análisis de perfil de textura (APT). Modificado de Rahman et al. (2021).

4.3.4 Análisis microbiológico

Las determinaciones microbiológicas se realizaron durante las temporadas de lluvias y sequía en el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo.

Para evaluar las características microbiológicas de los quesos, se esterilizó el material y se prepararon las diluciones conforme a la NOM-110-SSA1-1994. Se efectuaron las diluciones pertinentes. Las siembras de los grupos de microorganismos (mesófilos aerobios totales, coliformes totales, bacterias ácido-lácticas, hongos y levaduras) se realizó por triplicado para cada quesería, en cajas Petri desechables.

Para Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) Coliformes Totales (CT) y Bacterias Acido Lácticas (BAL), las muestras se incubaron a 37 °C en una estufa de cultivo (RossCha, México) y se realizaron las lecturas entre las 24 y 36 h. Para hongos y levaduras, las muestras se incubaron a 28 °C y se efectuaron las lecturas entre los 5 y 7 días. Los resultados se expresaron $\log_{10} ufc. g^{-1}$.

4.3.5. Análisis sensorial mediante Perfil Flash

Para describir los atributos del Queso Madurado, se reunió a 16 panelistas habituales consumidores de este queso en la comunidad de El Salvador, en Tequila, Jalisco. Los panelistas, cuyas edades oscilaron entre 12 y 60 años, realizaron la evaluación de atributos sensoriales utilizando la metodología de Perfil Flash (Dairou & Sieffermann, 2002). Las muestras de queso, mantenidas a condiciones ambientales (28 ± 1 °C), se cortaron en piezas prismática de 1 cm de largo, 1 cm de ancho y 0.5 cm de espesor. Posteriormente, las muestras fueron codificadas y presentadas aleatoriamente para su evaluación (Ramírez-Rivera et al., 2017).

4.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos del análisis químico proximal, análisis microbiológico y análisis de perfil de textura se analizaron utilizando un diseño completamente al azar con arreglo en parcela dividida. La parcela mayor correspondió a la época del año y la parcela menor a la quesería (Ott & Longnecker, 2016). Adicionalmente, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para contrastar la diferencia entre la interacción temporada-quesería. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa RStudio®, versión 2024.04.1+748.

Los datos generados a partir de las tres repeticiones de cada panelista en el Perfil Flash se analizaron individualmente para cada panelista, empleando un diseño completamente al azar para evaluar la capacidad discriminativa ($p \leq 0.05$) de cada uno y comprender cómo evaluaban cada atributo. El análisis estadístico individual de cada panelista también se realizó utilizando RStudio®, versión 2024.04.1+748 (Bredie et al., 2018).

Posteriormente, se aplicó el Análisis Procrusteano Generalizado (APG) a los atributos significativos en la mayoría de los panelistas, utilizando el programa XLSTAT, versión 2019 (Addinsoft, 2017).

4.5 Resultados y discusión

4.5.1 Análisis químico proximal

En la Figura 6 se presentan los resultados del análisis proximal realizado a las muestras de Queso Madurado, colectado en dos temporadas: lluvias y estiaje.

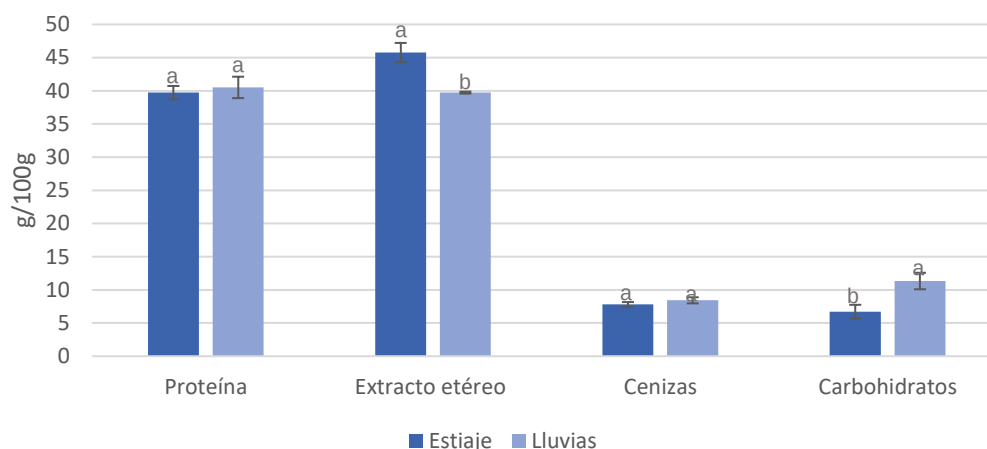


Figura 6. Resultados del análisis químico proximal expresados en base seca con relación a las temporadas del año. Letras diferentes (a y b), exhiben diferencias estadísticamente significativas entre temporadas ($p \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados (Fig. 6), no se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de proteína entre temporadas, lo que resulta inesperado, dado que, según estudios previos con otros tipos de quesos, la proteína debería ser más elevada en la temporada de estiaje, debido a que la alimentación del ganado lechero está basada en concentrados (Chamberlain y Wilkinson, 2002). Cabe mencionar, que este resultado podría estar influenciado por factores específicos de la región, por ejemplo, el clima o la altura, las prácticas de manejo del ganado que afecta la composición de la leche y por ende la del queso. Tampoco se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de cenizas en cuanto a la temporada, sin embargo, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de extracto etéreo y carbohidratos. Peláez et al. (2003) señalan que la estacionalidad influye notablemente en el contenido de extracto

seco (proteína y grasa) de los quesos y con este análisis se reafirma que la temporada de producción afecta la composición del queso madurado, debido al cambio de alimentación que recibe el ganado y por ende, en la diferente composición nutrimental de la leche Lo anterior, se confirma con las entrevistas realizadas a los productores ganaderos, quienes mencionan que durante la temporada de estiaje los animales son alimentados con forrajes ensilados y concentrados, mientras que en épocas de lluvias el ganado se alimenta mediante pastoreo.

Los resultados (Fig. 7) muestran una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de humedad de los Quesos Madurados correspondientes a diferentes temporadas de producción, observando un mayor contenido en los quesos de la temporada de lluvias. Por lo anterior, se comprueba que la estacionalidad afecta el contenido de humedad en el queso y, por ende, hay una diferencia en la concentración de los sólidos.

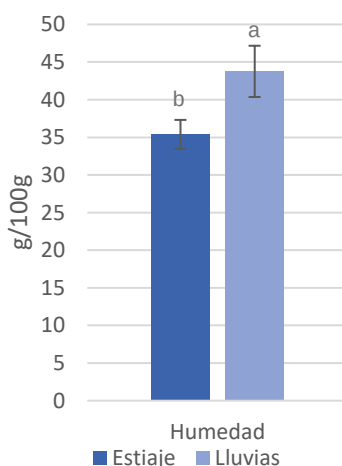


Figura 7. Porcentaje de humedad con relación a las temporadas del año. Letras diferentes (a y b), exhiben diferencias estadísticamente significativas entre temporadas ($p \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia, (2024).

En el Cuadro 4 se presentan los resultados del análisis proximal realizado a los Quesos Madurados de tres queserías ubicadas en la comunidad de El Salvador en Tequila, Jalisco. Este análisis se llevó a cabo durante las temporadas de lluvias y de estiaje, evaluándose los siguientes componentes en el queso: proteína, cenizas, extracto etéreo y carbohidratos.

Cuadro 4. Resultados del análisis químico proximal de quesos evaluados durante dos temporadas del año.

Temporada	Quesería	Proteína	Extracto etéreo	Cenizas**	Carbohidratos	Humedad*
			g/ 100 g queso bs			g / 100 g queso bh
Sequía	1	39.12 ± 1.13 ^{bc}	45.92 ± 0.96 ^{ab}	7.77 ± 0.65 ^a	7.19 ± 1.62 ^c	33.58 ± 0.57 ^d
	2	39.16 ± 1.86 ^{bc}	47.13 ± 0.89 ^a	8.17 ± 0.54 ^a	5.54 ± 0.72 ^c	33.40 ± 0.15 ^c
	3	40.88 ± 1.13 ^{ab}	44.24 ± 0.68 ^b	7.45 ± 0.74 ^a	7.43 ± 0.93 ^c	35.21 ± 0.60 ^{cd}
Lluvias	1	42.02 ± 0.80 ^a	39.64 ± 0.72 ^c	8.21 ± 0.44 ^a	10.12 ± 0.99 ^b	45.95 ± 0.64 ^a
	2	38.81 ± 0.89 ^c	39.64 ± 1.34 ^c	8.95 ± 0.32 ^a	12.60 ± 2.12 ^{ab}	39.84 ± 0.58 ^b
	3	40.70 ± 0.65 ^{ab}	39.90 ± 0.61 ^c	8.11 ± 0.81 ^a	11.28 ± 0.56 ^a	45.50 ± 0.74 ^a

Medias en columnas con letras diferentes (a, b, c, d, e y f) son estadísticamente significativas en la interacción temporada-quesería ($p \leq 0.05$)

Los sólidos totales los componen: proteína, extracto etéreo, cenizas y carbohidratos, en base seca, representando el 100 %.

*Realizado por método de secado en estufa

**Determinando por calcinación de muestras

Fuente: Elaboración propia.

Se observó que los quesos madurados producidos durante la temporada de lluvias en las queserías 1 y 3, presentaron un contenido significativamente mayor de humedad ($p \leq 0.05$). Este aumento en la humedad está relacionado con un menor tiempo de prensado, empleado en ambas queserías como se menciona en el capítulo anterior (Cuadro 2). Al reducir el tiempo de prensado, se elimina menor volumen de suero, lo que resulta en un mayor contenido de humedad en los quesos. Esta diferencia en los procedimientos de prensado explica las variaciones observadas entre las queserías. El contenido de proteína fue mayor en la quesería 1 durante la temporada de lluvias, lo cual podría estar vinculado a variaciones en la alimentación del ganado, que afecta directamente la composición de la leche utilizada. Por su parte, el contenido de extracto etéreo fue mayor en las tres queserías durante la temporada de estiaje, lo que puede relacionarse con un mayor contenido de sólidos totales en la leche. En contraste, el aumento en el contenido de carbohidratos durante la temporada de lluvias podría atribuirse a variaciones en la composición de la leche, influenciadas por la dieta estacional del ganado, o a modificaciones en la actividad fermentativa debido a condiciones ambientales y microbiológicas específicas de esa temporada (Garmendia, 2019).

En cuanto al contenido de cenizas, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre queserías y temporadas, lo que sugiere que los minerales presentes en los quesos, relacionados con el contenido de cenizas, no fueron influenciados por las variaciones estacionales ni por los procesos de las diferentes queserías. Esto podría deberse a que los minerales en la leche tienen una composición relativamente estable a lo largo del año, independientemente de los cambios en la dieta del ganado o las condiciones climáticas. Además, el queso madurado es elaborado con leche cruda sin la adición alguna fuente de calcio lo que da mayor estabilidad al contenido de cenizas, esto se debe a que la leche natural ya contiene minerales esenciales como calcio y fósforo, que se incorporan durante el proceso de coagulación y maduración del queso (Rosado-Zarrabal, et al., 2013).

De acuerdo con los datos obtenidos, el queso analizado puede clasificarse como un queso prensado y madurado, cuyas características lo hacen similar al queso tipo manchego y al queso Chapingo. Esta clasificación se basa en sus contenidos de humedad, proteína, grasa y cenizas, que son características típicas de los quesos prensados. Además, al ser un queso madurado se asemeja a los quesos mencionados, los cuales también comparten una consistencia firme y tajable, así como el perfil de sabor que se desarrolla con el tiempo.

Es importante destacar que, durante la maduración, este tipo de queso forma una costra con menor contenido de humedad en comparación con el centro de la pieza. Esta diferenciación en la humedad a través de la pieza influye en la textura y el comportamiento sensorial del queso (Torres-Salas, et al. 2023).

La composición del queso, en términos de proteínas, humedad y extracto etéreo, influye directamente en sus características de textura. Esto se debe a las interacciones específicas que se forman entre estos componentes, las cuales determinan la estructura y consistencia del producto final. La matriz proteica se estructura durante la maduración, creando una red que atrapa tanto la humedad como la grasa. El grado de estructuración de esta matriz proteica y las "interrupciones" o espacios donde se retienen la humedad y la grasa son fundamentales para definir la textura final del queso, haciendo que sea más o menos firme, elástico o desmoronable según la proporción y disposición de estos componentes.

4.5.2 Análisis de Perfil de Textura

Las propiedades texturales del queso son el resultado de una compleja interacción entre los componentes de la leche, el estado de la matriz proteica y diversos factores de producción (Hernández-Morales et al., 2010; Tunick et al., 2007).

En el cuadro 5 se muestran los resultados del análisis textural de los quesos madurados de tres queserías en dos temporadas (estiaje y lluvias).

Cuadro 5. Resultados del análisis textural de quesos evaluados durante dos temporadas del año.

Temporada	Quesería	Dureza (N)	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad (N)
Estiaje	1	8.05 ± 0.89 ^c	0.87 ± 0.03 ^a	0.75 ± 0.03 ^a	5.24 ± 0.54 ^b
	2	14.64 ± 0.75 ^c	0.83 ± 0.03 ^a	0.68 ± 0.02 ^a	8.21 ± 0.58 ^a
	3	8.68 ± 0.59 ^{bc}	0.80 ± 0.03 ^a	0.67 ± 0.06 ^a	4.59 ± 0.34 ^b
Lluvias	1	10.72 ± 0.94 ^b	0.72 ± 0.05 ^a	0.72 ± 0.05 ^a	5.49 ± 0.64 ^b
	2	10.52 ± 1.01 ^b	0.69 ± 0.03 ^a	0.69 ± 0.03 ^a	5.05 ± 0.51 ^b
	3	7.75 ± 0.32 ^c	0.73 ± 0.01 ^a	0.79 ± 0.03 ^a	4.52 ± 0.36 ^b

Medias en columnas con letras diferentes (a, b, c, d, e y f) son estadísticamente significativas en la interacción temporada-quesería ($p \leq 0.5$). Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que la dureza y la masticabilidad (Cuadro 5) muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las queserías en la temporada de estiaje. Según Fox et al. (2017), estas propiedades pueden atribuirse a variaciones en la composición de la leche, las cuales dependen de la alimentación de los animales, que a su vez varía entre temporadas (lluvias y estiaje). La mayor dureza y masticabilidad en la quesería 2 podría estar relacionada con una menor proporción de humedad y grasa en la leche, así como con tiempos más prolongados de prensado. Durante la temporada de lluvias, se observan diferencias significativas en la dureza del queso ($p \leq 0.05$), siendo la quesería 3 la que presenta un menor valor en comparación con las otras dos queserías. Esto sugiere que las condiciones ambientales, como el aumento de humedad en esta temporada, pueden haber favorecido la retención de agua en el queso, haciéndolo más blando y menos resistente al corte.

Los resultados de elasticidad y cohesividad (Cuadro 5) no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) ni entre temporadas, ni entre queserías. Esta estabilidad se atribuye a que los quesos se sometieron a un mismo periodo de maduración, lo cual explica la ausencia de variaciones en estos parámetros. Esto se relaciona con otros estudios, como el análisis al queso Chapingo, donde a mayor grado de maduración, menor es la elasticidad y mayor la cohesividad (Osorio, 2015).

Previamente mencionamos que, por su composición, el queso madurado es similar al queso Chapingo, lo cual puede corroborarse con los resultados de

textura. En el estudio realizado por Osorio (2015) sobre el queso Chapingo, se reporta que la dureza de este queso oscila entre 6.43 y 7.71 N, mientras que en el queso madurado varía de 7.75 a 14.64 N, a los mismos tiempos de maduración. En cuanto a elasticidad, el queso Chapingo varía entre 0.71 y 0.73, y el queso madurado entre 0.69 y 0.87. Respecto a la cohesividad, el queso Chapingo presenta valores de 0.69 a 0.68, y el queso madurado de 0.68 a 0.79, lo que refleja una similitud en los intervalos de textura de ambos quesos.

Estos resultados de textura son fundamentales, para la aceptación del queso. Su análisis permitirá ajustar los procesos de producción con el fin de lograr características distintivas de elasticidad y consistencia. Asimismo, este estudio facilita la comprensión del impacto de las técnicas de elaboración y las variaciones estacionales en el producto final.

Asimismo, la textura del queso es de gran relevancia, ya que está estrechamente relacionada con su carga microbiana. Los microorganismos desempeñan un papel crucial en los procesos enzimáticos y microbianos que afectan las proteínas, grasas y otros componentes del queso, lo cual influye directamente en su firmeza, estabilidad y masticabilidad. Por lo tanto, un control adecuado de la carga microbiana durante las etapas de elaboración y maduración del queso es esencial para asegurar una textura óptima, evitando defectos como la proteólisis excesiva y garantizando que los parámetros sensoriales se alineen con el perfil de sabor esperado del queso madurado.

4.5.3 Análisis microbiológico

Los quesos madurados se elaboran a partir de leche cruda, lo que sugiere una alta carga microbiana, ya que en algunos casos transcurre un tiempo de reposo entre la ordeña y la elaboración del queso de hasta 8 horas (Cuadro 2). Este periodo prolongado promueve la proliferación de microorganismos, lo cual se refleja en la carga microbiana del producto final.

Los resultados del recuento de microorganismos considerando las diferentes temporadas (lluvias y estiaje) en las que se produce (Figura 8) revelan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las temporadas del año con respecto a coliformes

totales, bacterias ácido-lácticas (BAL), hongos y levaduras. En particular, los recuentos de microorganismos fueron menores durante la temporada de estiaje, especialmente en hongos y levaduras. Sin embargo, los mesófilos aerobios no presentaron variaciones significativas ($p > 0.05$) entre temporadas.

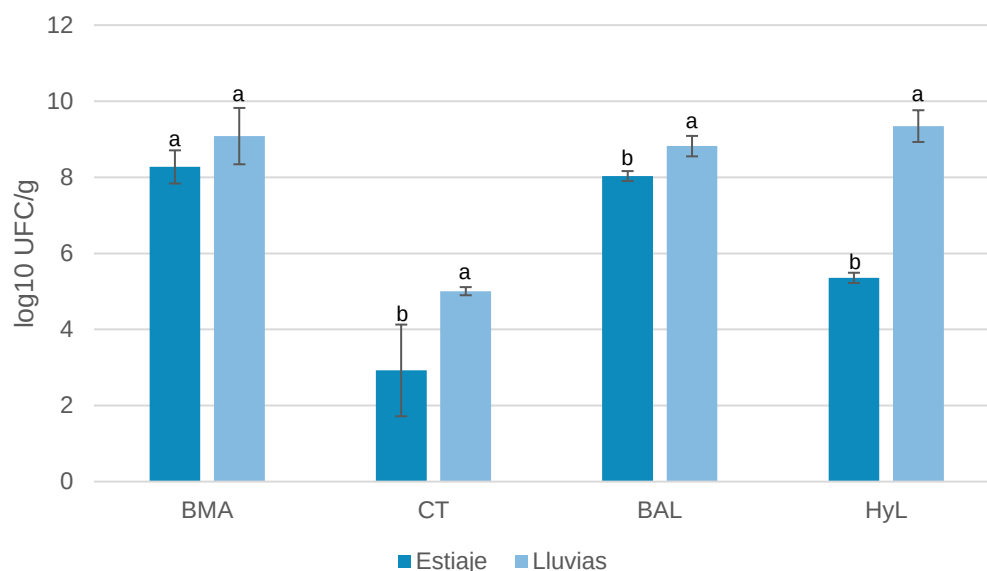


Figura 8. Recuento de microorganismos en el QMSTJ producido en dos temporadas, estiaje y lluvias. Letras diferentes (a y b), exhiben diferencias estadísticamente significativas entre temporada ($p \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia, (2024).

Durante la temporada de estiaje, el recuento de coliformes totales fue considerablemente más bajo en comparación con la temporada de lluvias, lo que sugiere que un menor contenido de humedad limita su desarrollo. El recuento de BAL fue significativamente mayor en la temporada de lluvias, lo que podría influir positivamente en ciertos atributos organolépticos del queso, tales como el sabor y la textura. Asimismo, hongos y levaduras presentaron recuentos más altos en la temporada de lluvias, lo que también favorece el desarrollo de sabores y texturas características en los quesos madurados.

En contraste, las BMA presentaron recuentos similares en ambas temporadas, lo que sugiere que estas bacterias tienen una mayor capacidad de adaptación a

diferentes condiciones ambientales y no se ven afectadas de manera significativa por los cambios estacionales.

La menor carga microbiana observada durante la temporada de estiaje, particularmente en coliformes, BAL y hongos y levaduras, puede explicarse por la menor disponibilidad de agua un factor crucial para el crecimiento de microorganismos (Cardona, 2019). Estos resultados subrayan la influencia de las condiciones estacionales en la producción de queso, afectando directamente la carga microbiana y, por tanto, la inocuidad del producto final.

Diversos estudios en México y Latinoamérica han evaluado la calidad microbiológica de quesos artesanales (CINVESTAV, 2023; Martínez-Aquino, 2024; Casimiro, 2023), reportando la presencia de microbiota indeseable, asociada a prácticas de higiene deficientes y procesos no estandarizados. Para garantizar la permanencia de los quesos artesanales y evitar su desaparición, es fundamental la implementación de buenas prácticas de manufactura y una caracterización integral de los perfiles químicos, microbiológicos y sensoriales del producto.

La norma oficial mexicana NOM 243-SSA-2010 resalta la necesidad de avanzar en esta dirección, promoviendo estándares de calidad y seguridad que permitan preservar y mejorar la producción artesanal de quesos, asegurando su calidad y cumplimiento normativo.

En el Cuadro 6 se muestran los conteos de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA), Coliformes Totales (CT), Bacterias Ácido-Lácticas (BAL) y Hongos y Levaduras (HyL) de tres diferentes queserías (1, 2 y 3) en diferentes temporadas (lluvias y estiaje)

Cuadro 6. Calidad microbiológica del QMSTJ en muestras de tres queserías obtenidas en dos temporadas de producción ($\log_{10}$ UFC/g).

Temporada	Quesería	BMA	CT	BAL	H y L
Estiaje	1	8.53 $\pm$ 0.31 ^a	4.26 $\pm$ 0.13 ^{ab}	8.18 $\pm$ 0.05 ^a	5.49 $\pm$ 0.39 ^b
	2	8.54 $\pm$ 0.13 ^a	2.59 $\pm$ 0.22 ^{bc}	7.99 $\pm$ 0.18 ^a	5.22 $\pm$ 0.88 ^b
	3	7.77 $\pm$ 0.67 ^a	1.92 $\pm$ 0.11 ^c	7.93 $\pm$ 0.10 ^a	5.36 $\pm$ 0.93 ^b
Lluvias	1	9.46 $\pm$ 0.10 ^a	4.94 $\pm$ 0.12 ^a	9.13 $\pm$ 0.15 ^a	9.81 $\pm$ 0.09 ^a
	2	8.93 $\pm$ 0.27 ^a	4.95 $\pm$ 0.45 ^a	8.65 $\pm$ 0.17 ^a	9.23 $\pm$ 0.56 ^a
	3	9.56 $\pm$ 0.22 ^a	5.13 $\pm$ 0.09 ^a	8.68 $\pm$ 0.31 ^a	9.00 $\pm$ 0.31 ^a

Medias en la misma columna con letras diferentes (a, b y c), exhiben diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

La carga de BMA en quesos madurados puede variar según las regulaciones y las características específicas del producto. En México, no existe una norma que establezca límites precisos para la carga de BMA en quesos madurados elaborados con leche cruda. Sin embargo, se espera que estos quesos presenten concentraciones de BMA dentro de un rango aceptable. Según Mendoza-Cuevas (2023), los quesos madurados elaborados con leche cruda pueden tener concentraciones de BMA que oscilan entre 4 y 9 logaritmos (10^4 a 10^9 UFC/g).

Los resultados indican que los quesos analizados se encuentran dentro de este intervalo, lo cual es significativo, dado que las BMA son indicadores importantes de la higiene e inocuidad del producto final. Sin embargo, esto no implica un deterioro del alimento ni sugiere condiciones insalubres. A pesar de ello, es fundamental que las queserías continúen aplicando buenas prácticas de manufactura y control de inocuidad.

En lo que respecta a la carga de coliformes totales, se observaron diferencias significativas entre las queserías ($p \leq 0.05$), probablemente se debe a que las prácticas de higiene en las queserías pueden variar, así como también influye la higiene en la manipulación de la leche y el procesamiento del queso (Arteaga, 2021).

Las condiciones de elaboración del queso favorecieron el desarrollo de bacterias ácido-lácticas (BAL) sin embargo no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las queserías en ambas temporadas.

La carga de hongos y levaduras mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las temporadas, siendo notablemente más alta durante la temporada de lluvias. Esto se debe a que, en esta época, el aumento significativo de la humedad ambiental favorece la germinación de esporas y el crecimiento de estos microorganismos en la superficie de los quesos (López-Molinello, 2011). Además, dado que estos quesos se mantienen a temperatura ambiente y no se empacan, las condiciones son aún más propicias para la proliferación de hongos y levaduras, lo que intensifica su presencia en el producto final de la temporada de lluvias.

La presencia de su microbiota es responsable del proceso de maduración, el cual es fundamental para el desarrollo del perfil sensorial del queso. Aunque las autoridades sanitarias mexicanas exigen a los productores de queso el uso de leche pasteurizada como materia prima, es importante destacar los beneficios sensoriales de los quesos elaborados con leche cruda y técnicas tradicionales (Villalobos-Chaparro et al., 2018).

El tipo de microbiota y su concentración, presentes tanto en la leche cruda utilizada para la elaboración del queso como a lo largo del proceso de maduración, son esenciales para la formación del perfil sensorial final del producto. Los microorganismos que colonizan el producto durante su elaboración y maduración interactúan con los componentes de la leche, generando una serie de reacciones que influyen en los aromas, sabores y texturas.

4.5.4 Análisis sensorial mediante Perfil Flash

El queso madurado de la Sierra de Tequila aún carece de estudios detallados de análisis sensorial que describan sus características organolépticas, como sabor, aroma, textura y apariencia. Esto representa una oportunidad valiosa para comprender mejor el perfil sensorial del producto, especialmente desde la perspectiva de sus consumidores. La realización de un análisis sensorial fue

fundamental para identificar los atributos distintivos que hacen de este queso un producto único, diferenciándolo de otros similares y resaltando las particularidades asociadas a su elaboración en esta región.

Con base en la figura 9, el análisis sensorial del QMSTJ mostró un ajuste adecuado al modelo, explicando el 100 % de la variabilidad total de los datos. Esta explicación de la variabilidad es comparable con los valores reportados en otros tipos de queso, como el Queso Seco de Tierra Caliente Guerrero, que mostró un 90.26 % de explicación de la variabilidad (López, 2021), y el Queso de Zacazonapan, un 81 % (Torres-Salas & Hernández-Montes, 2021).

En el mapa de consenso presentado en la figura 9, el primer componente principal explica el 65.67% de la variabilidad en los datos, representando las características sensoriales que tienen mayor influencia en la diferenciación del QMSTJ. El segundo componente principal aporta un 34.33% adicional de la variabilidad, complementando la información proporcionada por el primer componente y permitiendo una comprensión más completa de las diversas dimensiones de la variabilidad sensorial en el queso.

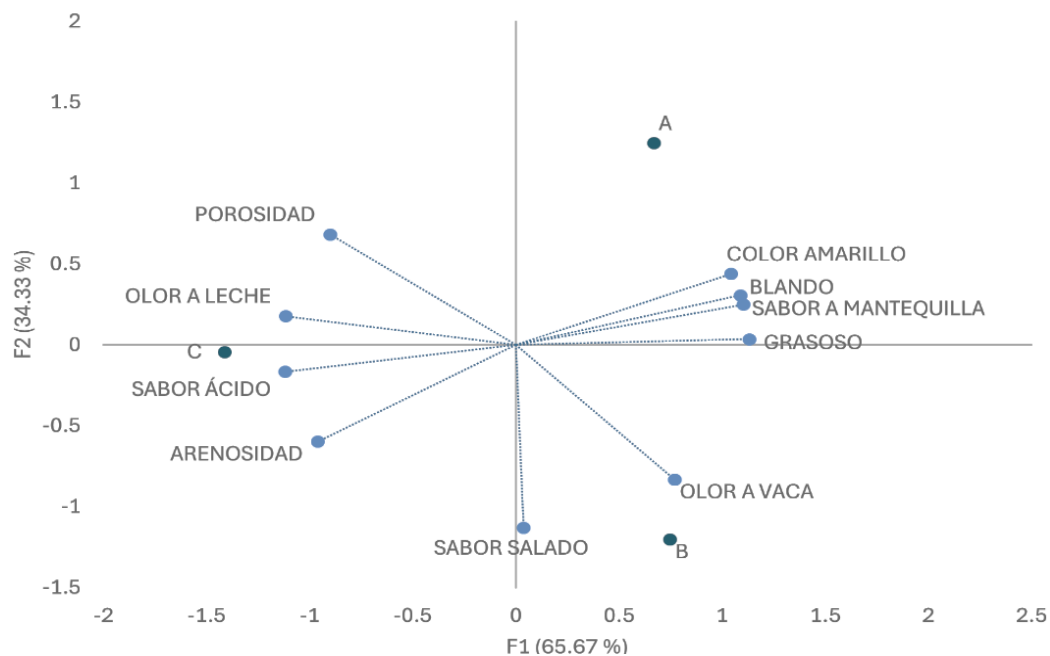


Figura 9. Análisis de componentes principales del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco de tres queserías. Fuente: Elaboración propia con datos experimentales.

La muestra A se sitúa en el cuadrante superior derecho, asociada fuertemente con las características sensoriales de "color amarillo", "sabor a mantequilla" y "grasoso", esto podría indicar la presencia de pigmentos naturales en el queso, como los carotenoides. Estos pigmentos pueden variar según la alimentación de las vacas que producen la leche (Meléndez-Martínez, 2004). El sabor a mantequilla y la textura grasosa del queso son atribuibles a la presencia de grasa, lo cual se puede corroborar según los resultados del análisis proximal (Cuadro 4). Esta grasa influye significativamente tanto en la textura como en el sabor del producto (López, 2018). La composición de la leche utilizada en la producción de queso es determinante en las características sensoriales. Como se mencionó en la discusión anterior sobre las diferencias entre temporadas, la alimentación de las vacas puede variar, afectando la concentración de carotenoides y otros compuestos que contribuyen al "color amarillo" del queso.

La muestra B se ubica en el cuadrante inferior derecho y presenta características sensoriales similares a las de la muestra A, diferenciándose principalmente por su "olor a vaca" y "sabor salado". El aroma puede estar asociado con la fermentación natural de la leche, lo cual es consistente con el mayor tiempo de reposo entre la ordeña y la elaboración del queso, en comparación con las demás (Cuadro 2). Asimismo, la mayor carga microbiana registrada en esta muestra (Cuadro 6) podría contribuir a intensificar dicho aroma.

El sabor salado, por su parte, está asociado a la cantidad de sal añadida y al proceso de salado empleado en la elaboración del queso. (Ramírez-Navas, 2017). Asimismo, el mayor tiempo de prensado (Cuadro 2) en esta quesería permite una mayor concentración de sal, intensificando este sabor en el queso.

La muestra C se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, con un perfil sensorial que contrasta notablemente con las muestras A y B. Se distingue por su "olor a leche", lo que puede atribuirse a una menor carga de mesófilos aerobios (Cuadro 6) debido a que éstos, participan activamente en la degradación de nutrientes, como proteínas, grasas y carbohidratos, durante la maduración del queso. Este proceso metabólico genera compuestos volátiles

responsables del aroma, sabor y textura del producto final. Un menor número de microorganismos puede limitar esta transformación bioquímica, resultando en un perfil sensorial más simple, con un aroma más fresco y directo a leche (Gobbetti, et al., 2007). Además, presenta un "sabor ácido" más pronunciado, debido a un menor recubrimiento de grasa en la lengua, lo cual permite que dicho sabor se perciba con mayor intensidad.

La muestra C también es percibida como porosa y arenosa, características que pueden atribuirse a su perfil de textura. Estas propiedades sensoriales están relacionadas con su baja masticabilidad (Cuadro 5), lo que indica que el queso no ofrece mucha resistencia al ser mordido y se desintegra fácilmente en la boca. Esta menor cohesión entre las partículas del queso, junto con su porosidad, podría atribuirse a una menor presencia de grasa (Cuadro 4) o a diferencias en el proceso de elaboración, como el tiempo de prensado.

Tras su caracterización, podemos afirmar que el queso madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco, es un producto elaborado con leche cruda, con una humedad intermedia que varía entre 33.58% y 45.95%. Es un queso grasoso, con un contenido de grasa de entre 39.64 y 47.13 g por cada 100 g de queso. Su perfil se caracteriza por una acidez distintiva, atribuible tanto a su proceso de maduración como a su alta carga de bacterias ácido-lácticas (BAL), que oscila entre 7.93 y 8.68 log₁₀ UFC/g. Este queso suele comercializarse en piezas cilíndricas de 1 a 3 kg, con una pasta semidura y prensada, y debe ser producido exclusivamente en la región de la Sierra de Tequila, Jalisco.

4.5 Conclusiones

Se lograron cumplir satisfactoriamente los objetivos planteados en el estudio del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco. Se determinó la composición química proximal de las muestras, evaluando contenido de humedad, proteína, grasa y cenizas lo que proporciona una base sólida para comprender diversas características del queso, tales como su textura, sabor y capacidad de conservación. Estos datos permiten evaluar la calidad nutricional, comparar los perfiles de diferentes muestras y analizar el impacto de las condiciones de

procesamiento en las propiedades finales del producto. Además, esta información es fundamental para optimizar los procesos de producción y predecir la estabilidad e inocuidad del queso durante el almacenamiento. Además, se realizó un análisis microbiológico, identificando la presencia de mesófilos aerobios totales, hongos, levaduras, bacterias ácido-lácticas y coliformes, lo cual es fundamental para conocer la calidad microbiológica y la seguridad del producto. Asimismo, el análisis de perfil de textura (TPA) y el análisis descriptivo mediante Perfil Flash permitieron caracterizar las propiedades sensoriales y texturales del queso, destacando sus cualidades distintivas. Estos resultados en conjunto proporcionan una visión integral del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, evidenciando tanto su calidad como sus atributos únicos, vinculados a su origen y método de elaboración.

4.6 Referencias consultadas

- Addinsoft. (2019). *XLSTAT* (Versión 2017.5). <https://www.xlstat.com/en/solutions/sensory>
- Alinovi, M., & Mucchetti, G. (2020). Effect of freezing and thawing processes on high-moisture Mozzarella cheese rheological and physical properties. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109137>
- AOAC INTERNATIONAL. (2019). *Official Methods of Analysis* (21st ed.).
- Arteaga Solórzano, R. A., Armenteros Amaya, M., Quintana García, D., & Martínez Vasallo, A. (2021). Evaluación de las buenas prácticas en la elaboración de queso artesanal en Manabí, Ecuador. *Revista de Salud Animal*, 43(2), 1-12. <https://doi.org/10.37789/rsa.2021.43.2.1>
- Barkin, D. (2001). La nueva ruralidad y la globalización. En E. Pérez & M. Farra (Eds.), *La nueva ruralidad en América Latina* (Vol. II, pp. 21-31). Maestría en Desarrollo Rural.
- Bredie, W. L. P., Liu, J., & Dehlholm, C. (2018). Flash profile method. En H. H. Munoz & S. Bleibaum (Eds.), *Descriptive analysis in sensory evaluation* (pp. 513-533). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118991657.ch14>
- Camargo, A. C., de Araújo, J. P. A., Fusieger, A., & Sant'Ana, A. S. (2021). Calidad microbiológica e inocuidad de los quesos artesanales brasileños. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52, 393–409. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00416-9>
- Cardona Serrate, F. (2019). Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones. Universitat Politècnica de València.

- Casimiro, L. K. S., Fonseca, G. G., Simionatto, S., Cavenaghi-Altemio, D., & Vilela, D. M. (2023). Caracterización física y microbiológica de quesos artesanales y aislamiento, identificación y evaluación in vitro de cepas de *Lactobacillus* con potencial probiótico y susceptibilidad a antibióticos. *Acta Alimentaria*, 52(2), 199-208. <https://doi.org/10.1556/066.2023.0003>
- Chamberlain, A. T., & Wilkinson, J. M. (2002). *Feeding the dairy cow*. Chalcombe Publications.
- CINVESTAV. (2023, octubre 3). *Analizan condiciones microbiológicas e higiénicas de quesos y cremas artesanales*. <https://www.cinvestav.mx/Utilidades/Publicaciones/analizan-condiciones-microbiol%C3%B3gicas-e-higi%C3%A9nicas-de-quesos-y-cremas-artesanales>
- Dairou, V., & Sieffermann, J. M. (2002). A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the flash profile. *Journal of Food Science*, 67(2), 826-834.
- Foegeding, E. A., & Drake, M. A. (2007). Invited review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1611-1624. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-703>
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (Eds.). (2017). *Fundamentos de la ciencia del queso*. Springer.
- Garmendia, A. E., Garmendia, M. S., & Silanikove, N. (2019). Seasonally dependent changes in composition of milk and their influence on cheese yield and quality. *Dairy Science & Technology*, 99(4), 471-482.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Mancini, L., Minervini, F., & Poli, A. (2007). *Cheese: Microbiology, Biochemistry, and Chemistry*. En: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (pp. 391-442)
- Heredia-Castro, P. Y., Hernández-Mendoza, A., & González-Córdova, A. F. (2017). Bacteriocinas de bacterias ácido-lácticas: Mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.* <https://doi.org/10.1234/xxxxx>
- Hernández-Morales, C., Hernández-Montes, A., Aguirre-Mandujano, E., & De Gante, A. V. (2010). Physicochemical, microbiological, textural, and sensory characterisation of Mexican Añejo cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 63(4), 552-560. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00615.x>
- ISO (International Organization for Standardization). (2008). ISO 3433:2008 - Cheese - Determination of fat content - Van Gulik method. International Organization for Standardization
- Kamimura, B. A., Cabral, C. C., Ferreira, E. H. R., & Sant'Ana, A. S. (2019). Brazilian artisanal cheeses: Diversity, microbiological quality and safety.

Frontiers in Microbiology, 10, 1355.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01355>

- López-Díaz, J. A., & Martínez-Ruiz, N. (2018). Sensorial and physicochemical profile of Chihuahua Cheese considering consumer preferences. *Agrociencia*, 52, 361-378.
- López, H. G. (2021). *Caracterización del queso Seco de la Tierra Caliente de Guerrero* (Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo).
- López-Molinello, A. (2011). *Diversity of fungal microbiota in Paipa cheese produced in Pacho, Cundinamarca* (Tesis de maestría, Universidad de la Salle). <https://doi.org/10.1234/xxxxx>
- Márquez, G. J., & García, R. E. (2007). Microflora patógena del queso blanco "telita" elaborado en cuatro estados de Venezuela. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 20(1), 17-21.
- Martínez Aquino, V., Hernández Montes, A., Hernández Rodríguez, B. E., & Santos Moreno, A. (2023). La influencia de los valores humanos en el consumo del queso Seco Encerado del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, y sus significados: el efecto mediador de los atributos tangibles. *Acta Universitaria*, 33. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3923>
- Massoud, R., & Khosravi-Darani, K. (2023). Improving the chemical and sensory properties of Cheddar cheese using adjunct cultures. *Current Nutrition & Food Science*, 19(7), 703-711. <https://doi.org/10.2174/1573401319666221227111126>
- Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 209-215.
- Mendoza-Cuevas, J. A., Santos-Moreno, A., Rosas-Barbosa, B. T., Ybarra-Moncada, M. C., Flores-Girón, E., & Guerra-Ramírez, D. (2023). Cambios en el recuento de cuatro grupos bacterianos durante la maduración del Queso de Prensa (Costeño) de Cuajinicuilapa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 14(1), 1-14. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i1.6121>
- Moller, K. K., Rattray, F. P., Bredie, W. L. P., Hoier, E., & Ardö, Y. (2013). Physicochemical and sensory characterization of Cheddar cheese with variable NaCl levels and equal moisture content. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 1953–1971. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5524>
- NOM-110-SSA1-1994. (n.d.). Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html>
- NOM-243-SSA1-2010. (n.d.). Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

- Osorio Cruz, R., Villegas de Gante, A., Hernández Montes, A., & Santos Moreno, A. (2015). El Queso Chapingo: Caracterización, historia y calidad simbólica. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ortega Infante, A. G. (2022). Influencia de la alimentación en el desempeño reproductivo del ganado bovino lechero en el trópico medio colombiano. *Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias Y Del Medio Ambiente, Programa De Zootecnia*, Bucaramanga.
- Ott, R. L., & Longnecker, M. T. (2016). *An introduction to statistical methods and data analysis* (7th ed.). Cengage Learning.
- Peláez, P. M. R., Fresno, B. C., & Díaz, R. J. (2003). Caracterización fisicoquímica de quesos frescos elaborados con leche de cabra en la Isla de Tenerife. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(2).
- Rahman, M. S., Al-Attabi, Z. H., Al-Habsi, N., & Al-Khusaibi, M. (2021). Measurement of instrumental texture profile analysis (TPA) of foods. In M. S. Khan & M. S. Rahman (Eds.), *Techniques to measure food safety and quality* (pp. 183-193). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68636-9_17
- Ramírez-Navas, J. S., Aguirre-Londoño, J., Aristizabal-Ferreira, V. A., & Castro-Narváez, S. (2016). La sal en el queso: diversas interacciones. *Acta Médica Costarricense*, 28(1), 47-53. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21909>
- Ramírez-Rivera, E. J., Ramón-Canul, L. G., Díaz-Rivera, P., Juárez-Barrientos, J. M., Herman-Lara, E., Prinyawiwatkul, W., & Herrera-Corredor, J. A. (2017). Sensory profiles of artisan goat cheeses as influenced by the cultural context and the type of panel. *International Journal of Food Science & Technology*, 52, 874-883.
- Rosado-Zarrabal, T. L., Corzo-González, H., Morales-Fernández, S. D., Velázquez-Méndez, A. M., & Wong-Villarreal, A. (2013). Caracterización fisicoquímica de quesos étnicos del estado de Chiapas. *División Agroalimentaria*, Universidad Tecnológica de la Selva.
- RStudio Team. (2024). *RStudio: Integrated development environment for R* (Version 2024.04.1+748). RStudio, PBC. <https://www.rstudio.com/>
- Sandoval-Copado, J., Orozco-Villafuerte, J., Pedrero-Fuehrer, D., & Colín-Cruz, M. A. (2016). Sensory profile development of Oaxaca cheese and relationship with physicochemical parameters. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7075–7084. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10833>
- Solís-Méndez, A. D., Estrada-Flores, J., & Castelán Ortega, O. A. (2009). Propuesta metodológica, caracterización de quesos artesanales. En H. L. García & P. L. Brunett (Eds.), *Producción sustentable, calidad y leche orgánica*. UAM y UAEM.
- Torres-Salas, V., & Hernández-Montes, A. (2021). Respuestas emocionales en consumidores de Queso de Zacazonapan y probabilidad de consumo

durante maduración. *Agrociencia*, 55(3).
<https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i3.2416>

- Torres-Salas, V., Hernández-Montes, A., & Hernández-Rodríguez, B. E. (2023). "Análisis sensorial, textural y actividad antioxidante de queso añejo de Zacazonapan durante la maduración." *Biotecnia*, 25(2), 1897
- Tunick, M. H., Van Hekken, D. L., Call, J., Molina-Corral, F. J., & Gardea, A. A. (2007). Queso Chihuahua: Effects of seasonality of cheesemilk on rheology. *International Journal of Dairy Technology*, 60(1), 10-18.
<https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2006.00279.x>
- Villalobos-Chaparro, S., Salas-Muñoz, E., Gutierrez-Mendez, N., & Nevarez Moorillon, G. (2018). Sensory profile of Chihuahua cheese manufactured from raw milk. *International Journal of Food Science*, 2018, 1-7.
<https://doi.org/10.1155/2018/8494105>

5. CONCLUSIONES GENERALES

Al haber descrito y comprendido sus características fisicoquímicas, microbiológicas, texturales y sensoriales, se cumplió el objetivo de conocer la tipicidad del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco. Este estudio confirma que su singularidad proviene de factores como el entorno natural y las técnicas tradicionales, consolidándolo como un elemento representativo de la región y vital para la economía local.

El Queso Madurado de la Sierra de Tequila, Jalisco, presenta un perfil fisicoquímico particular que incluye una humedad intermedia, alto contenido de grasa y un buen nivel de proteínas, minerales y sólidos totales. Estas características le confieren su textura y sabor únicos, fundamentales para su tipicidad. En cuanto a las propiedades microbiológicas, destaca por la presencia de bacterias ácido-lácticas, que contribuyen a su acidez y perfil de maduración, así como por una carga de hongos y levaduras que se incrementa en temporadas de mayor humedad, lo que influye en la corteza y sabor del queso.

Desde una perspectiva textural, el análisis TPA (Análisis de Perfil de Textura) muestra que este queso posee características de dureza, elasticidad y cohesividad específicas, que varían dependiendo del tiempo de maduración y del método de prensado. Sensorialmente, se perciben sabores y aromas distintivos, que incluyen notas ácidas y ocasionalmente saladas, así como una textura grasosa y un aroma particular a leche o a fermentación. Estos atributos sensoriales, combinados con sus cualidades microbiológicas y fisicoquímicas, resaltan la tipicidad del Queso Madurado de la Sierra de Tequila, un producto auténtico y representativo de su región de origen.

Este trabajo contribuye significativamente al conocimiento de los productos de quesos tradicionales de México, en particular del Queso Madurado de la Sierra

de Tequila, Jalisco. La caracterización fisicoquímica, microbiológica, textural y sensorial de este queso permite reconocer sus atributos únicos y comprender cómo el entorno local influye en su perfil distintivo. Además, el análisis de la estructura de la cadena agroindustrial y la integración de los actores sociales en el proceso productivo destacan la importancia de este queso como parte de la economía local y la identidad cultural de la región. Este estudio no solo proporciona una base científica para valorizar el producto y garantizar su autenticidad, sino que también establece parámetros para su protección y diferenciación en el mercado, promoviendo su reconocimiento como un producto regional auténtico.

Las perspectivas de este trabajo se enfocan en diversas áreas de desarrollo e investigación. Primero, podría ampliarse a estudios que evalúen las variaciones estacionales y cómo estos cambios impactan en la calidad del queso, lo que contribuiría a entender mejor la relación entre el entorno y las características del producto final. En términos de protección de la identidad del queso, el trabajo sugiere una base para preservar y proteger este queso como un producto exclusivo de la Sierra de Tequila, Jalisco. También abre la posibilidad de realizar estudios de percepción de los consumidores, de manera que se pueda mejorar la estrategia de comercialización y promoción del producto. Por último, esta investigación podría servir de modelo para estudios similares en otras regiones de México, apoyando la valorización y protección de productos lácteos tradicionales en diferentes territorios.