



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INGENIERÍA
EN ALIMENTOS

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**"Caracterización físicoquímica y
microbiológica de quesos Oaxaca producidos
en Tulancingo de Bravo, Hidalgo"**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

PRESENTA

MAYEN TOLENTINO NAIDELYN

DIRECTOR DE TESIS:

Mtro. Melitón Jesús Franco Fernández

Co-director:

Dr. Uriel González Lemus

Asesores:

Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Dra. Iridiam Hernández Soto

Septiembre 2025.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos

Academic Area of Agroindustrial Engineering and Food Engineering

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 24 de septiembre de 2025.

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial, **Naidelyn Mayen Tolentino**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Caracterización fisicoquímica y microbiológica de quesos Oaxaca producidos en Tulancingo de Bravo, Hidalgo”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los revisores:

Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Dra. Iridiam Hernández Soto

Mtro. Melitón Jesús Franco Fernández

Dr. Uriel González Lemus

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dr. Yair Olovaldo Santiago Saenz
Coordinador de la Licenciatura en
Ingeniería Agroindustrial



Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México. C.P. 43775
Teléfono: 7717172000 Ext. 42021
ricardo_navarro@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Mtro.Melitón Jesús Franco Fernández, quien fue no solo mi director de tesis, sino también la primera persona que confió plenamente en mí para llevar a cabo este trabajo. Gracias por brindarme su apoyo desde el primer momento, por su guía constante y por estar siempre pendiente en el proceso. Este trabajo no habría sido posible sin su acompañamiento cercano, su paciencia y su fe en mis capacidades. Gracias por haber creído en mí.

Al Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo, gracias por su acompañamiento invaluable desde el inicio. Su orientación fue fundamental para el desarrollo de este trabajo, estuvo siempre dispuesto a escuchar, guiar y resolver mis dudas. Le agradezco sinceramente por su dedicación y por estar presente en todo momento.

Al Dr. Uriel González Lemus, gracias por abrirme las puertas del laboratorio, por enseñarme con paciencia y dedicación, y por confiar en mí. Su apoyo fue clave en la parte práctica. Pero más allá de eso, me enseñó con el ejemplo, guiándome no solo desde lo técnico, sino también desde lo humano, Gracias por su tiempo, su compromiso, dándome la oportunidad de aprender y crecer.

A la Dr.a Iridiam Hernández Soto, gracias sinceras por su valiosa ayuda en la elaboración de este trabajo de Tesis. Su disposición, paciencia y apoyo fueron fundamentales para llevar este trabajo a su forma final. Gracias por acompañarme con atención y por aportarme tanto en este cierre tan importante.

Agradezco al Instituto de Ciencias Agropecuarias y a cada uno de mis profesores, por compartir su conocimiento y su experiencia y por brindarme el espacio para crecer como estudiante y como persona. A los amigos y compañeros que hice en este trayecto, quienes con su compañía hicieron más llevadero este camino y con quienes compartí aprendizajes que guardaré siempre. Gracias por ser parte de esta etapa de mi vida.

En especial, gracias infinitas a mi amiga Danna. Gracias por estar siempre, por tu apoyo incondicional, por tus consejos y tu amistad sincera. Sin ti, este camino habría sido más solitario. Gracias por ser un pilar de apoyo y motivación y estar presente en los momentos más difíciles, alentándome a seguir adelante, gracias por no dejarme rendir y gracias por ser luz cuando más la necesité.

A mi familia, por su amor incondicional y por ser mi mayor inspiración para seguir adelante aún en los momentos difíciles, por ser mi motor y mi compañía en mi camino. En especial a mis hermanas, por enseñarme a no rendirme y mostrarme siempre la importancia del esfuerzo y la perseverancia;a mi papá y mi mamá, por su apoyo constante, por estar siempre a mi lado, por creer en mí.

A mi pareja, por su confianza en mí, por acompañarme con paciencia, amor y cariño en cada paso, recordándome que nunca estuve sola. A mis suegros, por creer en mí y apoyarme con cariño en todo momento.

Este trabajo no es solo mío. Pertenece también a cada uno de ustedes, que me brindaron su tiempo, su apoyo, sus palabras y su compañía. Gracias por hacer posible este logro. Llevo en estas páginas una parte de todos ustedes.

DEDICATORIAS

A mi papá que con su apoyo constante e incondicional y su presencia constante me enseñó que nunca estoy sola. Gracias por alentarme siempre a seguir creciendo, por creer en mí y por mostrarme con tu ejemplo el valor de la perseverancia.

A mi mamá, por ser mi fuerza silenciosa, por enseñarme que siempre hay razones para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mis hermanas Suhey y Diana, mis compañeras de vida, gracias por su cariño, por su compañía a pesar de la distancia y por ser un refugio al que siempre puedo volver. En especial, a Suhey, por estar ahí en los días grises, por impulsarme cuando ya no tenía fuerzas, y por motivarme a seguir dando lo mejor de mí. Este logro también es tuyo.

A mi pareja, por ser mi refugio y mi fuerza, por celebrar cada pequeño paso y logro conmigo y sostenerme en cada caída. Gracias por tu amor paciente, por caminar a mi lado y por recordarme, con tu presencia, que no estaba sola.

A mis suegros y mi cuñada, por su cariño sincero, por su apoyo constante y por hacerme sentir parte de su familia. Gracias por acompañarme con tanto afecto durante este proceso.

Dedico este trabajo a todas las personas me regalaron palabras de aliento cuando más las necesité. A quienes creyeron en mí incluso cuando yo misma dudaba, les dedico estas páginas con todo mi corazón.

Y finalmente, me lo dedico a mí misma, por no rendirme, por aprender de cada caída y por atreverme a no soltar mis sueños y llegar hasta aquí.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ANTECEDENTES.....	4
3. MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 Leche: definición, características y clasificación.....	6
3.1.1 Producción y consumo de leche en México.....	7
3.1.2 Análisis del sector lácteo en México.....	8
3.1.3 Regiones lecheras en el estado de Hidalgo.....	8
3.1.4 Lácteos.....	9
3.2 Queso.....	9
3.2.1 Proceso de elaboración.....	9
3.2.2 Tipos de quesos.....	11
3.2.2.1 Quesos de pasta hilada.....	12
3.2.3 Queso Oaxaca.....	13
3.2.3.1 Tecnología del queso Oaxaca.....	13
3.2.4 Producción en Tulancingo de Bravo, Hidalgo.....	14
3.3 Normatividad.....	14
3.4 Riesgos microbiológicos.....	15
4. JUSTIFICACIÓN.....	18
5. HIPÓTESIS.....	19
6. OBJETIVOS.....	20
6.1 Objetivo general.....	20
6.2 Objetivos específicos.....	20
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
7.1 Tipo de estudio.....	21
7.2 Muestreo.....	21
7.3 Análisis fisicoquímico.....	22
7.3.1 Materiales.....	22
7.3.2 Metodología.....	24
7.3.2.1 Humedad.....	24
7.3.2.2 Cenizas.....	24
7.3.2.3 Proteína.....	25
7.3.2.4 Grasa.....	26
7.3.2.5 Almidones.....	26
7.4 Análisis microbiológico.....	27
7.4.1 Materiales.....	27
7.4.2 Metodología.....	28
7.4.2.1 Escherichia coli.....	30
7.4.2.2 Staphylococcus aureus.....	30
7.4.2.3 Mesófilos totales.....	30

7.4.2.4 Hongos y Levaduras.....	30
7.5 Análisis estadístico.....	30
8. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	31
8.1 Análisis Fisicoquímicos.....	31
8.1.1 Humedad.....	31
8.1.2 Cenizas.....	32
8.1.3 Proteína.....	34
8.1.4 Grasa.....	35
8.1.5 Almidones.....	36
8.1.6 Resultados y discusiones generales.....	37
8.2 Análisis microbiológicos.....	38
8.2.1 E. coli.....	38
8.2.2 Mesófilos totales.....	40
8.2.3 Staphylococcus aureus.....	41
8.2.4 Hongos y levaduras.....	43
9. CONCLUSIONES.....	45
10. REFERENCIAS.....	46
11. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de leche según su denominación.....	6
Tabla 2. Microorganismos presentes en los quesos.....	16
Tabla 3. Codificación utilizada para las muestras de quesos Oaxaca.....	21
Tabla 4. Materiales utilizados para el análisis microbiológico de queso Oaxaca.....	22
Tabla 5. Materiales utilizados para el análisis microbiológico de queso Oaxaca.....	27
Tabla 6. Medios de cultivo, microorganismos y condiciones de incubación utilizados.....	29
Anexo 1. Muestras de quesos Oaxaca utilizados.*.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación del coágulo de caseína.....	10
Figura 2. Diagrama de flujo general para la elaboración de queso fresco.....	11
Figura 3. Clasificación del queso según el tipo de coagulación de la caseína.....	12
Figura 4. Cápsulas con las muestras de queso Oaxaca secadas.....	24
Figura 5. Crisoles con la muestra de queso Oaxaca incinerada.....	25
Figura 6. Digestión completa de las muestras de queso Oaxaca.....	25
Figura 7. Muestra QDA y QAA para lectura de grasa.....	26
Figura 8. Muestras de queso Oaxaca positivas en el 50% de ellas.....	26
Figura 9. Cajas Petri antes de meter a incubación.....	29
Figura 10. Resultados de humedad en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	32
Figura 11. Resultados de cenizas en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	33
Figura 12. Resultados de proteína en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	35
Figura 13. Resultados de grasa en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	36
Figura 14. Resultados de almidones en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	37
Figura 15. Resultados de E. coli en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	39
Figura 16. Resultados de mesófilos totales en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	41
Figura 17. Resultados de Staphylococcus aureus en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	42
Figura 18. Resultados de hongos y levaduras en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.....	44

RESUMEN

La leche bovina constituye una de las materias primas de mayor importancia a nivel mundial por su valor nutricional y por su papel en la elaboración de lácteos como son los quesos. En México, el queso Oaxaca es un producto de alto consumo, elaborado frecuentemente mediante procesos artesanales a partir de leche cruda, lo que puede comprometer su inocuidad microbiológica. En este contexto, se realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica de quesos Oaxaca producidos en Tulancingo de Bravo, Hidalgo, con el fin de evaluar su calidad e identificar su grado de cumplimiento con la normatividad vigente.

Se recolectaron diez muestras de distintos productores locales, las cuales fueron identificadas con una nomenclatura de 3 letras: QDA, QAA, QDR, QEC, QLG, QCM, QMB, QLF, QXT y QLP a las que se determinaron humedad, cenizas, grasa, proteína y almidones mediante metodologías aceptadas por la normatividad vigente. Asimismo, se efectuaron análisis microbiológicos para analizar coliformes totales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, mesófilos totales, hongos y levaduras, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas. Todos los resultados fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%.

En los parámetros fisicoquímicos, los quesos presentaron valores de humedad entre 49.28-62.4%; proteína 18.80-23.12%; cenizas entre 2.72-4.95%; mientras que en la mitad de las muestras se detectó un bajo contenido grasa (7.33-23.33%) y una alta presencia de almidones (4.04-7.04%) (QDA, QAA, QDR, QEC, QLG). Los análisis microbiológicos revelaron diferencias significativas entre muestras, con cargas de mesófilos totales superiores a 10^5 UFC/g en algunas muestras, *E. coli* en niveles que excedieron los límites establecidos por la NOM-243-SSA1-2012, además de presencia de *Staphylococcus aureus* en algunas muestras. También, se evaluaron hongos y levaduras dando valores que superaron lo permitido en ciertos quesos, evidenciando deficiencias en las prácticas de higiene durante la elaboración.

Se concluye que los quesos analizados presentaron una composición fisicoquímica con valores aceptables pero no los óptimos; la alta carga microbiana se presentó en más del 50% de las muestras, representando un riesgo para la inocuidad y seguridad del consumidor; se identificaron diversos factores causantes de las propiedades del queso, entre ellos la formulación, las condiciones de proceso y almacenamiento y las alteraciones provocadas por microorganismos. Razón por la cual estos hallazgos destacan la necesidad de mejorar y fortalecer las buenas prácticas de manufactura, la capacitación de productores, aplicación de controles sanitarios más rigurosos y estandarizar procesos durante su elaboración, con el fin de garantizar un producto seguro y aceptable por parte del consumidor.

Palabras clave: queso Oaxaca, producción, caracterización fisicoquímica, inocuidad microbiológica, Tulancingo de Bravo.

1. INTRODUCCIÓN

La leche bovina es uno de los alimentos de mayor importancia a nivel mundial, tanto por su valor nutricional como por su papel fundamental en la elaboración de productos derivados como los quesos (Ortíz y Hernández, 2025). En México, la producción lechera es una actividad estratégica que ha mostrado un crecimiento constante, alcanzando más de 12 mil millones de litros anuales, aunque el consumo per cápita aún se encuentra por debajo de las recomendaciones internacionales (SIAP, 2021). La industria láctea representa una de las principales ramas de la producción agroalimentaria, destacando no solo por su volumen, sino también por su diversidad tecnológica y su carácter sociocultural. Entre los derivados lácteos más consumidos y producidos en el país se encuentra el queso, un alimentos cuya elaboración puede responder tanto a procesos industriales como a prácticas artesanales, estas últimas predominantes en regiones rurales (Secretaría de Economía, 2012).

El queso Oaxaca es un producto tradicional de alta demanda que pertenece a la categoría de quesos de pasta hilada. Este tipo de queso se elabora a partir de leche entera, frecuentemente cruda, lo que representa un riesgo microbiológico si no se aplican medidas estrictas de higiene y control de calidad (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013; Juárez-Contreras, 2022). Su proceso de producción involucra la acidificación de la cuajada y un proceso de estirado en agua o suero caliente, que confiere al producto su textura fibrosa característica. Aunque en términos sensoriales, este queso es altamente apreciado, su producción, en especial la artesanal, suele realizarse con leche cruda y en condiciones que pueden comprometer su inocuidad microbiológica (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013; Cervantes-Escoto y Villegas de Gante et al., 2012). Este hecho lo convierte en un producto de interés tanto desde la perspectiva de la seguridad alimentaria como desde la caracterización fisicoquímica y microbiológica.

En este sentido, los estudios orientados a determinar la calidad del queso Oaxaca deben contemplar tanto parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, cenizas, grasa y proteína) como microbiológicos (incluyendo la presencia de coliformes fecales, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras, entre otros patógenos), tal como lo establecen las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-121-SSA1-1994; NOM-243-SSA1-2010; NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018). No obstante, la aplicación de estas normas en la producción artesanal suele ser limitada por factores técnicos, económicos y sociales (Rangel-Quintos y Cuevas-Reyes, 2025). Estas variables no sólo permiten establecer el cumplimiento de estándares sanitarios, sino también entender cómo las condiciones de producción afectan la composición y seguridad del producto final (Palacios-Vargas, 2006; López et al., 2006).

El municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, forma parte de una de las principales cuencas lecheras del estado y del país. En donde se ha permitido el desarrollo de una industria quesera artesanal con fuerte arraigo regional, donde el queso Oaxaca es elaborado de forma cotidiana por pequeños y medianos productores (Cervantes-Escoto et al., 2012; Sánchez-Torres y González-Romo, 2016). Sin embargo, en muchos casos, los procesos de producción no se

encuentran tecnificados ni sujetos a un control sanitario riguroso, lo que puede traducirse en riesgos para la salud pública (Rangel-Quintos y Cuevas-Reyes, 2025).

Dada esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo realizar una caracterización físicoquímica y microbiológica de quesos Oaxaca elaborados en Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Esta caracterización permitirá conocer las condiciones reales de producción artesanal y semiindustrial, evaluar la calidad del producto final y determinar su cumplimiento con las normas de inocuidad vigentes. Con ello, se pretende contribuir a futuras investigaciones derivando al fortalecimiento de los procesos de producción artesanal y al desarrollo de futuras estrategias que garanticen la seguridad alimentaria de los consumidores y el reconocimiento de estos productos a nivel regional y nacional.

2. ANTECEDENTES

En el Valle de Tulancingo, García-Islas (2012) analizó quesos Oaxaca elaborados artesanalmente y encontró valores de humedad entre 45-55%. En Hidalgo y regiones cercanas, otro estudio mostró rangos aún más amplios, de 42.7-66.7% en quesos frescos y de pasta hilada, lo que sugiere que el contenido de agua depende tanto del desuerado como del tiempo de almacenamiento (Díaz-Galindo et al., 2017).

A nivel nacional, PROFECO (2022) reporta que según la normativa vigente se establece un máximo de 51% de humedad para quesos Oaxaca, a pesar de que su evaluación de mercado de varias marcas han presentado valores superiores al establecido por la norma. Los quesos Oaxaca elaborados en Tulancingo presentan un contenido proteico de entre 18-24%, según lo descrito por García-Islas (2012). En mercados locales, Díaz-Galindo et al. (2017) identificaron valores similares, con proteínas alrededor de 20-25%, en concordancia con lo observado en otros estudios de quesos artesanales. También, la PROFECO (2022) señala que los quesos Oaxaca deben cumplir con un mínimo de 21.5% de proteína para considerarse auténticos.

En estudios hechos sobre la región del Valle de Tulancingo se ha encontrado que el queso Oaxaca contiene niveles de grasa de entre 18-25% asociados tanto al tipo de leche empleada como al grado de desuerado (García-Islas, 2012). Díaz-Galindo et al. (2017) reportaron valores más dispersos de 12% a 32%, lo que demuestra la falta de homogeneidad en la producción artesanal. La NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018 establece que el queso Oaxaca debe presentar un mínimo de 20% de grasa. Ramírez-Navas et al. (2010) explican que el proceso de hilado depende de parámetros clave como acidez, contenido de calcio y temperatura.

El contenido de cenizas en quesos Oaxaca elaborados en México suele variar según el grado de salado. En muestras artesanales de Tulancingo, García-Islas (2012) reportó valores en torno a 2-3.5% en quesos frescos de pasta hilada. Sin embargo, Díaz-Galindo et al. (2017) encontraron en distintos mercados nacionales valores de 2.65-5.24%, lo cual refleja una alta variabilidad. Aunque el queso Oaxaca no debería contener almidones, estudios realizados por PROFECO (2022) en evaluaciones de calidad encontraron que algunos productos comercializados como “queso Oaxaca” o “imitación” contenían almidones añadidos para retener agua y aumentar el rendimiento.

Diversos estudios han evidenciado el riesgo microbiológico que representa el consumo de quesos frescos y semi maduros comercializados en condiciones inadecuadas de higiene. Palacio Vargas (2006) caracterizó la microbiota de los principales tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo mediante un recuento de algunas bacterias. Los resultados mostraron los siguientes recuentos: Microbiota aerobia total, 6.3-7.6 log ufc/g; Microbiota psicótrofa, 5.5-6.6; Lactobacilos, 5.6-6.5; Mohos y levaduras, 3.6-5.5; Coliformes, 3.7-6.2 y *E. Coli*, 2.7-4.6. Todos los grupos microbianos indicadores de calidad higiénica presentaron recuentos elevados, superiores a los deseables.

En quesos Oaxaca producidos en Tulancingo de Bravo, García-Islas (2012) encontró la presencia de coliformes totales en niveles de 3.0-4.5 log UFC/g, indicando deficiencias en las prácticas higiénicas durante la elaboración artesanal. De manera similar, un estudio realizado en el estado de Hidalgo encontraron que los quesos frescos y de pasta hilada comercializados en mercados locales presentan recuentos entre 2.8 y 5.0 log UFC/g (Díaz-Galindo et al. 2017), superando en varios casos los límites permitidos bajo la NOM-243-SSA1-2010, que establece un máximo de 2 log UFC/g para coliformes fecales en quesos frescos. González-Montiel y Franco-Fernández (2015) , Sánchez-Valdés (2016) identificaron que hasta un 40% de los quesos artesanales evaluados en México excedían este criterio, reflejando un riesgo sanitario recurrente. La presencia de mohos y levaduras en quesos Oaxaca artesanales de Tulancingo tuvo valores de 2.0-3.5 log UFC/g en el trabajo de García-Islas (2012), lo cual favoreció alteraciones en la textura y sabor del producto durante el almacenamiento.

Díaz-Galindo et al. (2017) realizó un estudio en mercados y obtuvo conteos muy elevados, alcanzando hasta 4.2 log UFC/g, sugiriendo como causa la contaminación cruzada y deficiencias en el control de humedad. En Tulancingo García-Islas (2012) identificó la presencia de *E. coli* en 20% de las muestras de queso Oaxaca artesanal, indicando contaminación fecal directa o indirecta durante la manipulación de la leche y la producción del queso. Díaz-Galindo et al (2017) confirmaron su detección en muestras hechas, con aislamientos que excedieron los límites normativos, representando un riesgo de transmisión. Por otro lado, en un estudio realizado a nivel nacional, Castro-Castillo et al. (2013) reportaron *E. coli* en el 80% de los quesos Oaxaca que analizaron, planteando un problema recurrente de inocuidad en México.

El recuento de *Staphylococcus aureus* en quesos Oaxaca elaborados en Tulancingo de Bravo García-Islas (2012) reportó niveles de 2.5-3.8 log₁₀ UFC/g, sugiriendo una contaminación por manipulación inadecuada durante el hilado y moldeado del queso. Mientras que en un estudio realizado en el estado de Hidalgo, Díaz-Galindo et al (2017) encontraron valores similares con algunas muestras que superaron el límite de 1000 UFC/g establecido en la NOM-243-SSA1-2010. Estudios sobre la microbiología de quesos artesanales de Oaxaca han documentado la presencia frecuente de *Staphylococcus aureus*. Por ejemplo, en queso de Aro, se reportaron niveles de 5.76 log₁₀ UFC/g, muy por encima del límite máximo permitido, lo que sugiere prácticas sanitarias deficientes en la elaboración y manejo del producto (González-Montiel y Franco-Fernández, 2015). Estos hallazgos respaldan la idea de que *S. aureus* se encuentra con frecuencia en quesos artesanales frescos y de pasta hilada, asociado a condiciones de higiene subóptimas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Leche: definición, características y clasificación

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (**NOM-155-SCFI-2012**), la leche es el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además, puede someterse a otras operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de leche según su denominación.

Denominación	Definición
Leche pasteurizada	La que ha sido sometida al proceso de pasteurización, estandarizada o no.
Leche ultrapasteurizada	La que ha sido sometida al proceso de ultrapasteurización, estandarizada o no.
Leche microfiltrada ultra	Leche que se obtiene de la fase de leche descremada separada, micro filtrada y pasteurizada y posteriormente adicionada o no de crema ultrapasteurizada. El uso de empaques y envases asépticos protegen al producto de reincidencia de infecciones y reducen al mínimo cualquier modificación ya sea fisicoquímica u organoléptica.
Leche evaporada	La que ha sido obtenida por la eliminación parcial del agua de la leche hasta obtener una determinada concentración de sólidos de leche no grasos y grasa butírica, estandarizada o no.
Leche condensada azucarada	La que ha sido obtenida mediante la evaporación del agua de leche a través de presión reducida, a la que se le ha agregado sacarosa y/o dextrosa u otro edulcorante natural, hasta alcanzar una determinada concentración de grasa butírica y sólidos totales.
Leche en polvo o leche deshidratada	La que ha sido sometida a un proceso de deshidratación, estandarizada o no.

Leche rehidratada	La que se obtiene mediante la adición de agua para uso y consumo humano o purificada a la leche en polvo y estandarizada con grasa butírica en cualquiera de sus formas, en las cantidades suficientes.
Leche reconstituida	La elaborada a partir de leche en polvo descremada o ingredientes propios de la leche, tales como caseína, grasa butírica, suero de leche, agua para uso y consumo humano, con un contenido mínimo de 30 g por litro de proteína propia de la leche y 80% de caseína con respecto a la proteína total, en las cantidades necesarias para ajustar el producto a las especificaciones de composición y sensoriales de la leche.
Leche deslactosada	La que ha sido sometida a un proceso de transformación parcial de la lactosa, por medios enzimáticos, en glucosa y galactosa.
Leche concentrada	La que se obtiene por la remoción parcial de agua de la leche, ya sea por ultrafiltración, ósmosis inversa o para la adición de productos propios de la leche hasta alcanzar la concentración deseada.
Leche saborizada (“con sabor a...”, o “sabor a...”)	Cualquiera de las denominaciones incluidas en la Norma Oficial Mexicana, a la que se ha incorporado de otros ingredientes como saborizantes, edulcorantes, y colorantes naturales o artificiales y que contiene al menos 85% de leche apta para consumo humano.

Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012.

3.1.1 Producción y consumo de leche en México

En México la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, depende de la disponibilidad de la leche nacional, su crecimiento (Secretaría de Economía, 2012).

El SIAP (2021) expone que la producción nacional de leche ha mostrado una tendencia creciente, alcanzando los 12,625 millones de litros en 2020. Sin embargo, el consumo per cápita sigue por debajo del recomendado por

organismos internacionales. Esta situación repercute en la disponibilidad y calidad de productos derivados como el queso, especialmente en regiones rurales donde predominan los métodos tradicionales. En México la producción lechera se desarrolla en todo su territorio, durante el periodo de 2005 a 2010 se concentró en Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua que contribuyeron conjuntamente con el 45% de la producción nacional (Secretaría de Economía, 2012)

3.1.2 Análisis del sector lácteo en México

La producción de leche en México es considerada una actividad rentable, ya que esta se desarrolla a lo largo del territorio nacional en una diversidad de climas propias de cada región (Gallegos-Daniel et al., 2023). El sector lácteo enfrenta retos importantes en modernización, certificación sanitaria y trazabilidad. Se destaca que los quesos artesanales, aunque valorados por su sabor y tradición, a menudo se producen en condiciones que no cumplen estándares sanitarios, lo que representa riesgos microbiológicos importantes (Secretaría de Economía, 2021).

En México los productos lácteos ocupan los primeros lugares de comercialización con una tendencia hacia el abastecimiento de zonas urbanas mientras que en zonas no urbanas el consumo de lácteos se encuentra limitado principalmente a productos artesanales (Secretaría de Economía, 2012). En el 2023, el sector lácteo representó el cuarto lugar en el PIB de la industria alimentaria nacional aportando el 6%, solo debajo de los productos de panadería y tortillas, la matanza y preparados de carnes y la molienda de granos (Rangel-Quintos, y Cuevas-Reyes, 2025).

3.1.3 Regiones lecheras en el estado de Hidalgo

El estado de Hidalgo cuenta con 3 cuencas lecheras y queseras de importancia: Tizayuca, donde tienen presencia LALA, Nestlé y Alpura; Valle del Mezquital y el Valle de Tulancingo. El sector lácteo es muy importante en Hidalgo, ocupando el 8vo lugar a nivel nacional y también lo es para la región del Valle de Tulancingo en sus 3 eslabones: forraje-leche-quesos (Cervantes et al., 2013).

De acuerdo con los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera correspondientes al año 2022, los principales municipios productores de bovino leche en Hidalgo:

- a) Tizayuca: Producción de 101,857 miles de litros.
- b) Atitalaquia: Producción de 25,382 miles de litros.
- c) Acatlán: Producción de 23,419 miles de litros.
- d) Tulancingo de Bravo: Producción de 22,867 miles de litros.
- e) Ixmiquilpan: Producción de 22,089 miles de litros.

Siendo estos municipios los principales productores de leche en el Estado de Hidalgo, los cuales concentran aproximadamente el 46.2% de la producción estatal.

3.1.4 Lácteos

La NOM-183-SCFI-2012 define a los lácteos como aquellos productos elaborados a partir de ingredientes propios de la leche, como proteína láctea (caseína, suero) y grasa láctea, y deben contener como mínimo 22 g/L de proteína de leche, de la cual al menos el 80% debe ser caseína. Aunque estos productos pueden llegar a incluir grasas de origen vegetal en cantidades permitidas, la crema y la mantequilla no se consideran lácteos bajo esta definición si no cumplen con esos requisitos proteicos mínimos. De acuerdo con el SIAP (2023) la elaboración de derivados y fermentos lácteos como quesos, crema y yogurt alcanzó un volumen de 1 millón 407 mil toneladas, donde 617 mil 726 toneladas fueron producidas por la industria de queso.

3.2 Queso

Es el producto elaborado de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida de la coagulación de la caseína con cuajo, bacterias lácticas, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles con o sin tratamiento ulterior, por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado (NOM-243-SSA1-2010).

Desde el punto de vista fisicoquímico, el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado básicamente por la caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico, el cual por coagulación, engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias menores de la leche, las cuales permanecen adsorbidas en el sistema o se mantienen en la fase acuosa retenida (Walstra et al., 2006; Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013). El queso es un alimento de amplio consumo a nivel mundial, cuyas características nutritivas, funcionales, texturales y sensoriales difieren entre cada tipo. Se estiman más de 2,000 variedades de queso, entre maduros, semi-madurados y frescos (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013).

3.2.1 Proceso de elaboración

El paso indispensable en la elaboración de los quesos, es la coagulación de la caseína, provocada mediante la acción combinada de enzimas proteolíticas (cuajos de distintos tipos) y calcio. El proceso de formación del coágulo (Figura 1) incluye 2 etapas: En la primera, se desarrolla un proceso enzimático modulado por la quimosina, la cual rompe los enlaces entre los aminoácidos fenilalanina y metionina (Fen-105 y Met-106) presentes en la κ -caseína, liberándose el

glicomacropéptido en la solución; En la segunda etapa, los agregados de para- κ -caseína producen el coágulo (Udayarajan, 2007; Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013). Hasta la etapa de coagulación, los procedimientos básicos en la elaboración de los diferentes tipos de quesos son muy similares. Las siguientes etapas varían de acuerdo con el tipo de queso a producir.

El proceso de elaboración del queso es simple (Figura 2), sin embargo, involucra fenómenos físicos y químicos muy complejos. Se trata esencialmente de un proceso de concentración, a partir de la coagulación de la proteína mayoritaria de la leche (caseína) por la acción enzimática (cuajo) u otro coagulante de tipo ácido comúnmente ácido láctico (Johnson y Law, 2011; Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013).

Para el caso de quesos suaves, la coagulación se desarrolla a temperatura de aproximadamente 38°C, mientras que para el queso Oaxaca la temperatura debe alcanzar los 42°C aproximadamente, además algo distintivo es que se requiere una pre acidificación de la leche, la cual se logra por la adición de cultivos iniciadores, acidificación natural o descalcificación (Caro et al., 1998; Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013).

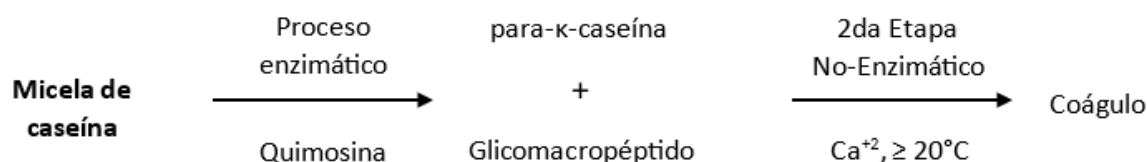


Figura 1. Formación del coágulo de caseína.

Adaptado de Udayarajan (2007); Ramírez-López y Vélez-Ruiz. (2012).

Una vez que la leche se ha coagulado, se debe proceder al cortado del coágulo (cortes verticales y horizontales) en pequeños cubos, para favorecer la eliminación del suero (desuerado). Posteriormente se procede a su moldeado. El moldeado tiene como finalidad dar forma al queso y ayudar a que los gránulos de la cuajada se aglomeren. Los moldes pueden ser cilíndricos, cuadrados o alargados. Generalmente, el moldeado y el prensado se realizan utilizando el mismo equipo, pues los moldes tienen dispositivos que ejercen presión sobre el queso. El salado, además de proporcionar sabor al producto, evita la proliferación de microorganismos y contribuye a la formación de la corteza del queso. En el proceso, se utiliza sal cristalizada o salmueras de diferentes concentraciones, de acuerdo con el tipo de queso (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2013).

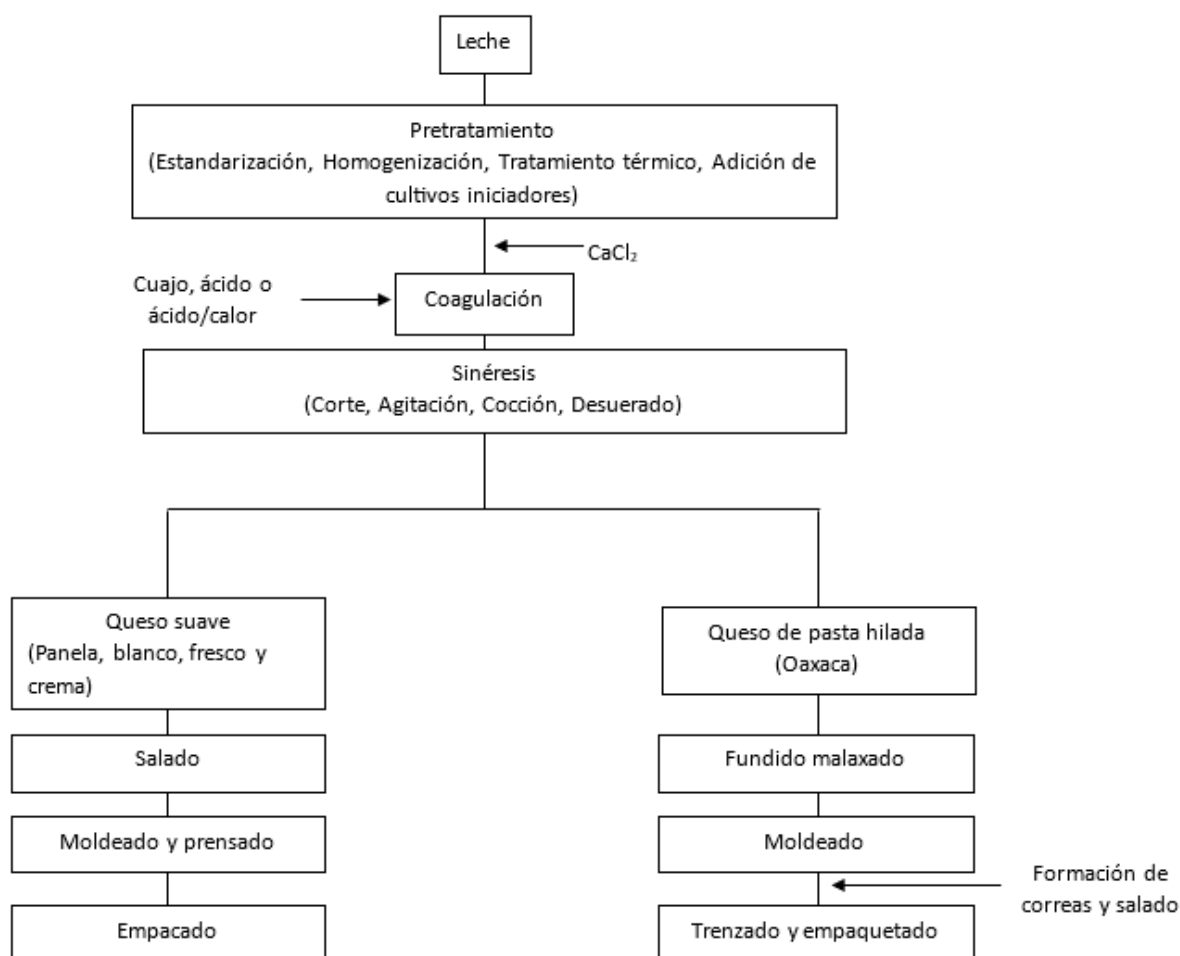


Figura 2. Diagrama de flujo general para la elaboración de queso fresco.

Adaptado de GunasekarAn y Ak. (2003); Ramírez-López y Vélez-Ruiz. (2013).

3.2.2 Tipos de quesos

De acuerdo con Ramírez-López y Vélez-Ruiz (2013) existen diversos criterios de clasificación con base en las condiciones de proceso o las características fisicoquímicas del tipo de queso:

- Contenido de humedad:
 - Quesos duros (20-42%).
 - Semiduros (44.55%).
 - Blandos o suaves (aprox. 55%).
- Tipo de coagulación de la caseína (Figura 3):
 - Coagulación enzimática: En este método se utiliza la enzima quimosina o renina. La enzima provoca la coagulación de la leche mediante un fenómeno que se efectúa en dos pasos, primero un proceso enzimático y segundo un proceso de agregación (Rodiles et al., 2023).

- Coagulación ácida: El proceso consiste en bajar el pH de la leche hasta 4.6 añadiendo ácidos directamente, por ejemplo, láctico, cítrico o acético. (Rodiles et al., 2023).
- Coagulación ácida térmica: Se produce combinando la coagulación ácida, y un tratamiento térmico ya que este reduce el tiempo de coagulación (Fox et al., 2004).
- Estado de maduración.
 - Frescos (6 días): Son aquellos que se consumen inmediatamente después del proceso de elaboración (Rodiles et al., 2023).
 - Madurados (>70 días) y semi-madurados (40 días): Sufren de un proceso de transformación de sus componentes por acción de cultivos lácticos, se generan cualidades sensoriales propias de cada queso (Rodiles et al., 2023).

Actualmente en México se elaboran más de treinta tipos de diferentes de quesos, muchos de ellos de difusión regional que verían entre otros aspectos en forma, tamaño, peso, tipo de pasta y maduración, por su tipo de pasta los quesos mexicanos pueden ser blandos (panela), semiduros (Chihuahua) y duros (cotija), de pasta lavada (manchego) o de pasta hilada (Palacios-Vargas, 2006).

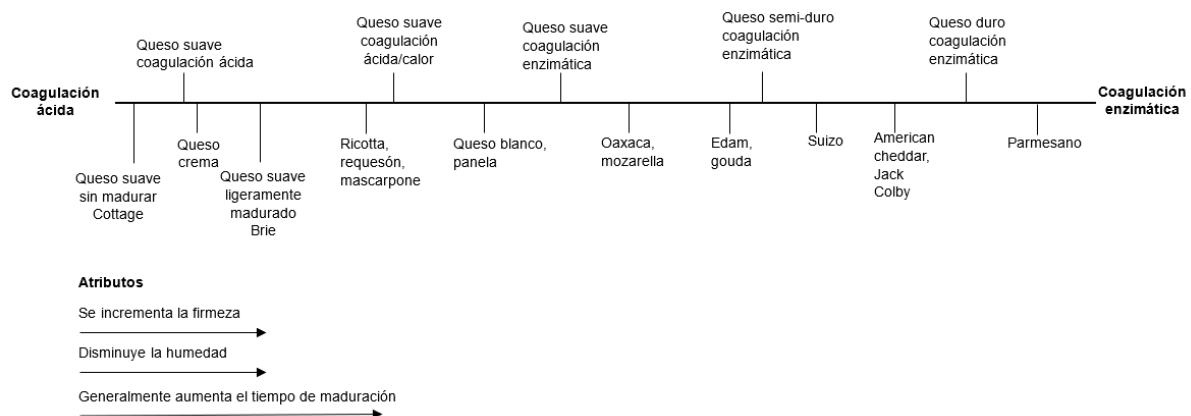


Figura 3. Clasificación del queso según el tipo de coagulación de la caseína.

Adaptado de Farkye (2004); Ramírez-López y Vélez-Ruiz. (2013).

3.2.2.1 Quesos de pasta hilada

Los quesos de pasta hilada, comprenden un diverso grupo de quesos fabricados a partir de leches bovinas, bubalinas, caprinas u ovinas, se originaron en Medio Oriente; en Italia alcanzaron su tecnificación y en EE.UU. ganaron popularidad. El queso Mozzarella es el más importante exponente de estos quesos. En varios países de Latinoamérica ha habido una tendencia a la alza en la producción y comercialización de quesos de pasta hilada debido a su alto consumo (Ramírez-Navas et al., 2010).

Todos comparten, al final de la elaboración, una etapa común que consiste en sumergir la cuajada ácida en agua caliente y luego someterla a un proceso de texturado (amasado y estiramiento) manual o mecánico, en la cual la cuajada

caliente se estira haciendo que las proteínas formen fibras. Estos quesos pueden ser blandos o semiduros y se comen frescos o después de un corto periodo de maduración, otros quesos son duros o semiduros y presentan una maduración extensa antes de su consumo (Reinheimer, 2021; McMahon, 2011).

En los quesos de pasta hilada la cuajada, una vez que ha alcanzado la acidez necesaria, es sometida a una serie de procesos: calentamiento (con o sin agua), amasado, salado y estirado, para luego ser cortado, moldeado, enfriado y, finalmente, envasado y comercializado (Kindstest et al. 2004; Fox y McSweeney, 2004). La metodología de elaboración varía, dependiendo de la región de donde provenga, lo que permite que Latinoamérica tenga una interesante variedad de quesos de pasta hilada.

3.2.3 Queso Oaxaca

Es un queso suave de coagulación enzimática que incluye adición previa de microorganismos (30-35°C), es generalmente elaborado a partir de leche entera cruda, caracterizado por tener una textura fibrosa, propiedades de fundido, sabor ligero, con una presentación final en madeja de hilo, en cuanto a su composición fisicoquímica contiene humedad entre 40-46%, 23% de grasas y 24% de proteína, así como un pH entre 5.0-5.5 (Ramírez-López & Vélez-Ruiz, 2012).

De acuerdo con Cervantes-Escoto y Villegas de Gante et al. (2012) el queso Oaxaca puede clasificarse como queso fresco, de pasta blanda e hilada (filata) y se presenta típicamente en forma de “bola” o “madeja”, de diferentes tamaños y pesos, desde unos cuantos gramos hasta varios kilogramos. El paso clave para fabricar este queso es lograr un grado de acidificación en la pasta, tal que al ser amasada con agua caliente o al calor directo plastifique y pueda estirarse y formar bandas o hilos, ya que de ahí viene el nombre de “pasta filata” según los italianos.

3.2.3.1 Tecnología del queso Oaxaca

Para obtener un producto comercialmente aceptable es necesario trabajar con leches de óptima calidad fisicoquímica y microbiológica. La base teórica para producir un queso de pasta hilada es obtener una pasta semi descalcificada a partir de leche cuajada, que por acción del calor y el trabajo mecánico puede plastificarse y estirarse (hilarse) (Ramírez-Navas et al., 2010).

La desmineralización se puede lograr por 3 vías principalmente: 1) adición de cultivo láctico (la fermentación láctica ocurre predominantemente en la pasta); 2) acidificación natural de la leche por acción de la microflora ácido láctica nativa, y 3) desmineralización (descalcificación) de las micelas caseínicas por adición de un ácido orgánico (láctico, acético o cítrico) antes del cuajado de la leche (Kindstest, et al., 2004; Fox et al., 2004; Cervantes-Escoto y Villegas de Gante, 2012). El incremento en la acidificación de la cuajada en proceso influye en la estructura y textura del producto. Al descender el pH mejora la capacidad de hilado (Ramírez-Navas et al., 2010).

3.2.4 Producción en Tulancingo de Bravo, Hidalgo

Tulancingo de Bravo presenta un uso significativo del suelo: del total de 29,040 ha, el 44% está destinado a actividades agrícolas, el 25% a uso pecuario y el 17% a forestal, lo que implica que cerca del 87% del terreno se utilice para la producción primaria. Además el municipio cuenta con cerca de 700 productores pecuarios, entre bovinos de leche, ovinos, porcinos, apicultores y engordadores, lo que significa que más de 3,200 jefes de familia se ocupan directamente en este sector (Gobierno de Tulancingo, s.f.).

La región del Valle de Tulancingo es una de las más importantes en el estado de Hidalgo, en cuanto a la producción de leche y queso. Se realiza una intensa actividad agroindustrial referida al procesamiento de leche, lo que contribuye al desarrollo económico de la zona, industrializándose diariamente alrededor de 546,700 L de leche de vaca para la elaboración de queso y otros productos lácteos (Sánchez-Torres y González-Romo, 2016). Es así, que Tulancingo de Bravo se caracteriza por la producción de quesos artesanales, principalmente de queso Oaxaca, que generalmente no son sometidos a proceso de pasteurización, de tal forma que la única manera de garantizar la sanidad del producto es a través de una leche inocua, libre de todo tipo de contaminantes y enfermedades.

3.3 Normatividad

En la industria alimentaria, la higiene es una de las bases fundamentales para asegurar la calidad de los alimentos, por lo que se deberán incorporar aquellos aspectos de la producción que permitan conseguir una mejora de las condiciones higiénicas como lo es tener un manual de Buenas Prácticas de Manufactura, además de cumplir con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas que se enlistan a continuación:

- a) NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018, Queso-Denominación, especificaciones, información comercial y métodos de prueba.
- b) NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias.
- c) NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- d) NOM-183-SCFI-2012, Producto lácteo y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

Donde se establecen los parámetros que deberán llevarse a cabo para pasteurizar la leche, el número máximo de microorganismos que pueden estar presentes en el queso.

De acuerdo con Rangel-Quintos, y Cuevas-Reyes (2025) la producción de quesos artesanales en México está regulada por normas nacionales e internacionales, la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 la cual reglamenta los procesos de elaboración y la inocuidad de los productos lácteos y cubre aspectos como la pasteurización de la leche, etiquetado y las condiciones sanitarias de las instalaciones, mientras que a nivel internacional organismos como el Codex Alimentarius proponen normas que se aplican a alimentos como el queso artesanal para ser consumido de manera segura.

3.4 Riesgos microbiológicos

La industria alimentaria tiene una responsabilidad especial en cuanto al mejoramiento de la calidad. Aunque la calidad es siempre multidimensional, en la industria alimentaria hay un atributo particular de calidad que es indispensable: la inocuidad. La presencia ampliamente difundida de microorganismos patógenos en el ambiente, así como la capacidad de algunos de ellos para sobrevivir y multiplicarse aún en condiciones adversas y, en algunos casos, las bajas concentraciones necesarias para causar enfermedades, son factores que indican la magnitud de los peligros potenciales para el consumidor (Inda, 2000).

La leche bovina es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, apreciada por su alto valor nutricional y versatilidad en la industria alimentaria. Sin embargo, su composición rica en nutrientes la convierte en un medio propicio para el desarrollo de microorganismos, lo que la hace susceptible a la contaminación biológica desde el momento del ordeño hasta su consumo final (Ortíz y Hernández, 2025)

La inocuidad alimentaria es un aspecto crucial en la producción de leche, ya que la presencia de microorganismos patógenos puede comprometer la calidad del producto y la salud del consumidor. En este contexto, estudios recientes han identificado la presencia de *Listeria monocytogenes* en leche cruda y productos lácteos comercializados en la Zona Metropolitana de México, lo que evidencia la necesidad de fortalecer las medidas de control sanitario en la cadena de producción (Juarez-Contreras, 2022)

La normatividad sobre la inocuidad de la leche y su paso a través de la cadena de valor hasta convertirse en queso es uno de los grandes desafíos de los pequeños y medianos productores, lo que puede afectar su regulación específica y su impacto en la producción a pequeña escala (Rangel-Quintos, y Cuevas-Reyes, 2025).

De acuerdo con Palacios-Vargas (2006) el principal objetivo de la elaboración de quesos es prolongar la vida útil y conservar los componentes nutritivos de la leche, mediante la producción de ácido láctico presente de forma espontánea o agregada lo que ocasiona un decremento de pH, que aunado al calentamiento en la tina y la agitación se promueve la sinéresis del suero de los granos del cuajo.

En gran medida la presencia de microorganismos en el queso depende de la contaminación microbiana de la leche. El control del crecimiento de los

microorganismos depende de ciertos parámetros como la cantidad de sal, la humedad, la a_w , el pH, la disponibilidad de nutrientes para el metabolismo e interacciones entre los microorganismos presentes en el queso (Palacios-Vargas, 2006).

De acuerdo con la Norma Oficial NOM-121-SSA1-1994 deberá cumplir con lo establecido en la Tabla 2.

Tabla 2. Microorganismos presentes en los quesos.

Microorganismo	Frescos	Madurados	Procesados
	Límite máximo		
Coliformes fecales (UFC/g)	100	50	-----
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	1000	100	Menos de 100
Hongos y levaduras (UFC/g)	500	500	100
<i>Salmonella</i> en 25 g	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
<i>Listeria monocytogenes</i> en 25 g	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO

Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994.

Los coliformes fecales conforman un grupo importante de microorganismos indicadores de calidad sanitaria en alimentos, representado por cuatro géneros de la familia *Enterobacteriaceae*: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Escherichia*, siendo este último el de mayor importancia; este género está constituido principalmente por *Escherichia coli* (Ortiz, 2006) *Staphylococcus aureus* es una causa de intoxicaciones alimentarias por su capacidad de producir enterotoxinas (Jordá et al., 2012)

Aunque el papel de las levaduras es secundario en la contaminación microbiana de alimentos, las condiciones ambientales de preservación de estos, que tienden a inhibir el crecimiento de bacterias, han favorecido la aparición de levaduras contaminantes causantes igualmente de afectaciones en los parámetros organolépticos de buena calidad en alimentos frescos, semi-elaborados y elaborados (Ratón, 2004). De acuerdo con Charles et al., (2007) *Salmonella*, perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*, se encuentran especies patógenas

de importancia en salud pública, cuyo principal modo de transmisión es por ingestión de alimentos contaminados.

Listeria monocytogenes es un microorganismo que supone un grave problema para las empresas alimentarias debido a la dificultad que presenta su control en las plantas de procesado. Por todo ello, desde el punto de vista de la higiene y la salud alimentaria y pública, *L. monocytogenes* es un organismo prioritario en los planes de análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC) llevados a cabo en las industrias alimentarias (López et al., 2006)

Los microorganismos normalmente presentes en la elaboración de queso son mesófilos y termófilos con un crecimiento óptimo de 30° y 42°C respectivamente, estas temperaturas pueden alcanzarse fácilmente en la tina. Dentro de los principales grupos microbianos en queso podemos encontrar bacterias ácido-lácticas (BAL), las cuales son una clase funcional que designa un grupo heterogéneo de bacterias fermentadoras Gram-positivas, no patógenas, no toxigénicas, generalmente consideradas como seguras (conocidas por producir ácido láctico a partir de fuentes de carbohidratos), lo que las hace útiles como cultivos iniciadores para la fermentación de alimentos (Fiallos-Zaruma, 2022). De acuerdo con los productos de su metabolismo, el grupo se divide en bacterias homofermentativas y heterofermentativas. Las BAL homofermentativas producen ácido láctico como único metabolito de la fermentación, mientras que el otro grupo puede producir dióxido de carbono, etanol o ácido acético (Fiallos-Zaruma, 2022).

El crecimiento de mohos y levaduras es común debido a su crecimiento en valores bajos de pH, aunque las levaduras tienen propiedades benéficas en el sabor y textura del queso, algunas pueden producir olores afrutados, a levadura, a rancio, colonias visibles y formación de limosidad; el crecimiento de mohos ocurre en la superficie de los quesos produciendo defectos en la apariencia además de olores atípicos, amoniacales, afrutados o a moho.

Otros microorganismos que son importantes de mencionar son los psicrotrofos bacilos Gram negativos (*pseudomonas spp*, *acinetobacter spp*, *aeromonas spp*) presentes en la leche cruda produciendo alteración en la superficie de quesos frescos, la presencia de estas en la leche puede causar defectos en el aroma y textura del queso, así como una pérdida en el rendimiento de la leche (Palacios-Vargas, 2006).

4. JUSTIFICACIÓN

En diversas regiones del estado de Hidalgo, la producción de queso Oaxaca se realiza sin una estandarización rigurosa de los procesos ni una supervisión sanitaria formal, lo que puede derivar en productos con composiciones fisicoquímicas variables y con posibles contaminaciones microbiológicas. Esta situación representa un riesgo tanto para la salud del consumidor como para la reputación y sostenibilidad de los productores locales.

La falta de estudios técnicos y sistemáticos que evalúen la calidad de estos quesos, específicamente en el ámbito rural de Hidalgo, limita la implementación de estrategias de mejora en los procesos de producción y dificulta el acceso a mercados más amplios. Por ello, es necesario contar con información objetiva que permita caracterizar los productos en términos de su composición nutricional y su inocuidad microbiológica, con base en las Normas Oficiales Mexicanas.

La caracterización fisicoquímica y microbiológica de los quesos Oaxaca elaborados en Tulancingo de Bravo, estado de Hidalgo es fundamental para evaluar su calidad e inocuidad, y representa una herramienta clave para identificar deficiencias en el proceso de producción. El cumplimiento de los estándares establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas no solo garantiza la seguridad del consumidor, sino que también abre la posibilidad de mejorar la competitividad de los productores locales.

Este estudio contribuirá al conocimiento técnico sobre la calidad composicional y microbiológica de los quesos producidos en la región, permitiendo generar recomendaciones prácticas orientadas al fortalecimiento de las buenas prácticas de manufactura. Asimismo, los resultados podrán servir como base para futuras investigaciones, iniciativas de regulación o programas de capacitación dirigidos al sector quesero de la región.

5. HIPÓTESIS

Los quesos Oaxaca elaborados en Tulancingo de Bravo, Hidalgo muestran diferencias significativas en sus características fisicoquímicas y microbiológicas respecto a los valores establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas, derivadas de la ausencia de procesos productivos estandarizados.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente distintos quesos Oaxaca producidos en Tulancingo de Bravo, Hidalgo con el propósito de establecer su grado de cumplimiento con las Normas Oficiales Mexicanas (calidad, inocuidad alimentaria) y la variabilidad asociada a los procesos de producción.

6.2 Objetivos específicos

1. Determinar el contenido de humedad, cenizas, proteína y grasa en muestras de queso Oaxaca, mediante metodologías analíticas establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas, con el propósito de evaluar sus propiedades fisicoquímicas.
2. Analizar microbiológicamente las muestras de queso Oaxaca mediante la cuantificación de microorganismos indicadores y patógenos de relevancia sanitaria (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, coliformes totales, hongos y levaduras) basándose en los métodos descritos en la normatividad vigente, para determinar su inocuidad.
3. Comparar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos con los límites establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, a fin de identificar el grado de cumplimiento en materia de calidad e inocuidad.
4. Evaluar estadísticamente la variabilidad entre muestras de queso Oaxaca provenientes de distintos productores locales, mediante ANOVA y prueba de Tukey, para identificar diferencias significativas en composición y carga microbiana asociadas a las prácticas de producción.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo cuantitativo, descriptivo y transversal enfocada en la caracterización fisicoquímica y microbiológica de muestras de queso Oaxaca elaborado en la localidad de Tulancingo de Bravo, estado de Hidalgo.

7.2 Muestreo

Se recolectaron diez muestras de queso Oaxaca producidos por diferentes productores locales del Valle de Tulancingo de Bravo, Hidalgo (ver Anexo 1); a los cuales se les asignó una codificación a cada queso (Tabla 3). Las muestras fueron obtenidas directamente de los puntos de venta, almacenadas en condiciones de refrigeración ($4^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$) y transportadas al laboratorio multidisciplinario ubicado en el Instituto de Ciencias Agropecuarias con dirección Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México. C.P. 42021, para su análisis en un plazo no mayor a 48 horas.

Tabla 3. Codificación utilizada para las muestras de quesos Oaxaca

No. Muestra	Codificación utilizada.
1	QDA
2	QAA
3	QDR
4	QEC
5	QLG
6	QCM
7	QMB
8	QLF
9	QXT
10	QLP

Elaboración propia.

7.3 Análisis fisicoquímico

Los análisis fisicoquímicos se realizaron conforme a las metodologías establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-243-SSA1-2010, NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018, NMX-F-733-COFOCALEC-2013, NMX-F-736-COFOCALEC-2019), considerando los parámetros de humedad, cenizas, proteína, grasa y almidones.

7.3.1 Materiales

Los materiales utilizados en los análisis fisicoquímicos se enlistan de manera general en la Tabla 4.

Tabla 4. Materiales utilizados para el análisis microbiológico de queso Oaxaca

Criterio	Material/Reactivo	Uso
Muestra	Queso Oaxaca	Muestra a analizar
Reactivo	Ácido sulfúrico pureza 98%	Digestión por método Kjeldahl
	Mezcla digestora ($K_2SO_4 + CuSO_4$)	Digestión por método Kjeldahl
	NaOH	Neutralización y destilación del nitrógeno
	Indicador rojo de metilo	Titulación de muestras para proteína
	Ácido bórico al 2%	Captura del NH_3 después de la digestión
	Ácido sulfúrico + Alcohol amílico	Disolución y separación de grasa (Método Gerber)
	Tintura de yodo	Identificación cualitativa de almidón
	Guantes, bata, cubrebocas	Protección personal
Material de Laboratorio	Cápsulas	Secado de muestras
	de Crisoles	Calcinación de muestras
	Pinzas de disección	Manipulación de la muestra
	Bisturí	Corte de muestras
	Probeta	Medición de H_2SO_4 para digestión
	Vaso de precipitado	Titulación de muestras para proteína

Equipo	Pipeta	Titulación de muestras para proteína
	Gotero	Prueba de almidones
	Vidrio de reloj	Prueba de almidones
	Papel film	Pesaje de muestra y mezcla digestora
	Matraz aforado	Aforar soluciones
	Bureta	Titulación de muestras para proteína
	Pipeta	Titulación de muestras para proteína
	Matraz Erlenmeyer	Titulación de muestras para proteína
	Soporte con pinzas para bureta	Titulación de muestras para proteína
	Pocillo	Baño maría para muestra de grasa
	Balanza analítica	Pesaje preciso de muestras
	Estufa	Secado de humedad en muestras
	Mufla	Calcinación de cenizas
	Desecador	Enfriamiento de las muestras sin absorción de humedad
	Tubos Kjeldahl	Digestión para análisis de nitrógeno
	Destilador Kjeldahl	Destilación del nitrógeno generado
	Butirómetro para queso	Lectura directa del % de grasa
	Parrilla eléctrica	Baño maría de butirómetros
	Centrífuga	Centrifugar las muestras de grasa
	Refrigerador	Conservación de las muestras

Elaboración propia.

7.3.2 Metodología

Los análisis de humedad, cenizas, proteína y grasa se realizaron por triplicado para asegurar precisión y reproducibilidad. Almidones se realizó una prueba rápida por lo que solo se hizo en una muestra de cada queso Oaxaca. Los resultados fueron expresados en porcentaje “%”.

7.3.2.1 Humedad

La determinación de humedad se realizó por el método gravimétrico secado en estufa a peso constante.

Las cápsulas fueron colocadas durante 30 min en la estufa a peso constante, después se metieron a desecadores y se pesaron en báscula analítica. Se pesaron aproximadamente 3 g de muestra de queso Oaxaca las cuales se fueron depositando en cápsulas previamente taradas. Las muestras se secaron en la estufa a 105°C durante 5 horas (Figura 4). Posteriormente, las cápsulas fueron enfriadas en desecadores y pesadas nuevamente en balanza analítica.

El porcentaje de humedad se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(\text{cápsula+muestra húmeda})-(\text{cápsula+muestra seca})}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$



Figura 4. Cápsulas con las muestras de queso Oaxaca secadas.

7.3.2.2 Cenizas

Para la cuantificación de cenizas, se utilizó el método de incineración directa en mufla para determinar el contenido mineral total.

Se metieron los crisoles a la estufa a peso constante por 20 min, se dejaron enfriar en desecadores y se pesaron en balanza analítica. Se colocaron aproximadamente 1 g de muestra en los crisoles previamente tarados. Las muestras fueron sometidas a incineración en mufla a 550°C durante 8 horas, se obtuvo una ceniza blanca y gris en otras muestras (Figura 5). Posteriormente, se enfriaron en desecadores y se pesaron en balanza analítica.

La cantidad de cenizas se calculó con la fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{peso de crisol+muestra calcinada})-(\text{peso del crisol solo})}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$



Figura 5. Crisoles con la muestra de queso Oaxaca incinerada.

7.3.2.3 Proteína

La determinación de proteína se llevó a cabo mediante el método Kjeldahl, para la cuantificación de nitrógeno total. Este método incluye digestión, destilación y titulación. Se pesaron aproximadamente 0.5 g de muestra en tubos de digestión junto a la mezcla digestora ($K_2SO_4 + CuSO_4$) y ácido sulfúrico (pureza 98%).

Después de la digestión completa (Figura 6) en donde el contenido de los tubos se tornó color azul turquesa y verde, el nitrógeno convertido a amoníaco fue destilado y titulado.

La cantidad de nitrógeno se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{mL problema}-\text{mL blanco})(\text{meq N})(\text{Normalidad del H}_2\text{SO}_4)}{\text{peso real de la muestra}} \times 100$$

Y se aplicó el factor de conversión 6.38 para productos lácteos:

$$\% \text{ Proteína} = (\%N)(6.38)$$

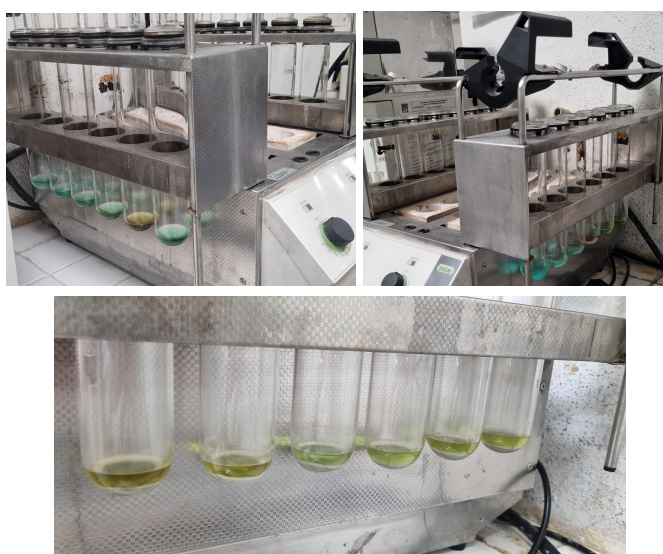


Figura 6. Digestión completa de las muestras de queso Oaxaca.

7.3.2.4 Grasa

La determinación de grasa se realizó mediante el método Gerber.

El análisis consistió en introducir aproximadamente 3 g de muestra en el butirómetro, se añadió ácido sulfúrico y alcohol amílico. Se colocaron los butirómetros a baño maría durante 1.5 horas o hasta que se disolvieron las proteínas y se separó la grasa. Posteriormente se centrifugaron durante 10 minutos y se sacaron, pudiendo obtener la lectura directa del porcentaje de grasa (Figura 7).



Figura 7. Muestra QDA y QAA para lectura de grasa.

7.3.2.5 Almidones

La presencia de almidón en las muestras de queso Oaxaca se evaluó mediante una prueba cualitativa rápida con tintura de yodo. Se colocó una pequeña porción de la muestra sobre un vidrio de reloj y se le añadieron 3 gotas de tintura de yodo. Un cambio de color a negro fue considerado positivo para la presencia de almidón, como se observa en la figura 8.



Figura 8. Muestras de queso Oaxaca positivas en el 50% de ellas.

7.4 Análisis microbiológico

Las determinaciones microbiológicas se efectuaron conforme a la normatividad vigente, basándose principalmente en: NOM-243-SSA1-2010 Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba; NOM-121-SSA1-1994 Bienes y servicios. Quesos frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias; PROY-NOM-109-SSA1-1994. Bienes y servicios. Procedimientos para la toma y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico; NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para sus análisis microbiológicos; NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos; NOM-115-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos; NMX-F-308-1992. Alimentos-cuenta de organismos coliformes fecales

7.4.1 Materiales

En la tabla 5 se enlistan los materiales utilizados para los medios de cultivo utilizados para el análisis microbiológico de las muestras de queso Oaxaca.

Tabla 5. Materiales utilizados para el análisis microbiológico de queso Oaxaca

Criterio	Material/Reactivo	Uso
Muestra	Queso Oaxaca	Muestra a analizar
Medios de Cultivo	Agar nutritivo	Recuento de mesófilos totales
	Agar MacConkey	Detección presuntiva de <i>Escherichia coli</i>
	Agar Estafilococos No. 110	Detección presuntivo de <i>Staphylococcus aureus</i>
	PDA (Papa Dextrosa Agar)	Recuento presuntivo de hongos y levaduras
Reactivos	Ácido tartárico al 10%	Acidificar el medio PDA para inhibir bacterias
	Alcohol etílico al 70%	Desinfección de material y superficies
	Agua destilada	Preparación de los medios, dilución de las muestras y limpieza
Material de Laboratorio	Cajas Petri estériles	Cultivo de los microorganismos
	Asa de Drigalsky	Siembra superficial

	Mechero Bunsen y encendedor	Esterilización del área de trabajo
	Gradilla y tubos de ensayo	Diluciones de las muestras
	Guantes, cubrebocas, guantes	Protección personal
	Bolsas estériles	Medio para las diluciones de las muestras
	Micropipeta	Sembrar con exactitud
	Bisturí	Corte de la muestra
	Pinzas de disección	Sujetar la muestra sin contaminar
	Puntas de micropipeta	Cambiar las puntas para cada muestra
	Vidrio de reloj	Pesaje de los reactivos
	Matraces con tapa	Calentar y esterilizar los medios de cultivo preparados
	Probetas	Medir el agua destilada
Equipo	Incubadora (25°C)	Incubación de las cajas Petri en condiciones controladas
	Refrigerador	Conservación de las muestras
	Autoclave	Esterilización del material y reactivos
	Báscula digital	Pesaje
	Parrilla eléctrica	Calentar los medios de cultivo

Elaboración propia.

7.4.2 Metodología

Todos los medios de cultivo se realizaron por triplicado, y a cada medio se le agregó una caja de control para garantizar la esterilidad del medio de cultivo, el material e instrumentos utilizados (Figura 9); las cajas se incubaron a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Los resultados fueron expresados en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) de muestra. En la tabla 6 se muestra de forma general los microorganismos, medios de cultivo y las condiciones en que se incubaron.

Tabla 6. Medios de cultivo, microorganismos y condiciones de incubación utilizados

Microorganismo	Medio de Cultivo	Temperatura de incubación	Tiempo de incubación	Colonias observadas
Mesófilos Totales	Agar nutritivo	25±2°C	48 horas	Crecimiento general. Colonias diversas
Escherichia coli	Agar MacConkey	25±2°C	48 horas	Colonias rosadas a rojo intenso
Staphylococcus aureus	Agar Estafilococos No. 110	25±2°C	48 horas	Colonias redondeadas, brillantes, amarillas y doradas pálidas
Hongos y levaduras	PDA+ácido tartárico	25±2°C	5 días	Colonias cremosas (levaduras). Algodonosas y pigmentadas (hongos)

Elaboración propia.

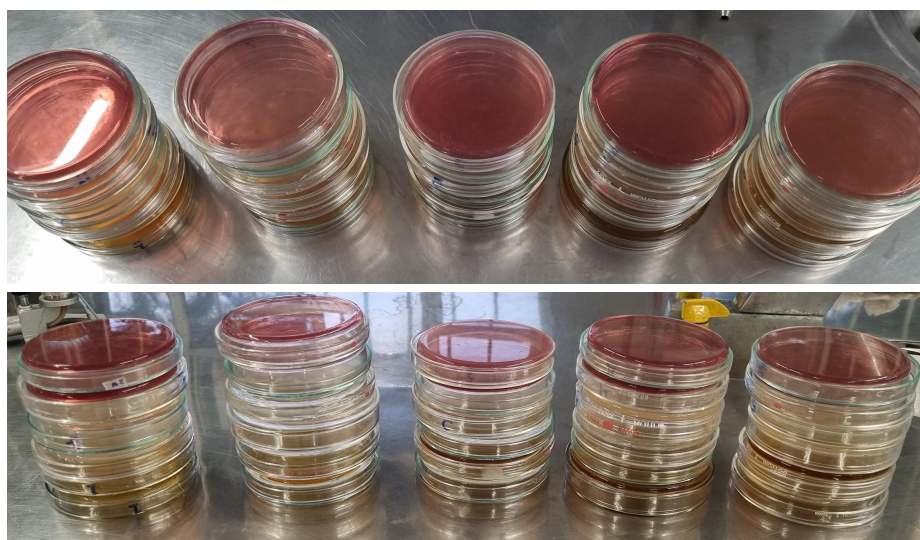


Figura 9. Cajas Petri antes de meter a incubación.

7.4.2.1 *Escherichia coli*

Para la detección y cuantificación de *E. coli* se utilizó un medio selectivo y diferencial: agar MacConkey. Se sembraron 0.1 mL de diluciones de la muestra con agua destilada en cada caja Petri previamente llenada con agar MacConkey. Las cajas se incubaron a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Se consideraron como colonias presuntivas de *E. coli* aquellas de color rosa a rojo intenso.

7.4.2.2 *Staphylococcus aureus*

Para el aislamiento y cuantificación de *S. aureus*, se utilizó medio selectivo Agar Estafilococos No. 110, medio que permite el crecimiento de estafilococos halotolerantes, gracias a su contenido alto de NaCl, inhibiendo el desarrollo de otras bacterias. Se sembró 0.1 mL de la muestra (previamente diluida con agua destilada en bolsas estériles) sobre las cajas Petri esterilizadas y previamente llenadas con el medio de cultivo. Las cajas Petri se incubaron a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Las colonias características presuntivas se identificaron visualmente como redondeadas, brillantes, de color amarillo y dorado pálido.

7.4.2.3 Mesófilos totales

Para la cuantificación de mesófilos totales presentes en las muestras de queso Oaxaca, se utilizó agar nutritivo como medio de cultivo general. Se sembró 0.1 mL de la muestra (previamente diluida con agua destilada en bolsas estériles) sobre la caja petri ya esterilizada y llenada con el agar nutritivo. Las cajas Petri fueron incubadas a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Al término de la incubación se realizó un conteo de las colonias formadas.

7.4.2.4 Hongos y Levaduras

Para la detección de hongos y levaduras, se utilizó Papa Dextrosa Agar (PDA) acidificado con ácido tartárico al 10% para inhibir el crecimiento bacteriano. Las muestras fueron diluidas con agua destilada y se sembró con 0.1 mL cada caja Petri. Las cajas se incubaron a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 5 días. Se identificaron colonias presuntivas de levaduras (cremosas, brillantes y húmedas) y hongos (secas, algodonosas y pigmentadas).

7.5 Análisis estadístico

Todas las pruebas se realizaron por triplicado. Los resultados fueron procesados mediante estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar). Para comparar entre muestras, se aplicó análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia del 95% y cuando existieron diferencias significativas se utilizó la prueba de comparación de medias Tukey. El software utilizado fue Statgraphics Centurion XVI.

8. RESULTADOS Y DISCUSIONES

8.1 Análisis Fisicoquímicos

8.1.1 Humedad

La prueba de Tukey HSD (95%) permitió identificar cuáles quesos difieren entre sí. Los resultados (Figura 10) mostraron que la muestra QLP presentó la humedad más baja ($49.28 \pm 0.72\%$) y quedó agrupada de manera independiente (grupo “a”), mientras que las muestras QDA ($62 \pm 0.13\%$), QAA ($61.20 \pm 0.56\%$) y QDR ($62.40 \pm 0.12\%$) se situaron en el grupo con la humedad más elevada (grupo “f”) al resto. El resto de los quesos (QEC-QXT) se distribuyeron en grupos intermedios, compartiendo letras cuando no existieron diferencias significativas entre ellos.

El contenido de humedad es un parámetro determinante en la calidad de los quesos Oaxaca, ya que influye directamente en la textura, elasticidad, vida de anaquel y susceptibilidad al crecimiento microbiano. De acuerdo con el estudio hecho por PROFECO (2022), los quesos Oaxaca deben presentar un contenido máximo de humedad de 51% para ser considerados dentro de la especificación.

En este estudio, los resultados mostraron una variabilidad significativa entre productores. La muestra QLP ($49.28 \pm 0.72\%$) fue la única que se mantuvo dentro del límite establecido por la normativa, mientras que las demás excedieron el valor permitido, alcanzando humedades superiores al 60% en QDA, QAA y QDR. Esto implica que la mayoría de los quesos evaluados no cumplen con lo estipulado por la normatividad vigente, lo cual puede estar relacionado con la falta de estandarización en los procesos de elaboración artesanal, particularmente en el desuerado y el hilado de la pasta.

Estudios previos en quesos Oaxaca artesanales de Hidalgo y Puebla reportan humedades de 50-58% (González-Córdova et al., 2016), valores similares a los encontrados en este trabajo. Resultados similares han sido reportados por Ramírez-López y Vélez-Ruiz (2012), quienes observaron elevados niveles de humedad. Este fenómeno suele atribuirse a prácticas como desuerado insuficiente, cuajado prolongado o prensado inadecuado, condiciones que dificultan la reducción del contenido de agua. Por ejemplo, se ha reportado que el queso fresco mexicano contiene entre el 46 % y el 57 % de humedad, cifra considerablemente alta que se relaciona directamente con el manejo del cuajado y desuerado durante su elaboración. Asimismo, Fox et al., (2004) señalaron que un exceso de humedad favorece la proliferación de microorganismos alterantes y patógenos, disminuyendo la inocuidad y reduciendo la vida útil del producto.

En contraste, la muestra QLP coincide con lo reportado en quesos industriales estandarizados, lo que sugiere que este productor podría estar aplicando un proceso más controlado, similar al de queserías con mayor tecnificación.

Estos resultados evidencian que la variabilidad en la humedad del queso Oaxaca de Tulancingo de Bravo refleja diferencias en las prácticas de producción local. El incumplimiento de las normativas en la mayoría de las muestras representa un

riesgo en términos de inocuidad y limita la posibilidad de comercialización formal de estos quesos a nivel regional y nacional.

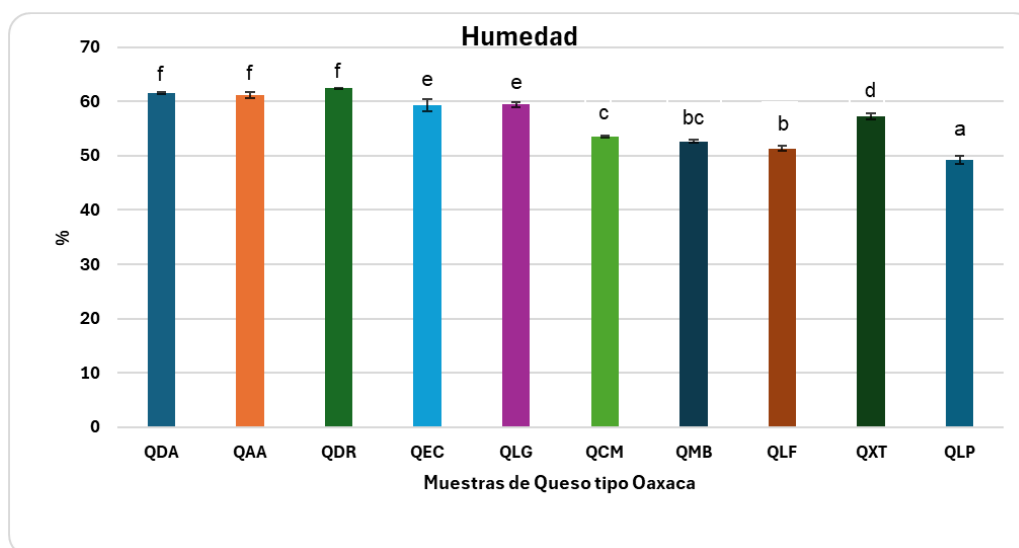


Figura 10. Resultados de humedad en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo. Los resultados se expresan en medias $\pm$ desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.1.2 Cenizas

La prueba de Tukey (95%) evidenció la formación de diferentes grupos homogéneos (Figura 11). Los quesos QLP ($2.72 \pm 0.05\%$) y QXT ($2.74 \pm 0.11\%$) se ubicaron en el grupo con los valores más bajos, mientras que QLG alcanzó el mayor contenido ($4.94 \pm 0.08\%$), seguido de QAA ($4.30 \pm 0.08\%$). El resto de las muestras (QDR, QEC, QCM y QMB) mostraron valores intermedios entre 3.04% y 3.73% , lo que confirma una variabilidad significativa entre los quesos analizados.

Desde un punto de vista tecnológico, el contenido de cenizas representa la concentración total de minerales presentes, y, en gran medida, está influenciado por el método de salado utilizado, los quesos sumergidos en salmuera tienden a presentar mayor contenido de minerales y sodio conforme aumenta la concentración o duración del salado (López-González et al., 2024). En un estudio sobre queso Halloumi elaborado con leche ovina muestran que un mayor tiempo de salado en salmuera resultó en un incremento de sodio y otros minerales en el producto final (Kaminarides et al., 2019). De manera similar, en queso trenzado Mudaffara elaborado con leche de cabra se observó que el uso de una concentración de 15% de sal en la salmuera produjo niveles significativamente más altos de cenizas, proteína y sólidos totales en comparación con concentraciones menores (Mohamed-Abdalla y Gamer-Eldin, 2018).

Así, los valores elevados observados en QLG y QAA podrían estar asociados a un proceso de salado más intenso, lo que incrementa el aporte de sodio y otros minerales al queso. Por el contrario, los quesos con valores bajos (QLP y QXT) podrían haber recibido una menor adición de sal o haber sido sometidos a condiciones de elaboración distintas o a partir de leches con menor contenido mineral, reflejando condiciones de producción menos mineralizadas.

En términos normativos, la NOM-243-SSA1-2010 no establece un rango específico para el contenido de cenizas en queso Oaxaca, aunque este parámetro se reconoce como un indicador indirecto de la composición mineral y de la calidad nutricional (sodio y calcio); mientras que la NMX-F-736-COFOCALEC-2019 especifica un contenido mínimo de minerales cercanos al 2.5%. La literatura reporta contenidos de cenizas en quesos Oaxaca entre 2.5 y 4.5% (Ramírez-López et al., 2013). Estudios sobre quesos frescos artesanales en el valle de Toluca reportan rangos de cenizas entre 2.65 % y 5.24 %, lo cual coincide con la mayoría de las muestras analizadas en este estudio (Díaz-Galindo, 2017). Sin embargo, QLG superó el límite superior reportado, lo que puede considerarse atribuible a variaciones en la técnica artesanal de producción.

Los resultados obtenidos confirman que el contenido de cenizas en los quesos Oaxaca de Tulancingo presentan una alta variabilidad entre productores, probablemente vinculada a diferencias en los procesos de salado y en la composición de la leche. Esta heterogeneidad puede tener implicaciones tanto tecnológicas como nutricionales, y resalta la importancia de estandarizar procesos para garantizar la calidad y uniformidad del producto.

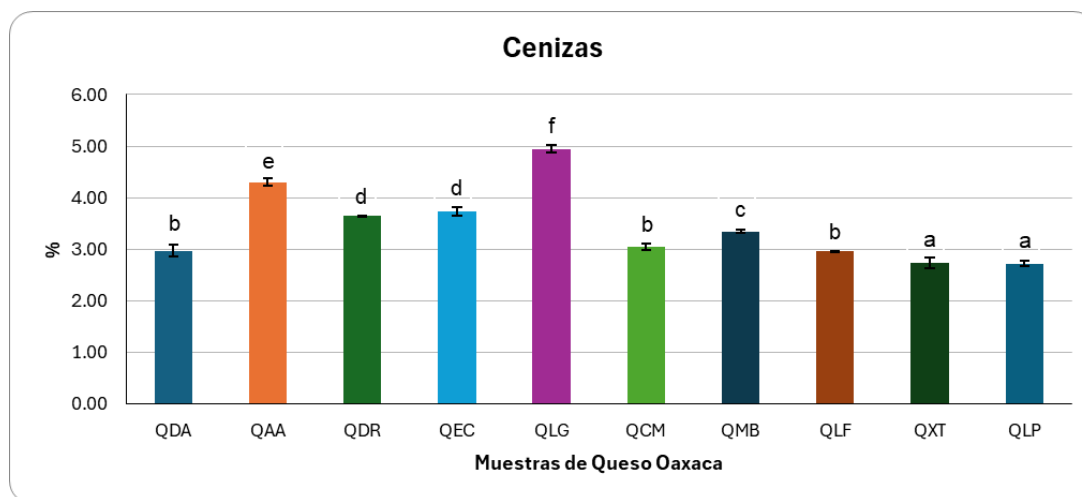


Figura 11. Resultados de cenizas en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo. Los resultados se expresan en medias±desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.1.3 Proteína

La proteína varió entre 18.80% (QXT) y 23.12% (QAA) (Figura 12). Las muestras QAA ($23.12 \pm 0.17\%$), QDA ($22.74 \pm 0.09\%$), QEC ($22.31 \pm 0.06\%$) y QLF ($22.21 \pm 0.11\%$) presentaron los contenidos más elevados, lo que indica diferencias significativas respecto a las demás. En contraste, QXT ($18.80 \pm 0.13\%$) y QLP ($19.89 \pm 0.20\%$) registraron los menores porcentajes de proteína, formando un grupo homogéneo aparte, con diferencias marcadas frente a QAA y QDA. Las demás muestras (QDR, QLG, QCM, QMB y QLF) ocuparon posiciones intermedias, integrando grupos que se interseccionan parcialmente según el análisis de Tukey.

La variabilidad observada en el contenido proteico refleja directamente la calidad de la materia prima y las condiciones tecnológicas de elaboración. El hecho de que las muestras QXT y QLP estén por debajo del límite normativo sugiere problemas en la estandarización de la leche o prácticas de adulteración (ej. dilución con agua), lo que disminuye la concentración de proteínas lácteas. Desde un punto de vista nutricional, estas muestras representan una desventaja para el consumidor, ya que aportan menor cantidad de aminoácidos esenciales, reduciendo así el valor biológico del producto.

Por otro lado, los quesos con mayor contenido proteico (QAA, QDA y QEC) se asocian con una mejor calidad nutricional y propiedades funcionales superiores, pues la proteína (caseína) en los quesos tiene un papel importante en la textura y la capacidad de retener agua, lo que influye en la textura característica del queso Oaxaca. Este hallazgo coincide con lo reportado por Castro-Castillo et al. (2013), quienes mencionan que un mayor nivel de proteína confiere mejor elasticidad, firmeza y capacidad de hilado al queso.

Al comparar con la NOM-243-SSA1-2010, que establece para quesos Oaxaca un contenido mínimo de proteína del 20%, se observa que todas las muestras cumplen con el requisito, excepto QXT ($18.80 \pm 0.13\%$) y QLP ($19.89 \pm 0.20\%$), las cuales se ubican por debajo del estándar, lo que podría reflejar una adulteración con exceso de grasa o agua, o bien deficiencias en la calidad de la leche utilizada.

Diversas investigaciones han reportado que el contenido proteico en queso Oaxaca oscila en valores que podrían considerarse cercanos a 20 y 25%. Aceves-Sánchez y Colín-Cruz (2013) analizaron 29 marcas de queso Oaxaca industrial y artesanal, encontrando que el contenido proteico varió entre aproximadamente 15 % y 22 %. Esa heterogeneidad respalda la existencia de muestras con proteína tanto por encima como por debajo del 20 %, lo que sugiere una notable variabilidad entre los procesos de producción (Aceves-Sánchez & Colín-Cruz, 2013). Este contenido proteico influye directamente en características claves como la textura y capacidades funcionales como el hilado, al afectar la estructura de la red proteica del queso.

Estos resultados confirman que, aunque la mayoría de las muestras cumplen con la norma, existe una heterogeneidad considerable que puede comprometer la calidad final del producto en el mercado.

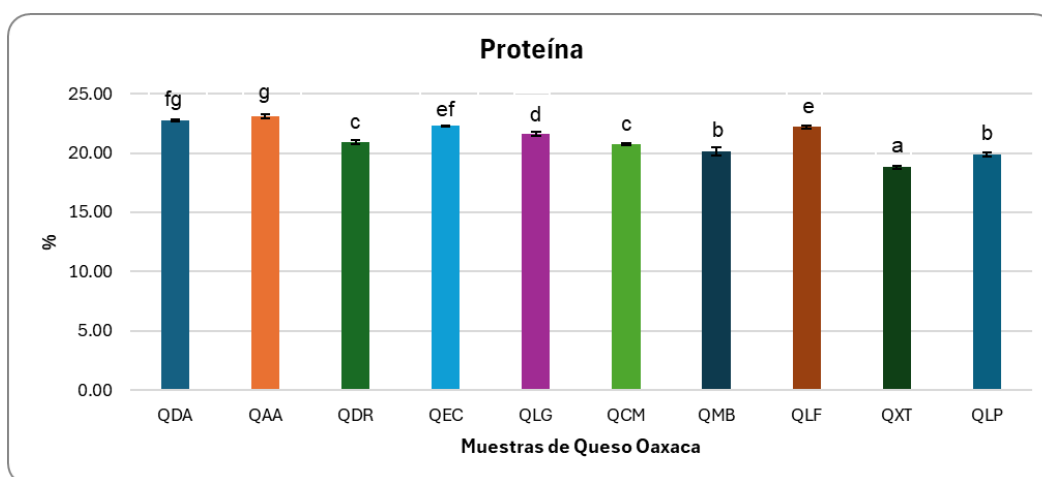


Figura 12. Resultados de proteína en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo. Los resultados se expresan en medias $\pm$ desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.1.4 Grasa

La prueba de Tukey agrupó a las muestras (Figura 13) en distintos niveles: QDR, QAA, QLG y QDA presentaron los valores más bajos (6 a 8%); QEC se ubicó en un nivel intermedio (10%); mientras que QCM, QMB, QLF y QXT mostraron un contenido elevado (20.5 a 23.33 %). La muestra con el valor más alto fue QLP, con 27.33 ± 0.58 %.

De acuerdo con la NMX-F-733-COFOCALEC-2013 y lo establecido en la NOM-243-SSA1-2010 en relación con la composición de quesos, el queso Oaxaca debe presentar un contenido mínimo de 20% de grasa. Bajo este criterio, solamente las muestras QCM, QMB, QLF, QXT, QLP se encuentran dentro del valor normativo.

En estudios previos sobre quesos Oaxaca tradicionales, el contenido de grasa suele oscilar entre 20 y 25% (Ramírez-Navas et al., 2010), con promedios cercanos a 23%, valores que coinciden con lo observado en las muestras QXT, QCM, QMB, QLF y QLP y se asemejan a los reportes de productos auténticos y de calidad. Por otro lado, valores por debajo de 20% como las muestras QDR, QAA, QLG, QDA y QEC, son característicos de imitaciones o quesos con formulaciones modificadas, posiblemente elaborados con menor cantidad de leche entera o con prácticas de estandarización insuficientes.

El contenido de grasa tiene un papel determinante en la textura y funcionalidad del queso Oaxaca. Muestras con bajo contenido de grasa, como los grupos a,b, c, probablemente presenten una textura seca, menor elasticidad y dificultad para formar hebras al fundirse. En cambio, las muestras con valores altos, como QXT, QCM, QLF, QMB y QLP favorecen una textura más cremosa, con mayor suavidad y mejor hilado, atributos sensoriales deseables en estos quesos. Sin embargo, un exceso de grasa como el de QLP puede provocar exudación al calentarse, lo que afecta la presentación y aceptabilidad del producto. Desde el

punto de vista nutricional, un mayor contenido de grasa incrementa el aporte calórico, mientras que niveles bajos reducen calorías pero afectan la calidad tecnológica y sensorial. La falta de cumplimiento de la norma en la mitad de las muestras sugiere la existencia de una producción artesanal no estandarizada, lo cual repercute en la autenticidad y confianza del consumidor.

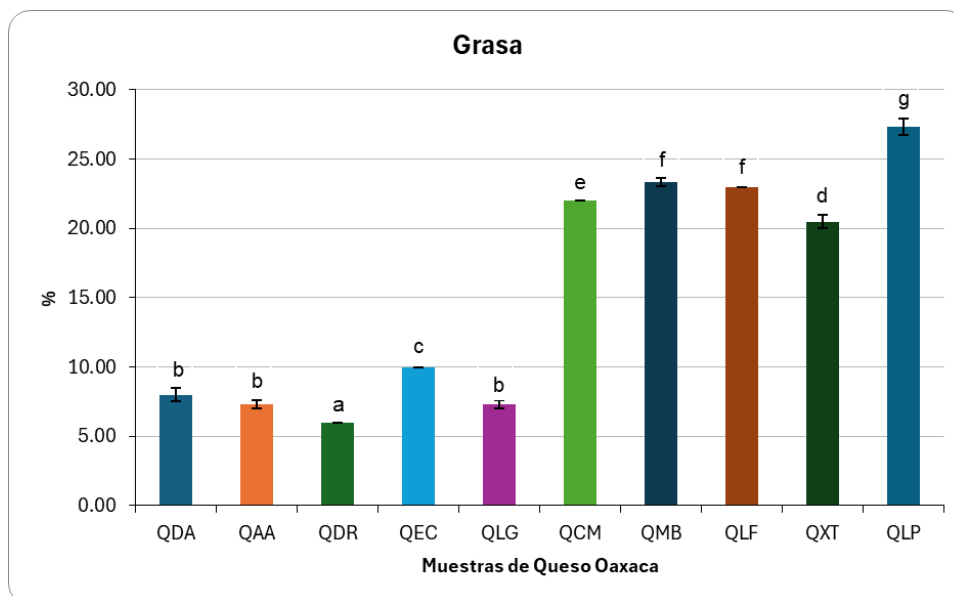


Figura 13. Resultados de grasa en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo. Los resultados se expresan en medias $\pm$ desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.1.5 Almidones

La prueba de Tukey permitió identificar que las muestras QDR ($7.03 \pm 0.14\%$) y QLG ($6.70 \pm 0.94\%$) presentaron los contenidos más altos de almidón, mientras que QCM ($0.70 \pm 0.27\%$), QMB ($0.54 \pm 0.39\%$), QLF ($0.49 \pm 0.37\%$), QXT ($0.68 \pm 0.12\%$) y QLP ($0.77 \pm 0.11\%$) mostraron los valores más bajos, agrupándolos estadísticamente en un mismo grupo. Las muestras QDA ($4.75 \pm 0.54\%$), QAA ($4.04 \pm 0.65\%$) y QEC ($4.65 \pm 1.20\%$) presentaron valores intermedios (Figura 14).

La presencia de almidones en niveles altos puede modificar propiedades fisicoquímicas y sensoriales del queso. En términos de textura, incrementa la firmeza y reduce la elasticidad característica del queso Oaxaca. El almidón eleva el aporte de carbohidratos, disminuyendo la proporción proteica del producto, así como su valor como fuente de proteínas lácteas de alta calidad. Aunque el almidón no representa un riesgo sanitario directo, sí afecta la calidad y autenticidad, generando implicaciones regulatorias y comerciales importantes.

La NOM-243-SSA1-2010 y la NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018 establecen que los quesos no deben contener almidones añadidos, ya que su presencia indica adulteración o sustitución parcial de sólidos lácteos. En este análisis, los valores elevados en QDR y QLG, y en menor medida en QDA, QAA y QEC, sugieren

posible uso de almidones como extensores o para modificar la textura, lo que podría constituir un incumplimiento normativo. En contraste, las muestras con niveles bajos (QCM, QMB, QLF, QXT, QLP) se ajustan a lo esperado en quesos genuinos.

La adición de almidones es una práctica detectada ocasionalmente en el mercado informal, comprometiendo la calidad del producto final (Agudelo et al., 2019). Diversos autores han señalado que la adición de almidones en quesos comerciales se utiliza para mejorar el rendimiento y la consistencia, pero compromete la autenticidad del producto (González-Córdova y Vallejo-Córdova, 2016). Esto coincide con el estudio de Aceves-Sánchez y Colín-Cruz (2013) donde analizaron 29 muestras de queso Oaxaca industriales y artesanales, identificando que algunas contenían almidón, caseína y grasa vegetal, lo que afecta su composición química.

Los niveles detectados en QDR y QLG son atípicos y reflejan una práctica de adulteración en la producción de queso Oaxaca. la PROFECO (2022) ha alertado que algunas marcas de queso Oaxaca contienen almidón no declarado, lo cual viola la normativa.

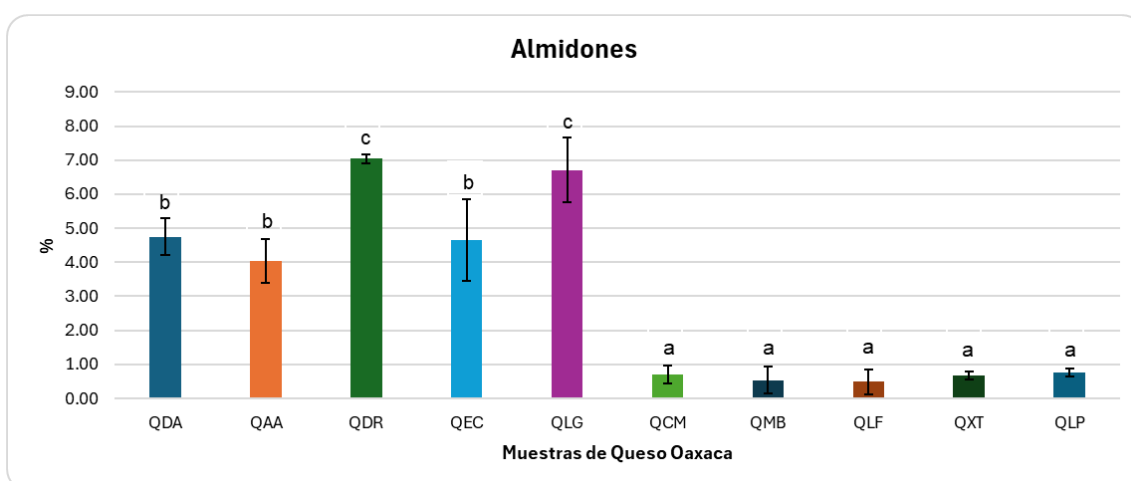


Figura 14. Resultados de almidones en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo. Los resultados se expresan en medias±desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.1.6 Resultados y discusiones generales

Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos en el presente estudio muestran un patrón claro, los quesos QDA, QAA, QDR, QEC y QLG presentaron mayores valores de humedad y cenizas, todos acompañados de una alta presencia de almidón, y, al mismo tiempo menores concentraciones de grasa. Este comportamiento puede explicarse por la capacidad del almidón de retener agua dentro de la matriz del queso, generando un aumento en la humedad y, al mismo tiempo, provocando una dilución de la grasa. Estudios previos confirman esta relación, señalando que la adición de almidones en quesos procesados incrementa significativamente la humedad y reduce los niveles de grasa, además de modificar la textura y estructura del producto (Fitasari et al., 2009).

En relación con el contenido de cenizas, el mayor contenido observado en los mismos quesos no necesariamente está vinculado únicamente al método de salación utilizada, sino también de factores como la composición de la leche y la incorporación de ingredientes no lácteos como la adición de almidones, caseinatos u otros compuestos funcionales (Ramírez-López y Vélez-Ruíz, 2012). Estos ingredientes utilizados pueden modificar tanto la textura como la composición química del producto, incrementando indirectamente el contenido de minerales (Montes de Oca-Flores et al., 2012).

Por otra parte, el contenido proteico no mostró la misma tendencia que la humedad, cenizas y grasa. Es posible que esto se relacione con la incorporación de leche en polvo descremada o concentrados de proteína de leche, los cuales elevan los niveles de proteína en el queso a pesar de la reducción en grasa. Caro et al., (2011) demostraron que el uso de concentrados proteicos en la elaboración de queso Oaxaca reduce la proporción de grasa, pero mantiene o incluso aumenta el contenido de proteínas, mejorando el rendimiento y funcionalidad del producto.

Estos resultados sugieren que la adición de almidones y el posible uso de leche en polvo descremada son prácticas que pueden estar presentes en algunos de los quesos analizados, lo que impacta directamente en la composición fisicoquímica y en la calidad nutricional. Además, esta información abre la posibilidad de realizar futuras investigaciones dirigidas a identificar con mayor precisión las prácticas de adulteración o sustitución en quesos comerciales, así como su efecto en la inocuidad y aceptación del consumidor.

8.2 Análisis microbiológicos

8.2.1 *E. coli*

Los resultados obtenidos muestran variaciones significativas en los conteos de *E. coli* en las muestras de queso Oaxaca de Tulancingo (Figura 15). La muestra QAA ($27,100 \pm 2600$ UFC/g) presentó el valor más elevado, seguida de QDA (9067 ± 1250 UFC/g) y QDR (8167 ± 252 UFC/g), mientras que las menores concentraciones se observaron en QCM (98 ± 3 UFC/g) y QLF (99 ± 1 UFC/g). Estos datos evidencian una heterogeneidad en la calidad microbiológica de los quesos, probablemente relacionada con las prácticas de higiene durante la elaboración y manipulación de la leche y el producto final.

De acuerdo con la NOM-243-SSA1-2010, el límite permisible de coliformes fecales en quesos es de ≤ 100 UFC/g. En este sentido, únicamente las muestras QCM y QLF cumplen con la normativa, mientras que el resto supera de manera significativa los límites establecidos, lo cual representa un riesgo potencial para la inocuidad alimentaria.

La presencia de *E. coli* en concentraciones tan elevadas no solo compromete la calidad del producto, sino que puede implicar riesgos de transmisión de serotipos patógenos, como *E. coli* 0157:H7, relacionados con brotes de gastroenteritis y

síndrome urémico hemolítico en consumidores (Meads y Griffin, 2020). Aunque este estudio no tipificó las cepas, la magnitud de los conteos sugiere deficiencias higiénicas relevantes de interés.

Flores-Nájera et al (2020) informan que en quesos de Hidalgo producidos sin control estricto de pasteurización, los valores de *E. coli* llegaron a superar los 10^3 UFC/g, indicando condiciones de higiene deficientes en el proceso artesanal y escasa sanitización de utensilios y agua. De igual manera, coincidiendo con los resultados de las muestras QDA y QAA del presente estudio, que reflejan una contaminación alta.

González-Córdova et al. (2016) en su revisión, señala que los quesos artesanales en diferentes regiones de México muestran conteos elevados de coliformes y *E. coli*, vinculados a la utilización de leche cruda y a la contaminación cruzada durante el moldeo e hilado. Asimismo, en estudios nacionales sobre quesos frescos, se ha observado que los recuentos de coliformes totales pueden alcanzar hasta 10^4 UFC/g, tal es el caso con la muestra QAA que alcanzó 27,100 UFC/g, esto es vinculado frecuentemente a prácticas de higiene insuficientes durante la producción, transporte y almacenamiento (Vásquez et al., 2018).

Estas revisiones coinciden con los obtenidos en el presente estudio, donde la variabilidad entre muestras refleja diferencias en las condiciones de elaboración, siendo un factor crítico la higiene del que los elabora y la calidad microbiológica del agua utilizada en el proceso.

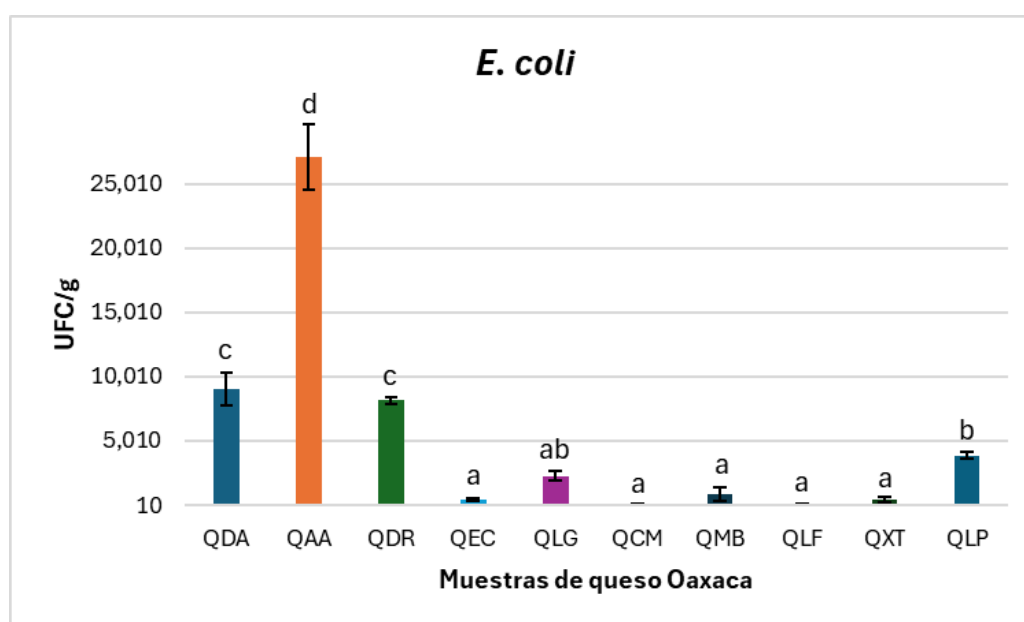


Figura 15. Resultados de *E. coli* en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo. Los resultados se expresan en medias±desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.2.2 Mesófilos totales

El conteo de mesófilos totales en las muestras de queso Oaxaca variaron entre QDA ($1.2 \times 10^6 \pm 2 \times 10^5$ UFC/g) y QMB ($1.96 \times 10^7 \pm 4 \times 10^5$ UFC/g). La prueba de Tukey evidenció que las muestras QMB ($1.96 \times 10^7 \pm 4 \times 10^5$ UFC/g) y QXT ($11.1 \times 10^6 \pm 9 \times 10^5$ UFC/g) presentaron los valores más elevados, mientras que QDA ($1.2 \times 10^6 \pm 2 \times 10^5$ UFC/g), QLP ($4.4 \times 10^6 \pm 4 \times 10^5$ UFC/g) y QLF ($5.2 \times 10^6 \pm 2 \times 10^5$ UFC/g) registraron los recuentos más bajos y significativamente diferentes a las otras (Figura 16).

De acuerdo con la NOM-243-SSA1-2010, no se establece un límite específico para bacterias mesófilas aerobias en quesos, pero se utilizan como indicador de calidad higiénica y prácticas de manufactura. Los recuentos superiores a 10^5 - 10^6 UFC/g suelen asociarse con deficiencias en el proceso de pasteurización, contaminación cruzada o condiciones de almacenamiento inadecuadas, estos criterios han sido descritos como un indicador crítico de falta de higiene o control sanitarios en productos lácteos por Anderson et al., (2000). También, mencionan que un recuento bajo no asegura completamente la ausencia de patógenos y toxinas.

Vásquez et al. (2018) observaron que los mesófilos superaron los límites sugeridos en la normativa peruana (ICMSF) en el 80% de sus muestras de quesos frescos industriales en Cajamarca, Perú (10^5 UFC/g), atribuible a procesos higiénicos deficientes, mala pasteurización y contaminación cruzada. En este sentido, las muestras QMB y QXT superan estos niveles, teniendo recuentos superiores a 10^6 UFC/g, lo que evidencia un potencial riesgo higiénico.

En el estudio de González-Montiel y Franco-Fernández (2015) sobre el queso de Aro de la región de Oaxaca, se reportaron recuentos de mesófilos aerobios totales que alcanzan niveles altos, valores que oscilaron entre 7.37-9.30 Log_{10} UFC/g, señalando que los valores máximos indican condiciones críticas como almacenamiento inadecuado; presencia de microorganismos patógenos ya que todas las bacterias patógenas conocidas transmitidas vía alimentaria son mesófilas y algunas cepas son patógenos oportunistas; muchos de estos microorganismos son los responsables de las modificaciones organolépticas de los alimentos.

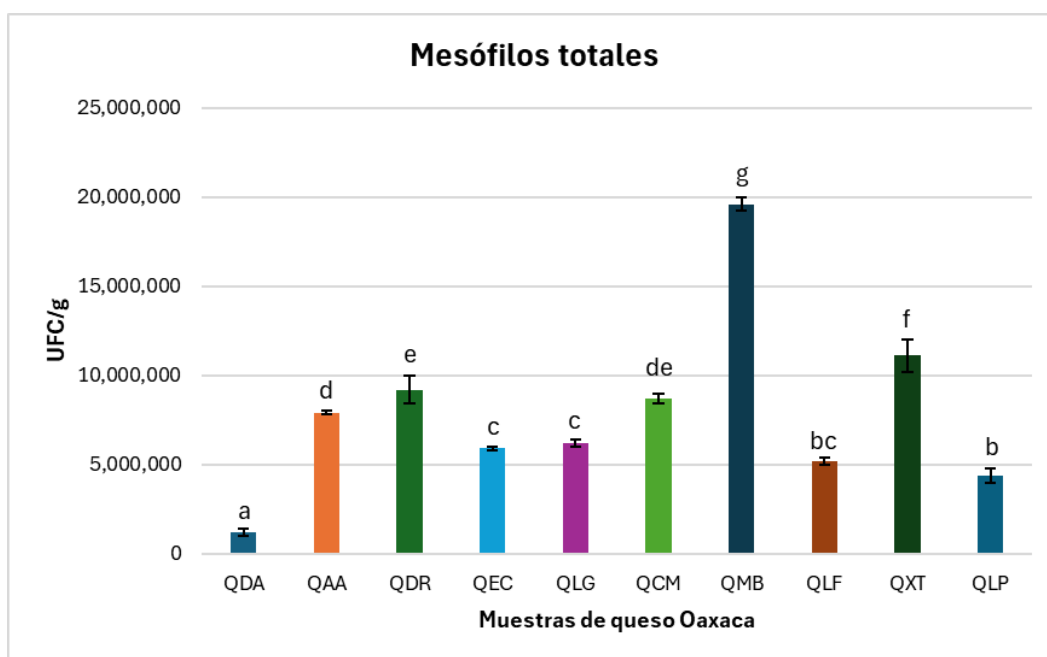


Figura 16. Resultados de mesófilos totales en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo. Los resultados se expresan en medias $\pm$ desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.2.3 *Staphylococcus aureus*

El análisis de *Staphylococcus aureus* reveló la presencia de este microorganismo en varias muestras, con valores que oscilaron entre QLF (400 ± 200 UFC/g) y QCM ($35,967 \pm 4850.08$ UFC/g) (Figura 17). Las muestras QCM ($35,967 \pm 4850.08$ UFC/g), QAA ($20,900 \pm 300$ UFC/g), QDR (6150 ± 50 UFC/g), QDA (2950 ± 150 UFC/g), QXT (2800 ± 200 UFC/g) y QMB (1700 ± 1800 UFC/g) superan el límite máximo permisible establecido por la NOM-243-SSA1-2010, que indica que los quesos no deben exceder de 1000 UFC/g de *S. aureus*. Esto representa un riesgo significativo, pues *S. aureus* puede producir enterotoxinas termoestables capaces de provocar intoxicaciones alimentarias aún después de someterse a tratamientos de calor (Jordá et al., 2012). Mientras que QLF (400 ± 200 UFC/g), QLG (767 ± 57.73 UFC/g), QEC (900 ± 100 UFC/g) y QLP (900 ± 100 UFC/g) obtuvieron valores < 1000 UFC/g cumpliendo con el número permisible establecido por la Norma Oficial Mexicana.

Las muestras QAA, QDR y QCM presentaron conteos significativamente superiores, lo que indica una deficiente higiene durante la elaboración o contaminación cruzada posterior al proceso de pasteurización. Estos niveles concuerdan con lo reportado por Varela-Hernández et al. (2007), quienes identificaron la presencia de *S. aureus* en quesos frescos artesanales de Hidalgo con valores que excedían las normas microbiológicas. También, Barberena (2010) encontró concentraciones de hasta 2.83×10^5 UFC/g en quesos frescos elaborados en el estado de Hidalgo, atribuyendo esta contaminación a la manipulación directa durante el moldeado e hilado, así como al uso de leche cruda.

De forma similar, Barberena (2010) reportaron la presencia frecuente de *S. aureus* en quesos de pasta hilada producidos en Hidalgo, vinculándola con deficiencias higiénicas y la ausencia de controles sanitarios adecuados en los establecimientos pequeños. Castro-Castillo et al. (2013) encontraron que en quesos artesanales de Oaxaca y Puebla se reportaron valores de hasta 10^4 UFC/g, atribuidos a prácticas deficientes de manipulación, falta de control en la higiene del ordeño y almacenamiento a temperaturas inadecuadas. La presencia de *S. aureus* en quesos no solo indica contaminación, sino también riesgo de producción de enterotoxinas, capaces de causar intoxicaciones alimentarias (Argudín et al., 2010). Esto representa un problema de salud pública, sobre todo en productos de consumo directo como el queso Oaxaca.

Los valores más bajos, como los encontrados en QLG, QEC, QLP y QLF, sugieren mejores condiciones de higiene en la manipulación y almacenamiento. En una investigación realizada en queso Oaxaca elaborado de forma artesanal en México se encontró *S. aureus*, señalando que son los recuentos más bajos encontrados en quesos Oaxaca ($4.54 \pm 2.08 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$) y, concluyendo que en niveles moderados se reflejan manejos más controlados (Adame-Gómez, 2018).

La comparación con estos trabajos confirma que la presencia de *S. aureus* en quesos de Tulancingo no es un hallazgo aislado, sino un problema recurrente en la producción artesanal y semi-industrial del queso Oaxaca en México.

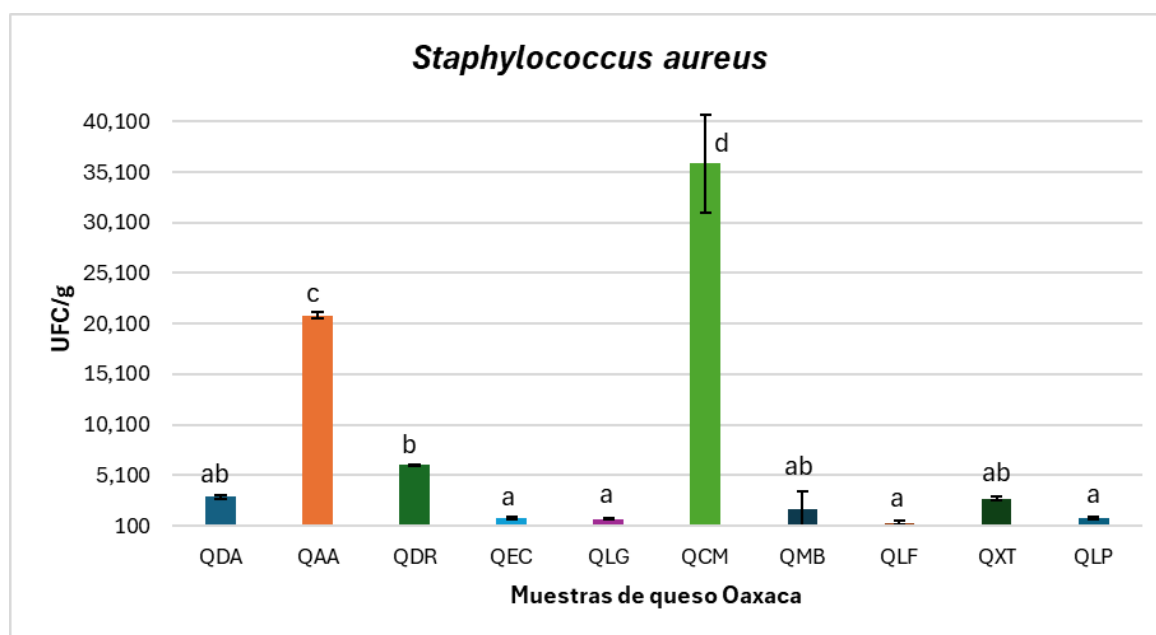


Figura 17. Resultados de *Staphylococcus aureus* en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.

Los resultados se expresan en medias $\pm$ desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

8.2.4 Hongos y levaduras

Los recuentos de hongos y levaduras en queso Oaxaca los valores variaron entre 0 y 3×10^5 UFC/g. De acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$), las muestras QDA ($3 \times 10^5 \pm 1 \times 10^5$ UFC/g), QLG ($3 \times 10^5 \pm 1 \times 10^5$ UFC/g) presentaron los valores más elevados y se ubicaron en el mismo grupo estadístico, mientras que QLF ($2 \times 10^5 \pm 1 \times 10^5$ UFC/g) se colocó en un grupo intermedio, y las muestras QAA ($1 \times 10^5 \pm 0$ UFC/g) y QDR ($1 \times 10^5 \pm 0$ UFC/g) compartieron un grupo homogéneo con valores significativamente menores. En contraste, las muestras QEC, QCM, QMB, QXT y QLP no presentaron crecimiento detectable de hongos y levaduras (0 UFC/g), formando un grupo claramente separado. Los resultados obtenidos se reflejan en la Figura 18, donde se observa una heterogeneidad microbiológica significativa entre los productores, con algunos lotes altamente contaminados y otros completamente negativos.

De acuerdo con la NOM-243-SSA1-2010, los quesos frescos y quesos de suero no deben exceder 1000 UFC/g de mohos y levaduras. En este estudio, solo las muestras QEC, QCM, QMB, QXT, QLP cumplieron con el criterio al no tener presentes estos microorganismos, mientras que QDA, QAA, QDR, QLG, QLF superaron con una muy alta carga los límites normativos. La elevada presencia de estos microorganismos pueden asociarse con fallas higiénicas durante el proceso de elaboración, almacenamiento o en la calidad de la leche utilizada.

Estudios sobre quesos artesanales similares al queso Oaxaca reportan recuentos muy elevados en queso de Aro de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, pues registraron en hongos un mínimo de 2.0 Log_{10} y un máximo de 4.08 Log_{10} , y, en levaduras un mínimo de 3.85 Log_{10} y un máximo de 6.04 Log_{10} , respectivamente, atribuyendo la contaminación a la falta de higiene y mal almacenamiento de la leche como del queso (González-Montiel y Franco-Fernández, 2015). En otro estudio se reportó que quesos frescos artesanales presentan recuentos variables de hongos y levaduras, alcanzando valores de hasta 10^4 a 10^6 UFC/g debido a prácticas higiénicas deficientes y almacenamiento en condiciones inadecuadas (González-Córdova et al., 2016; Flores-Nájera et al., 2020).

En Tulancingo, Palacios-Vargas (2006) también reportó alta variabilidad entre productores, atribuyendo la contaminación fúngica a la falta de refrigeración y el uso de utensilios no sanitizados. Aunque no se encontraron estudios específicos sobre queso Oaxaca, la evidencia disponible y normativa sugiere que los quesos tecnificados tienen recuentos significativamente inferiores, por debajo de 10^4 UFC/g, que aún así no los exenta de tener la presencia de estos microorganismos.

La presencia de hongos y levaduras en niveles elevados es un indicador relevante de la calidad microbiológica y del control en las etapas de elaboración y almacenamiento, representando un riesgo tanto para la calidad sensorial del queso como para la seguridad alimentaria. Estos microorganismos pueden provocar defectos en el sabor, textura y apariencia del producto, además de reducir su vida útil (Flores-Nava et al., 2020). En cuanto a la presencia de hongos, aunque los datos específicos para queso Oaxaca son limitados, estudios sobre quesos artesanales en otras regiones del país han identificado géneros micotóxicos como *Penicillium*, *Fusarium* y *Geotrichum*, lo que representa riesgos

potenciales para la salud si no se controla la inocuidad (Arispe-Vázquez et al., 2020).

El hallazgo de muestras sin crecimiento (0 UFC/g) sugiere que, aunque existe una variabilidad entre productores, algunas unidades cumplen con las condiciones higiénico-sanitarias recomendadas. Sin embargo, la alta carga detectada en otras muestras representa un riesgo de deterioro acelerado del producto, disminución de la vida de anaquel y posibles alteraciones sensoriales, como desarrollo de sabores y olores indeseables (Fox et al., 2017)

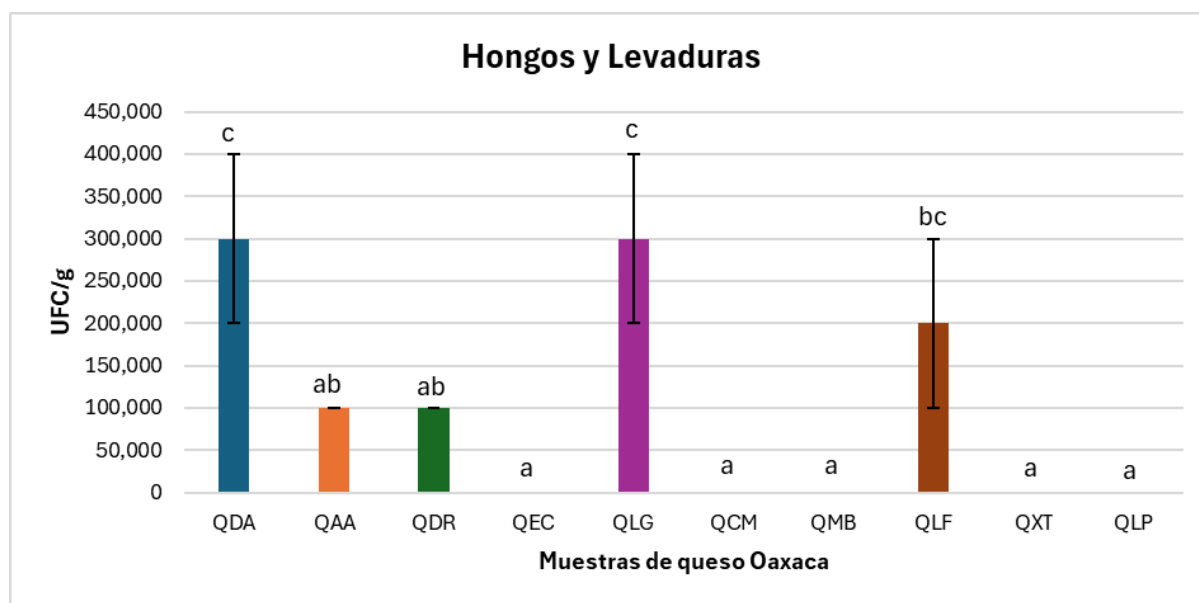


Figura 18. Resultados de hongos y levaduras en muestras de queso Oaxaca obtenidas en el Valle de Tulancingo.

Los resultados se expresan en medias $\pm$ desviación estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) utilizando la prueba de comparación de medias Tukey HSD con 95% de confianza.

9. CONCLUSIONES

Este estudio evidenció que, aunque los quesos Oaxaca producidos en Tulancingo de Bravo, Hidalgo en su mayoría conservan las cualidades fisicoquímicas propias de este tipo de producto, sin embargo; su calidad microbiológica representa un problema de interés para la inocuidad alimentaria. Los altos recuentos de mesófilos, la presencia de *E. coli* y *S. aureus* en niveles superiores a los permitidos, así como las cargas elevadas de hongos y levaduras, evidencian deficiencias higiénicas durante la producción y manipulación del queso. Estos resultados exponen la necesidad de fortalecer las Buenas Prácticas de Manufactura y el control sanitario en la producción artesanal y semi industrial de quesos, con el fin de reducir riesgos para la salud del consumidor y garantizar la competitividad del producto final.

10. REFERENCIAS

- Aceves-Sánchez, J. F., & Colín-Cruz, M. A. (2013). *Caracterización del fundido y textura de queso Oaxaca y queso Oaxaca de imitación comercial*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Adame-Gómez, R., Toribio-Jimenez, J., Vences-Velazquez, A., Rodríguez-Bataz, E., Santiago Dionisio, M. C., & Ramirez-Peralta, A. (2018). Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in Artisanal Cheeses in México. *International journal of microbiology*, 2018, 8760357. <https://doi.org/10.1155/2018/8760357>
- Agudelo, J., Valencia, J. & Restrepo-Molina, D. (2014). Efecto de la Adición de dos Tipos de Almidones en las Propiedades Texturales de Queso Análogo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 68. 7545-7555. 10.15446/rfnam.v68n1.47843.
- Alcázar-Montañez, C. D., Rubio-Lozano, M. S., Espinosa, F. N., & Alonso-Morales, R. A. (2006). Detección de Salmonella spp. y Listeria monocytogenes en quesos frescos y semimadurados que se expenden en vía pública en la ciudad de México. *Veterinaria México*, 37(4), 417–429. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42337402>
- Anderson, P., Del Rosario, M., y Calderón y Pascual, V. (1999). *Microbiología alimentaria*. Ediciones Diaz de Santos.
- Arispe Vázquez, J. L., Sánchez Arizpe, A., & Galindo Cepeda, M. E. (2021). Microbiota fúngica en quesos artesanales en Saltillo, Coahuila, México. *Revista ION*, 34(1), 7–13. DOI: <https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021001>
- Argudín, M. Á., Mendoza, M. C., y Rodicio, M. R. (2010). Food poisoning and *Staphylococcus aureus* enterotoxins. *Toxins*, 2(7), 1751–1773. <https://doi.org/10.3390/toxins2071751>
- Barberena-Calva, J. G. (2010). Presencia de *Staphylococcus aureus* en quesos frescos elaborados en el estado de Hidalgo.
- Bautista-Serrano, G. (2008). Efecto del contenido de materia grasa y sólidos no grasos de la leche sobre las propiedades funcionales del fundido del queso tipo Oaxaca [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Caro, I., Franco M. J., Mateo J. y Alonso, C. (1998). Influencia en la acidificación del queso tipo Oaxaca de la adición de distintas cantidades de fermentos mesófilos y termófilos a distintos tiempos de inoculación.

XI Congreso Nacional de Microbiología de la SEM. Libro de ponencias, comunicaciones y posters. Pamplona, España.

- Caro, I., Soto, S., Franco, M. J., Meza-Nieto, M., Alfaro-Rodríguez, R., y Mateo, J. (2011). Composition, yield, and functionality of reduced-fat Oaxaca cheese: Effects of using skim milk or a dry milk protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 94(2), 580–588. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3102>
- Castro-Castillo, G., Martínez-Castañeda, F. E., Martínez-Campos, Á. R., & Espinoza-Ortega, A. (2013). Caracterización de la microbiota nativa del queso Oaxaca tradicional en tres fases de elaboración. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33(2), 105-109.
- Cervantes-Escoto, F., y Villegas de Gante, A. (2012). La leche y los quesos artesanales en México. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM, CONACYT.
- Cervantes-Escoto, F., Cesín-Vargas, A., y Mamani-Oño, I. (2013). La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(1), 75-86. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000100006&lng=es&tlng=es.
- Cesín-Vargas, A. (2014). [Reseña del libro La leche y los quesos artesanales en México, por F. Cervantes Escoto y A. Villegas de Gante]. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11(2), 275–278.
- Charles-Hernández, G. L., Medina-Solís, C. E., y Hernández-Romano, J. (2007). Prevalencia de Salmonella sp en alimentos en el Estado de Tamaulipas durante el año 2005. *Revista de Investigación Clínica*, 59(6), 437-443.
- De Gante, A. V., Moreno, A. S., y Escoto, F. C. (2016). Los quesos mexicanos tradicionales. Universidad Autónoma de Chapingo
- Díaz-Galindo, E. P., Valladares-Carranza, B., Gutiérrez-Castillo, A. Del C., Arriaga-Jordan, C. M., Quintero-Salazar, B., Cervantes-Acosta, P., y 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. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4419>

- Farkye, N.Y. (2004). cheese technology. international journal of dairy technology. 57(2-3):91-98.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1471-0307.2004.00146.x>
- Fiallos-Zaruma, H. S. (2022). Caracterización y susceptibilidad antimicrobiana de bacterias ácido lácticas recuperadas de lactosuero en la Cooperativa de Producción de Leche “Chuquipogyo” del Quinual-La Merced parroquia San Andrés.
- Fitasari, E. (2009). The effect of wheat starch addition level on moisture content, fat content, protein content, microstructure, and organoleptic quality of processed gouda cheese. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 4(2), 17-29.
- Flores-Nájera, E., Hernández-Mendoza, A., Espinoza-Ortega, A., y Vallejo-Cordoba, B. (2020). Microbiological quality and safety of artisanal Mexican cheeses: A case study in Hidalgo. *Food Control*, 113, 107189. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107189>
- Flores-Nava, G., Rodríguez-Rodríguez, R., y Mendoza-Flores, A. (2020). Contaminación microbiana en quesos artesanales mexicanos: riesgos y estrategias de control. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 707–722. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5341>
- Fox, P. F. y Cogan, T. M. (2004). Factors that Affect the Quality of Cheese. Chapter in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 1, 3rd ed. Pp. 583.
- Fox, P. F. y McSweeney, P. L. H. (2004) Cheese: An Overview. Chapter in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 1, 3rd ed. P.L.H. McSweeney, ed., Elsevier Science/ Academic Press, London. 1-18 pp
- Fox, P. F., McSweeney, P. L., Cogan, T. M., y Guinee, T. P. (Eds.). (2004). *Cheese: Chemistry, physics and microbiology, Volume 1: General aspects*. Elsevier.
https://books.google.com.mx/books?id=a95C5Nza5_EC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Fuentes-Jiménez, L. (2014). Efecto del tiempo de almacenamiento refrigerado sobre la calidad del queso Oaxaca (México) elaborado con leche cruda y estudio taxonómico y tecnológico de su microflora ácido-láctica [Tesis doctoral, Universidad de León]. Universidad de León.
- Gallegos-Daniel, C., Taddei-Bringas, C., & González-Córdova, A. F. (2023). Panorama de la industria láctea en México. *Estudios sociales. Revista de*

alimentación contemporánea y desarrollo regional, 33(61).
<https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1251>

García-Islas, B. (2012). Caracterización físico-química de diversos tipos de quesos elaborados en el valle de Tulancingo, Hgo., con el fin de proponer normas de calidad (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Gobierno de Tulancingo. (s.f.). Crecimiento económico y trabajo de calidad. Plan Municipal de Desarrollo. Presidencia Municipal de Tulancingo de Bravo. Recuperado de:
<https://planmunicipaldedesarrollo.tulancingo.gob.mx/crecimiento-economico-y-trabajo-de-calidad/>

González-Córdova, A. F., Yescas, C., Ortiz-Estrada, Á. M., De los Ángeles de la Rosa-Alcaraz, M., Hernández-Mendoza, A., & Vallejo-Cordoba, B. (2016). Invited review: Artisanal Mexican cheeses. *Journal Of Dairy Science*, 99(5), 3250-3262. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10103>

González-Córdova, A. F., Vallejo-Cordoba, B., y Mozzi, F. (2016). Microbiological safety and quality of traditional Mexican cheeses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 63–80. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12175>

González-Montiel, L., Aburto-Amar, R., Estrada-Fabián, A., Espino-García, J. J., y Franco-Fernández, M. J. (2013). Contenido de bacterias ácido lácticas en queso Oaxaca de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca. XV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Colima, Colima, Colima, México.

González-Montiel, L., y Franco-Fernández, M. J. (2015). Perfil microbiológico del queso de aro consumido en la Cañada Oaxaqueña. *Brazilian Journal of Food Technology*, 18(3), 250-257.

Guzmán-Hernández, R. L., Hernández-Velez, R. M., Morales-Estrada, A. I., Fernández-Rendón, E., López-Mering, A., y Contreras-Rodríguez, A. (2016). Aislamiento e identificación de *Brucella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus* en quesos frescos no pasteurizados de una zona tropical del Golfo de México. *Revista Científica FCV-LUZ*, XXVI(5), 324–331.

Inda, A. (2000). Optimización de Rendimiento y Aseguramiento de Inocuidad en la Industria de la Quesería. México: Organización de los Estados

- INEGI. (2015). Censo de Población y Vivienda. Población económicamente activa por sector económico, municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx>
- Johnson, M. y Law, B. A. (2011). The fundamentals of cheese technology. En: Law B. A. y Tamime A. Y. (Eds). Technology of cheesemaking. Segunda edición. Wiley Blackwell, Reino Unido
- Jordá, G. B., Marucci, R. S., Guida, A. M., Pires, P. S., y Manfredi, E. A. (2012). Portación y caracterización de *Staphylococcus aureus* en manipuladores de alimentos. Revista argentina de microbiología, 44(2), 101-104.
- Juárez-Contreras, S. (2022). Incidencia de *Listeria monocytogenes* en leche cruda y productos lácteos comercializados en la Zona Metropolitana de México. Acta De Ciencia En Salud, (20). Recuperado de <https://actadecienciaensalud.cutonala.udg.mx/index.php/ACS/article/view/162>
- Kaminarides, S., Moschopoulou, E., & Karali, F. (2019). Influence of Salting Method on the Chemical and Texture Characteristics of Ovine Halloumi Cheese. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(7), 232. <https://doi.org/10.3390/foods8070232>
- Kindstest, P.S., Caric, M. y Milanovic, L. (2004). Pasta-filata Cheese. Chapter in Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2, 3rd ed. P. L. H. McSweeney, ed., Elsevier Science/Academic Press, London. 251-277 pp
- López-González, N., Abarquero, D., Combarros-Fuertes, P., Prieto, B., Fresno, J. M., y Tornadijo, M. E. (2024). Influence of Salting on Physicochemical and Sensory Parameters of Blue-Veined Cheeses. *Dairy*, 5(1), 93-105. <https://doi.org/10.3390/dairy5010008>
- López, V., Suárez, M., Chico-Calero, I., Navas, J., & Martínez-Suárez, J. V. (2006). *Listeria monocytogenes* en alimentos: ¿son todos los aislamientos igual de virulentos?. Revista argentina de microbiología, 38(4), 224-234.
- McMahon, D. J. (2011). Pasta-Filata Cheeses: Low-Moisture Part-Skim Mozzarella (Pizza Cheese). Encyclopedia of Dairy Sciences 2nd Edition. Londres: Elsevier, 737-744.
- Mohamed-Abdalla, M. O., y Gamer-Eldin H. E. (2018). Effect of Milk Type and Salt Concentration on the Physicochemical Characteristics of Mudaffara

(Braided) Cheese. *Advances in Research*, 13(5), 1–9.
<https://doi.org/10.9734/AIR/2018/33121>

Montes de Oca-Flores, E., Espinoza-Ortega, A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2019). Propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de la leche y características fisicoquímicas del queso Oaxaca tradicional. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 10(2), 367–378.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4291>

NMX-F-733-COFOCALEC. (Vigente; ficha de DOF/SE). Sistema Producto Leche—Queso Oaxaca—Denominación, especificaciones y métodos de prueba. (Declaratoria de vigencia y referencia normativa)

NMX-F-736/1-COFOCALEC-2019. SISTEMA PRODUCTO LECHE-ALIMENTOS-LÁCTEOS-IDENTIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS EN LECHE-PARTE 1: DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS PROTEÍNAS PROPIAS DE LA LECHE POR ELECTROFORESIS CAPILAR DE ZONA-MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-F-736/1-COFOCALEC-2012).

NOM-121-SSA1-1994. (1994). Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación.

NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018. (2018). Queso – Denominación, especificaciones, información comercial y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación.

NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, productos lácteos combinados y derivados lácteos. Diario Oficial de la Federación.

NOM-243-SSA1-2010. (2010). Productos y servicios—Leche, productos lácteos y sus combinaciones—Especificaciones sanitarias. DOF. (Marco de inocuidad para contraste con tus análisis microbiológicos). Diario

NORMA Oficial Mexicana NOM-183-SCFI-2012, Producto lácteo y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

Ortiz, J. J. D., y Hernández, A. P. (2025). Presencia de Peligros Biológicos en Leche de Bovinos: Evaluación Microbiológica y Propuesta de Buenas Prácticas Pecuarias en una Unidad Productiva de Michoacán, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 8(2), <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/80119/55191>

- Ortiz L, Miriam C, & Ríos de S, Manuela. (2006). Comparación de los métodos Petrifilm™ coliformes y Número Más Probable (NMP) para la determinación de coliformes fecales en muestras de queso blanco. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 37(2), 15-18.
- Palacios Vargas, S. (2006). Caracterización microbiológica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo, Hidalgo (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo).
- PROFECO. (2022). Estudio de calidad: Queso Oaxaca e imitación (Revista del Consumidor). Gobierno de México. <https://www.gob.mx/profeco>
- Programa Sectorial de Desarrollo de Agricultura y Desarrollo Rural 2023-2028 http://tenemosunacuerdo.hidalgo.gob.mx/pdf/PROGRAMAS_SECTORIALES/Programa_Sectorial_de_Development_de_Agricultura.pdf
- Ramírez-Cárdenas, M., Aguilar-Rodríguez, C., y León-Sánchez, M. (2018). Comparación de la calidad microbiológica de quesos Oaxaca artesanales e industrializados en México. *Revista de Ciencias Alimentarias*, 36(2), 95–104.
- Ramírez-López, C., y Vélez-Ruiz, J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 131–148.
- Ramírez-López, C., Ramírez-Nolla, S., y Vélez-Ruiz, J. F. (2013). Efecto del tipo de leche y combinaciones sobre las propiedades del queso Panela mexicano [Ponencia].
- Ramírez-Navas, J. S., Osorio-Londoño, M., y Rodríguez de Stouvenel, A. (2010). El quesillo: Un queso colombiano de pasta hilada. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, (60), 63–66.
- Rangel-Quintos, J., y Cuevas-Reyes, V. (2025). Aporte de la Producción de leche a la sustentabilidad de los sistemas alimentarios del trópico en México. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 34, 1–8. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4720>
- Ratón, Teresa de los Milagros Orberá. Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. *Revista Cubana de Salud Pública*, 2004, vol. 30, no 3, p. 0.

- Reinheimer, J. (Ed.). (2021). Avances y tendencias en la industria láctea: La contribución argentina desde el INLAIN. Ediciones UNL. <https://www.unl.edu.ar/editorial> ISBN 978-987-749-216-3
- Rodiles-López, J. O. ., Ochoa-Manzo, G. M. ., y Zamora Vega, R. (2023). El queso y sus variedades. *Milenaria, Ciencia Y Arte*, (21), 19–23. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi21.355>
- Rodríguez Salomón, J. M., & Armenta Ramírez, A. B. (2018). Panorama sobre la producción y el consumo de leche y lácteos en México / Outlook of milk and dairy production and consumption in Mexico. *Alto Alz*, 20(78), 518–534.
- Romero Santillán, F., Espinosa García, J. A., Cuevas Reyes, V., Moctezuma López, G., y Joluais Barrera, J. (2009). Demandas tecnológicas y de política para mejorar la competitividad de la cadena agroalimentaria de leche en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 13(24), 774–784.
- Sakkas, L., Mallatou, H., Samelis, J., & Pappa, E. C. (2023). Effect of dry and brine salting on the mineral composition and textural properties of Halloumi cheese. *Foods*, 12(1), 105. <https://doi.org/10.3390/foods12010105>
- Sánchez-Torres, Y., & González-Romo, A. (2016). Estrategias participativas para la producción de quesos en la región del valle de Tulancingo, Hidalgo. *CIMEXUS (Morelia, Mich.)*, 11(2), 49–70.
- Sánchez-Valdés, J. J., Colín-Navarro, V., López-González, F., Avilés-Nova, F., Castelán-Ortega, O. A., & Estrada-Flores, J. G. (2016). Diagnóstico de la calidad sanitaria en las queserías artesanales del municipio de Zacazonapan, Estado de México. *salud pública de méxico*, 58(4), 461-467.
- Secretaría de Economía. (2012). Análisis del sector lácteo en México. Dirección General de Industrias Básicas. https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf
- Secretaría de Economía. (2021). *Panorama de la industria láctea en México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/se>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). *Producción nacional de leche*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/siap>

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Producción de derivados lácteos en México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/siap>
- Secretaría de Salud. (1996, 23 de febrero). NOM-121-SSA1-1994. Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación. <https://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/121ssa14.html>
- Totosaus, A., y Güemes-Vera N. (2008) Effect of κ - and λ -Carrageenans as Fat-Replacers in Low-Fat Oaxaca Cheese, International Journal of Food Properties, 11:3, 656-668
- Totosauas, A., Rojas-Neri, E., y Franco-Fernández, M. J. (2017). Textural and melting properties of fat-reduced Oaxaca-type cheese employing soybean oil/soy protein isolate and carrageenans emulsions as fat replacer. International Journal of Dairy Technology, 70(4), 867–877. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12397>
- Udayarajan, C., (2007). Relating physicochemical characteristics of cheese to its functional performance. Tesis doctoral. (PhD of Philosophy Food Science). Universidad de Wisconsin-Madison, EE.UU. 29 pp
- Varela-Hernández, J. J., Cabrera-Díaz, E., Cardona-López, M. A., Ibarra-Velázquez, L. M., y Castillo, A. (2007). Occurrence of *Staphylococcus aureus* in raw milk and cheeses from small dairy farms in Hidalgo, Mexico. Food Microbiology, 24(6), 625–631. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.01.001>
- Vásquez A., V., Salhuana G., J. G., Jiménez D., L. A., y Abanto Ríos, L. M. (2018). Evaluación de la calidad bacteriológica de quesos frescos en Cajamarca. Ecología Aplicada, 17(1), 45–51. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1172>
- Villegas de Gante, A. (2004). Dos famosos quesos de pasta hilada (filata): el Oaxaca y el Mozzarella: Revista Carnilac Industrial. Oct-Nov (16) CIESTAAM. México.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. y Geurts T. J. (2006). Dairy Science and Technology. CRC Press. Nueva York, EE.UU. 140-155 pp
- Wendorff, W. L. (2003). Cheese salt and mineral retention. Journal of Dairy Science, 86(11), 3826–3831. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73991-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73991-1)

11. ANEXOS

Anexo 1. Muestras de quesos Oaxaca utilizados.*

Muestra 1	Quesos La Preferida
Muestra 2	Quesos Car-Mina
Muestra 3	Quesos 2 Arbolitos
Muestra 4	Quesos MangiBone
Muestra 5	Quesos LacFel
Muestra 6	Quesos Xaltepec
Muestra 7	Quesos Agroindustria Productos Lácteos
Muestra 8	Queso 2 Ranchitos
Muestra 9	Quesos El Charro
Muestra 10	Quesos Los Güeros

* El orden de los datos y resultados de las muestras de quesos Oaxaca están ordenados de manera aleatoria.