

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EFFECTO DEL SUERO FERMENTO AUTÓCTONO SOBRE LA CALIDAD
MICROBIOLOGÍA Y SENSORIAL DEL QUESILLO ARTESANAL**

POR:

MARÍA JOSÉ OCHOA NÚÑEZ

TESIS DE INVESTIGACIÓN



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

**EFFECTO DEL SUERO FERMENTO AUTÓCTONO SOBRE LA CALIDAD
MICROBIOLOGÍCA Y SENSORIAL DEL QUESILLO ARTESANAL**

POR:

MARÍA JOSÉ OCHOA NÚÑEZ

JUAN AMÍLCAR COLINDRES MONCADA

Asesor principal

TESIS DE INVESTIGACION

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, porque es el que cada día me dio la sabiduría y entendimiento para poder alcanzar y cumplir esta gran etapa de mi vida.

Dedico este trabajo a los pilares de mi vida, mis padres Silvia Elizabeth Núñez y José Clemente Ochoa, quienes cada día con tanto esfuerzo han trabajado duro para que yo pueda cumplir cada uno de mis sueños, con su constante apoyo e incondicional amor. Porque son mi motivación de todos los días, ya que por ellos es que soy quien soy ahora.

A mis hermanas, Karla Faviola Ochoa y Gineth Lucila Ochoa, mis dos grandes y excepcionales ejemplos a seguir, quienes han recorrido toda esta trayectoria junto a mí, dándome constantes fuerzas y ánimos para seguir adelante, quienes siempre han estado tanto en las alegrías como en la adversidad.

A mi abuela, Lucía Herrera, quien esta gozando de la gloria de Dios, porque, aunque en vida no este, me siento privilegiada de estar enorgulleciéndola hasta el cielo al estar logrando este sueño que tanto desee vivir junto a ella.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a nuestro padre celestial, por la oportunidad de poder culminar una meta más en mi vida. A mis padres porque siempre creyeron en mí, por alentarme en cada paso de mi carrera, les agradezco por siempre haber estado presente en este viaje que ya casi llega a su fin.

A las confidentes que la universidad me regalo, Gabriela Michelle Tabora e Isis Nallely Melgar, agradecerles porque han estado conmigo en cada momento vivido, por su apoyo en cada situación difícil donde sus palabras fortalecieron mi corazón y mente para culminar este gran logro, gracias por caminar a mi lado todo este tiempo.

A mi compañero, Alex Javier Álvarez, con quien trabajé de la mano, mi apoyo incondicional en todo este proceso, agradecerle por siempre estar para mí durante la realización de mi trabajo, porque juntos hicimos que este proyecto saliera adelante, junto con todas las dificultades y victorias.

A la Universidad Nacional de Agricultura por el aprendizaje adquirido y preparación para mi futura vida profesional. Por cada experiencia vivida en estos 4 gratificantes años.

A mis asesores: M.Sc. Juan Amílcar Colindres, Ph.D. Mario Gonzales, Dra. Nelys Herrera, por su incondicional apoyo, valiosas sugerencias y conocimiento que fueron fundamentales para el éxito de mi trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	3
INDICE DE FIGURAS.....	4
I. RESUMEN.....	5
II. INTRODUCCIÓN.....	6
III. OBJETIVOS.....	8
3.1. Objetivo general.....	8
3.2. Objetivo específico	8
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	9
4.1. La leche.....	9
4.1.1. Composición nutricional de la leche	9
4.1.2. Proteínas de la leche	10
4.1.3. Albumina en la leche	10
4.1.4. Vitaminas en la leche	11
4.1.5. Importancia de la calidad de la leche	11
4.2. Elaboración de queso artesanal	12
4.2.1. Denominación del quesillo.....	12
4.3. Suero lácteo	13
4.4. Cultivos iniciadores	13
4.4.1. Suero fermento.....	14
4.4.1.1. Usos del suero fermento	15
4.4.2. Impacto ambiental del suero lácteo	15
4.5. Productos fermentados.....	16
4.6. Bacterias ácido lácticas (BAL).....	16
4.7. Termización	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1. Ubicación de la investigación	18
5.2. Materiales y equipo.....	18
5.3. Metodología.....	19
5.3.2. Etapa 1: Elaboración del suero fermento autóctono	19
5.3.3. Etapa 2: Elaboración del quesillo artesanal.....	20
5.3.3.1. Descripción paso a paso de la elaboración del quesillo	20
5.3.4. Etapa 3: Análisis microbiológicos	21
5.3.5. Etapa 4: Análisis fisicoquímicos.....	22
5.3.6. Etapa 5: Evaluación sensorial.....	23

5.3.7. Diseño experimental	23
5.3.7.1. Variable dependiente.....	23
5.3.7.2. Variable independiente.....	23
VI. RESULTADOS	24
6.1. Análisis fisicoquímicos.....	24
6.2. Análisis sensorial.....	26
6.3. Análisis microbiológicos	27
VII. CONCLUSIONES.....	30
VIII.RECOMENDACIONES.....	31
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
X. ANEXOS.....	34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composiciones de los distintos tipos de leche animal	9
Tabla 2. Materiales y equipos.....	18
Tabla 3. Método para la identificación de microorganismos.	21
Tabla 4. Métodos para la determinación de los análisis fisicoquímicos. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 5. Medias y desviación de los atributos de los tratamientos evaluados	26
Tabla 6. Calidad microbiológica del quesillo.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de las proteínas lácteas	10
Figura 2. Ubicación de la planta de investigación	18
Figura 3. Elaboración del suero fermento autóctono	19
Figura 4. Elaboración del quesillo artesanal	20
Figura 5. Comportamiento del pH en los tratamientos conforme al % de cultivo utilizado. 24	
Figura 6. Comportamiento de la acidez en el quesillo conforme al % de cultivo utilizado. .25	

Ochoa Núñez, María José (2025). Efecto del suero fermento autóctono sobre la calidad microbiológica y sensorial del quesillo artesanal. Trabajo Profesional Supervisado por tesis de grado Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas Olancho, Honduras, C.A.

I. RESUMEN

Los lácteos artesanales son parte esencial de la alimentación tradicional por su valor cultural y nutricional. El uso de suero fermento autóctono, rico en bacterias ácido-lácticas, se propone como una alternativa natural para mejorar su seguridad y calidad. El suero fermento es un cultivo natural de bacterias ácido-lácticas obtenido del suero lácteo fermentado y usado como iniciador biológico en productos lácteos. **Objetivo:** elaborar un quesillo artesanal utilizando suero fermento autóctono preparado bajo un proceso de termización de un suero lácteo de queso artesanal sin pasteurizar, con el fin de mejorar la calidad microbiológica y estandarizar sus propiedades sensoriales. Se elaboró quesillo artesanal con 0% (PB), 4.2% (Tratamiento 1), 22.0% (Tratamiento 2) y 36.7% (Tratamiento 3), evaluando pH, acidez, actividad microbiana y características sensoriales (Aroma, sabor, textura y aceptación general) mediante escala hedónica de 9 puntos. Se aplicó DCA y Tukey ($p < 0.05$) a todos los análisis en Infostat. **Resultados:** El pH no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. La acidez titulable mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), disminuyendo con el aumento del porcentaje de suero fermento; los tratamientos con 22.0% y 36.7 % presentaron valores significativamente menores que 0% y 4.2%. Los resultados microbiológicos muestran una reducción progresiva de la carga microbiana a medida que aumenta el porcentaje de suero fermento en los tratamientos. En comparación con el control, los tratamientos T1, T2 y T3 disminuyeron de forma significativa los niveles de coliformes totales, *E. coli* y mohos y levaduras, siendo el tratamiento T3 el más efectivo en todos los casos. Numéricamente, T3 logró reducciones de 88.8% en coliformes totales, 87.6% en *E. coli* y 73.3% en mohos y levaduras, valores superiores a los obtenidos por T1 y T2. En el análisis sensorial se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), destacando la muestra 104 con los puntajes más altos. Por lo tanto, la muestra 104 se considera el mejor tratamiento. **Discusión:** La acidez titulable disminuye con los porcentajes más altos de cultivo. En el análisis sensorial hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), destacando la muestra 104 para los atributos de aroma, sabor, textura y aceptación general, lo que confirma que el suero fermento mejora la calidad del quesillo. En los análisis microbiológicos, entre más suero fermento se añade, mayor es la población de BAL y mayor es su actividad antimicrobiana; por eso el T3, con 350 mL (36.7%), logra las reducciones más altas de todos los tratamientos. **Conclusión:** La incorporación de suero fermento influyó tanto en las propiedades sensoriales como en la carga microbiana del quesillo artesanal, reduciendo la acidez sin afectar el pH. Sensorialmente, la muestra 104 obtuvo las mejores calificaciones, por lo que se considera el tratamiento más adecuado para mejorar la calidad del producto. **Palabras clave:** bacterias ácido-lácticas; análisis sensorial; cultivo iniciador.

II. INTRODUCCIÓN

El quesillo es un queso fresco ampliamente consumido en Honduras y otros países de Centroamérica, caracterizado por su textura fibrosa, sabor suave y elaboración artesanal. Debido a que su producción se realiza comúnmente en pequeñas plantas o entornos semi-artesanales, la variabilidad en las condiciones higiénicas, en la calidad de la leche y en los métodos de procesamiento puede generar productos con diferencias significativas en su composición físico-química, estabilidad y seguridad microbiológica. La ausencia de procesos estandarizados y el uso limitado de cultivos iniciadores controlados representan desafíos importantes para garantizar la inocuidad y calidad del quesillo, especialmente en un contexto donde la demanda de productos lácteos de bajo procesamiento continúa en aumento.

En la industria láctea moderna, los cultivos iniciadores desempeñan un papel esencial, pues están compuestos por microorganismos ácido-lácticos capaces de transformar la lactosa en ácido láctico, reducir el pH, inhibir bacterias patógenas y deteriorantes, y contribuir al desarrollo de características sensoriales deseables. Sin embargo, para productores artesanales, la adquisición de cultivos comerciales puede resultar costosa y poco accesible. En consecuencia, ha surgido un creciente interés por rescatar y estandarizar el uso de suerofermento autóctono, el cual se obtiene a partir del suero residual de la elaboración de quesos y contiene una microbiota ácido-láctica natural adaptada a las condiciones locales de producción. Diversas investigaciones han demostrado que la microbiota del suerofermento incluye especies como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus*, las cuales poseen propiedades fermentativas que pueden mejorar la acidificación y actuar como agentes bioprotectores.

El uso de suerofermento autóctono ofrece numerosas ventajas: permite aprovechar un subproducto disponible en abundancia, reduce costos de producción, fomenta la sostenibilidad del proceso y puede contribuir al fortalecimiento de la identidad local del producto. No obstante, la composición microbiana del suerofermento puede variar según las condiciones ambientales, el manejo del suero y la higiene de la planta, lo que requiere un proceso de selección, adaptación y estandarización para asegurar su desempeño como cultivo iniciador. De

igual manera, su capacidad para mejorar la calidad microbiológica y sensorial del quesillo debe ser evaluada de forma experimental, considerando parámetros como acidez, pH, textura, aceptabilidad sensorial y carga microbiana.

Dado que los quesos frescos son altamente susceptibles a la contaminación microbiana y deben cumplir con normativas estrictas de inocuidad alimentaria, resulta fundamental determinar si el suerofermento autóctono puede contribuir a reducir microorganismos indeseables como coliformes, *E. coli*, mohos y levaduras, que comúnmente representan un riesgo en la producción artesanal. Asimismo, la evaluación de su efecto sobre las características tecnológicas del quesillo permitirá establecer si este método puede implementarse de forma confiable y replicable en pequeñas industrias.

En este contexto, el presente estudio tiene como finalidad formular un quesillo empleando suerofermento autóctono como cultivo iniciador y evaluar su impacto en los parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales del producto. El desarrollo de este trabajo aporta evidencia científica sobre la viabilidad del uso de cultivos autóctonos como una alternativa accesible para mejorar la calidad del quesillo artesanal, fortaleciendo la producción local y promoviendo prácticas tecnológicas que contribuyan a la seguridad alimentaria.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Formular un quesillo artesanal mediante el uso de suero fermento autóctono, aprovechando la microbiota del suero lácteo generado en la producción de queso sin pasteurizar, con el fin de mejorar su calidad microbiológica y estandarizar sus propiedades.

3.2. Objetivo específico

- Elaborar un fermento lácteo autóctono (suero fermento) mediante la termización del suero lácteo residual obtenido durante la producción de queso artesanal sin pasteurizar.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del quesillo elaborado con la incorporación del suero fermento autóctono en comparación con un quesillo sin dicha adición.
- Analizar las diferencias sensoriales entre los quesillos elaborados con suero fermento y el elaborado mediante el método tradicional, en términos de sabor, textura, olor, color y aceptación general.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. La leche

La leche de vaca es un alimento de primera necesidad. De gran demanda por su alto valor nutricional que se refleja en sus componentes, es considerada un alimento básico en la dieta de niños, ancianos, enfermos, y en general de toda la población. La leche por ser un alimento muy completo es un medio ideal para el crecimiento de microorganismos, los que, si no son eliminados, pueden convertirse en un riesgo para los consumidores.

Así mismo la leche puede ser un vehículo de enfermedades que pueden afectar a los consumidores, si no se realizan los controles de calidad necesarios en los procesos de la industrialización que parten en la granja y culminan en el consumidor final. La denominación de “leche”, sin indicación de la especie animal de que procede, se reserva a la leche de vaca. Toda leche que proceda de una hembra lechera, que no sea la vaca debe designarse por la denominación “leche” seguida de la especie animal de la que procede: “leche de cabra”, “leche de Oveja”.

4.1.1. Composición nutricional de la leche

La leche es una compleja mezcla de distintas sustancias, presentes en suspensión o emulsión y otras en forma de solución verdadera y presenta sustancias definidas: agua grasa, proteína, lactosa, vitaminas, minerales; a las cuales se les denomina extracto seco o sólidos totales. Los sólidos totales varían por múltiples factores como lo son: la raza, el tipo de alimentación, el medio ambiente y el estado sanitario de la vaca entre otros. (Tabla 1)

Tabla 1. Composiciones de los distintos tipos de leche animal

Nutriente (gr)	Vaca	Búfala	Mujer
Agua	88	84	87.5
Energía (Kcal)	61	97	7
Proteína	3.2	3.7	1
Grasa	3.4	6.9	4.4
Lactosa	4.7	5.2	6.9
Minerales	0.72	0.79	0.2

Fuente: (Gómez & Bodeya Mejía, 2005)

4.1.2. Proteínas de la leche

La proteína contenida en la leche es del 3,5% (variando desde el 2.9% al 3.9%). Esta “proteína láctea” es una mezcla de numerosas fracciones proteicas diferentes y de pesos moleculares distintos, (ver figura 1). Las proteínas se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80%) y proteínas séricas (20%).

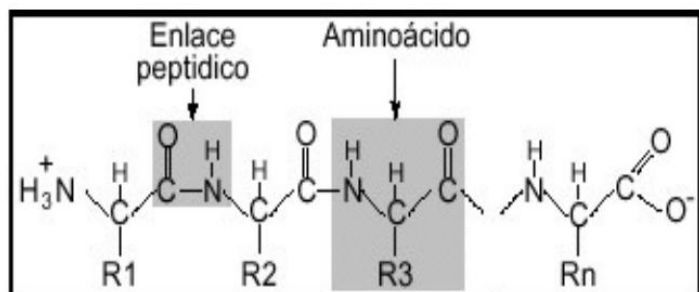


Figura 1. Estructura general de las proteínas lácteas

Fuente: (Gómez & Mejía, s. f.)

Caseínas

Es la proteína más abundante, además de ser la más característica de la leche por no encontrarse en otros alimentos, existen tres tipos de caseínas (α , β y Kapa caseína), en la leche también se encuentra la albúmina y la globulina. El valor biológico de la caseína en la alimentación obedece a su contenido en aminoácidos esenciales que se separan de la parte acuosa por acción de enzimas como la renina o la quimiocina, que son las responsables de la precipitación de la proteína en la elaboración de quesos.

El comportamiento de los diferentes tipos de caseína en la leche al ser tratada con calor, diferente pH (acidez) y diferentes concentraciones de sal, provee las características de los quesos, los productos de leche fermentada y las diferentes formas de leche.

4.1.3. Albúmina en la leche

Es la proteína de la leche, que sigue en cantidad a la caseína, con una cifra aproximada de 0.5%. Mientras que la caseína es relativamente estable a la acción del calor, las albúminas se desnaturalizan con facilidad al calentarlas. Por esta razón durante el proceso de calentamiento a altas temperaturas se destruye gran parte de la proteína sérica.

4.1.4. Vitaminas en la leche

La leche contiene vitaminas como la A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, C, carotenos, nicotinamida, biotina, ácido fólico, su concentración está sujeto a grandes oscilaciones. El calostro posee una extraordinaria riqueza vitamínica, contiene de 5 a 7 veces más vitamina C y de 3 a 5 veces más vitaminas B2, D y E que la leche normal. También influye la época del año, tiempo atmosférico, ambiente y la alimentación; este último factor repercute especialmente en los carotenos y en la vitamina A como consecuencia de la abundante ingestión de carotenos cuando la base de la alimentación son forrajes frescos.

4.1.5. Importancia de la calidad de la leche

La importancia de conocer la calidad de la leche en los sistemas lecheros de los países, radica en que a partir de este conocimiento se pueden tomar decisiones que afectarán la gestión de la calidad en toda la cadena agroindustrial con el objetivo de mejorarla, y este trabajo se inserta en esa lógica. La calidad estándar se refiere a patrones industriales y a la adecuación del producto con las normas y reglamentos vigentes; en otras palabras, está vinculada con normas específicas sobre las condiciones de producción, comúnmente aceptadas a nivel nacional e internacional. (Cervantes Escoto et al., 2013)

La producción de leche se hace con la expresa intención de proporcionar un alimento de alto valor nutritivo para el ser humano. Cada día se reconocen más las cualidades de este producto en la alimentación de niños, adultos y personas de la tercera edad. Pero para que la leche cumpla con esas expectativas nutricionales debe reunir una serie de requisitos que definen su calidad: su composición fisicoquímica, cualidades organolépticas y número de microorganismos presentes. Después que la leche sale de la vaca ya no se puede cambiar su composición fisicoquímica a no ser en algunos ajustes permitidos para mejorar su aspecto (Homogenizar), disminuir algunos de sus componentes para hacerla más atractiva

para algún consumidor especial (deslactosar, desgrasar), todo ello mediante tecnologías permitidas y declaradas (Vargas, 2000).

4.2. Elaboración de queso artesanal

Los productos lácteos son alimentos importantes dentro de la dieta hondureña debido a las propiedades nutricionales, físicas y químicas de la leche sumadas a su fácil accesibilidad. La producción láctea en Honduras está determinada por explotaciones de leche que anualmente producen alrededor de 650 millones de litros, lo que constituye un 30% de la producción total de leche en Centro América (Jose, s. f.).

Para elaborar estos productos artesanales, se debe utilizar leche de buena calidad producida en la zona; sin embargo, en la mayoría de los casos no es así, razón por la cual la calidad de los productos obtenidos no es uniforme y en algunos casos la vida útil de éstos es muy limitada. Lo ideal sería utilizar leche pasteurizada para elaborar estos productos, pero lamentablemente eso no es posible en la mayoría de los productores artesanales debido a la falta de asistencia técnica y disponibilidad de capital para la compra del equipo adecuado. Normalmente la leche llega a la planta por entrega directa de los productores y recolectores independientes de leche, recolección realizada por el dueño, empleado o familiar del dueño de la quesera (Jose, s. f.).

El quesillo, un queso de pasta hilada de pH bajo es uno de los productos aceptados como exportables. En el Valle de Aburrá y en el Oriente Antioqueño de Colombia existe alrededor de 28 empresas lácteas que tienen entre sus líneas de producción la elaboración de queso fresco, estas producen 41 toneladas de queso fresco y quesillo bajo el sistema artesanal y 24 toneladas en plantas con tecnología moderna, lo que representa una generación de 3.684.000 litros por día de lactosuero (Huertas, s. f.-b).

4.2.1. Denominación del quesillo

El quesillo en Honduras es considerado un queso fresco que se origina en el sur del país. Como parte de la globalización que existe hoy en día, se ha visto la necesidad de dar cambios a los productos que ya existen. El quesillo es importante por ser el único tipo de

queso que utiliza el suero resultante de la leche para su elaboración. Actualmente en el mercado de Tegucigalpa se encuentran presentes dos marcas de quesillo procesado los cuales son Sula y Leyde (Villatoro, 2005).

4.3. Suero lácteo

El lactosuero o suero de leche se define como un subproducto lácteo obtenido durante la fabricación del queso que aunque no constituye un sustituto integral de la leche de vaca por ser una fracción de la misma, contiene nutrientes y compuestos con potenciales beneficios nutricionales y funcionales. El calcio es uno de los nutrientes que puede estar en cantidades considerables, alcanzando hasta el 90% de la concentración inicial del mineral en la leche. Existe evidencia que el calcio del suero lácteo es de mayor biodisponibilidad, incluso superando a las sales minerales que se utilizan para fortificación de alimentos o como suplementos nutricionales. La mayor biodisponibilidad se asocia con el contenido de nutrientes presente en el mismo, especialmente proteínas y lactosa (Poveda E, 2013).

4.4. Cultivos iniciadores

Las bacterias lácticas utilizadas en la producción de queso contribuyen a mejorar su seguridad a través de la producción de ácido y distintos compuestos antimicrobianos, entre los que destacan las bacteriocinas. Los cultivos iniciadores acidifican la leche a través de la producción de ácido láctico e intervienen en la maduración mediante la producción de metabolitos que potencian el sabor y aroma, y en el desarrollo de la textura característica del queso. El empleo de bacterias lácticas seleccionadas como cultivos iniciadores o cultivos adjuntos en la fabricación de quesos permite la expresión de distintas propiedades para la elaboración de productos nuevos y más atractivos para el consumidor. Por sus características, el queso es un excelente vehículo de bacterias probióticas que proporciona protección a estos microorganismos durante su paso por el tracto gastrointestinal (Medina Fernández-Regatillo, 2017).

Los cultivos iniciadores son los microorganismos que se utilizan en la producción de productos lácteos fermentados, como el yogur y el queso. La microflora natural de la leche

es ineficiente, incontrolable e impredecible, o bien se destruye por completo debido a los tratamientos térmicos a los que se somete. Un cultivo iniciador puede aportar características específicas a una fermentación más controlada y predecible. La función principal de los cultivos iniciadores lácticos es la producción de ácido láctico a partir de la lactosa (Goff et al., s. f.).

Otras funciones de los cultivos iniciadores pueden incluir:

- producción de sabor, aroma y alcohol
- actividades proteolíticas y lipolíticas
- inhibición de organismos indeseables

En cambio, en la elaboración de quesos artesanales, se utilizan cultivos naturales (cultivos artesanales) obtenidos a partir de la fermentación bajo condiciones controladas de una pequeña porción de leche o suero del proceso de elaboración de un día anterior, técnica conocida como “backslopping” (Ortiz Estrada Angel_2014_MC.pdf).

4.4.1. Suero fermento

El lactosuero es el mayor subproducto obtenido durante el procesamiento de la leche en la producción de quesos, el cual presenta un alto contenido de nutrientes y se desaprovecha desechándolo generalmente en vertederos, causando un problema de contaminación ambiental (Williams Zambrano & Dueñas Rivadeneira, 2021).

El suero es un subproducto líquido de la producción de queso o caseína, compuesto aproximadamente por un 93 % de agua, un 4,8 % de lactosa, un 0,8 % de proteína y un 0,5 % de grasa. Se clasifica en dos tipos: suero dulce (SD), subproducto de la elaboración de queso cheddar u otros quesos coagulados con cuajo a un pH de 6-7 y suero ácido (SA), subproducto de la producción de queso fresco y cremoso, yogur griego y caseinatos, obtenidos mediante la coagulación de la caseína a un pH < 5. La proteína de suero (PS) se puede obtener mediante procesos de clarificación, ultrafiltración, nanofiltración y secado del suero (Zeng et al., 2023).

El suero de la leche representa aproximadamente el 90% del volumen total de la leche y contiene la mayor parte de los componentes solubles en agua como hidratos de carbono, vitaminas hidrosolubles, minerales y proteínas solubles. A nivel mundial, se producen grandes cantidades de suero por lo que se ha buscado un aprovechamiento debido a la elevada cantidad de nutrientes que presenta, por lo que es recomendable utilizarlo en el ámbito de alimentación («El suero de la leche», s. f.).

4.4.1.1. Usos del suero fermento

Existen varias alternativas para el uso del lactosuero a través de su estabilización, fraccionamiento, transformación y recombinación. Gracias a los bajos o nulos costos se destina principalmente para la alimentación de cerdos y elaboración del requesón, en este último caso se recupera una gran cantidad de sólidos del suero de leche principalmente proteínas y grasas (Williams Zambrano & Dueñas Rivadeneira, 2021).

4.4.2. Impacto ambiental del suero lácteo

La industria alimenticia es considerada una de las más contaminantes a nivel mundial, esto debido a que produce residuales con altas cargas orgánicas, las cuales son de difícil degradación en el medio ambiente (Microsoft Word - *LACTOSUER...doc*, s. f.).

Aproximadamente el 90% de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero, el cual es uno de los subproductos más contaminantes que existen en la industria alimentaria (Jose Muñoz, 2019).

El lactosuero generado en el proceso de elaboración de queso fresco pasteurizado no se aprovecha de manera apropiada por cuanto es desechado al ambiente y en mínimas cantidades (entre 1200 y 1700 litros por mes) es destinado para el consumo de amíñales, lo cual ocasiona impactos ambientales desfavorables y pérdidas económicas por no dar valor agregado a este subproducto (Jose Muñoz, 2019).

4.5. Productos fermentados

Los productos lácteos fermentados forman parte de las recomendaciones y guías de una alimentación saludable. No solo aportan macro y micronutrientes y una mayor biodisponibilidad de éstos, sino que contienen bacterias que favorecen una microbiota adecuada para la salud. A las bacterias clásicas empleadas en la elaboración de productos lácteos fermentados se ha incorporado recientemente en muchos de ellos bacterias probióticas, que actúan en la flora intestinal, desplazando a los patógenos, produciendo sustancias e interviniendo posiblemente sobre los mecanismos de la inmunomodulación (Tojo Sierra et al., 2006).

Los alimentos fermentados son ecosistemas alimentarios complejos, en los cuales subsiste una diversidad de poblaciones microbianas. La microbiota inherente a este tipo de alimentos no es estática, es así que, la dinámica de crecimiento, supervivencia y actividad bioquímica de los microorganismos en los alimentos fermentados son el resultado de las reacciones de estrés en respuesta a cambios físicos o químicos dentro del microambiente del alimento (Ortiz Estrada Angel_2014_MC.pdf).

4.6. Bacterias ácido lácticas (BAL).

Las BAL desempeñan un papel importante en los procesos de fermentación; son muy utilizadas en la industria alimentaria, no solamente por su habilidad para proteger el alimento sino también acidificar, por lo tanto, tienen implicación en el desarrollo de la textura, sabor, olor y el desarrollo del aroma de los alimentos fermentados (Huertas, s. f.-a).

La función primaria de las SLAB es producir ácido láctico durante el proceso de fermentación de la leche para la producción subsecuente de queso. Así mismo, también contribuyen a la maduración, ya que enzimas producidas por esta microbiota están implicadas en la proteólisis y la conversión de aminoácidos en compuestos de sabor en el queso (Ortiz Estrada Angel_2014_MC.pdf).

4.7. Termización

Es un tratamiento suave que se aplica para incrementar la calidad inicial de la leche cruda. Se utiliza cuando se sabe que no es posible utilizar inmediatamente la leche cruda en la elaboración de otros productos. El objetivo principal de la termización es reducir las bacterias psicotróficas, para que no liberen a la leche proteasas y lipasas resistentes al calor. Estas enzimas no se inactivan durante la pasteurización y pueden originar sabores desagradables si la leche se utiliza en la elaboración de quesos o leche en polvo (¿En qué consisten el tratamiento térmico y sus procesos?).

La termización se aplica a la leche para queso generalmente para prolongar su vida útil antes de la pasteurización o la fabricación del queso, con un efecto mínimo en los componentes y el sabor de la leche. La termización implica un tratamiento térmico de subpasteurización que varía de 57 a 68 °C con un tiempo de mantenimiento de 15 a 30 s; lo habitual es un tratamiento de 63 a 65 °C durante 15 s (Termización: una visión general | Temas de ScienceDirect).

Para evitar la multiplicación de bacterias aeróbicas formadoras de esporas tras la termización, la leche debe enfriarse rápidamente a 4 °C o menos y no debe mezclarse con leche sin tratar. Muchos expertos opinan que la termización tiene un efecto favorable sobre ciertas bacterias formadoras de esporas. El tratamiento térmico provoca que muchas esporas vuelvan al estado vegetativo, lo que significa que se destruyen durante la pasteurización posterior de la leche (Intercambiadores de calor | Manual de procesamiento de lácteos).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en el laboratorio de calidad de la Planta Procesadora de Lácteos de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), que se encuentra ubicada en el municipio de Catacamas, barrio el espino, carretera que conduce a Dulce Nombre de Culmí.



Figura 2. Ubicación de la planta de investigación donde se realizó la investigación

5.2. Materiales y equipo utilizados en la investigación realizada

Tabla 2. Materiales y equipos

Materiales/Equipos	Descripción
Leche cruda fresca	Obtenida de la UNAG (mínimo 15 litros por tratamiento)
Suero lácteo	Recolectado durante la producción de queso fresco para elaborar el suero fermento
Suero fermento autóctono	Cultivo iniciador preparado mediante fermentación controlada del suero
Cuajo	Coagulante de origen microbiano
Sal	Sal común de uso alimentario
Termómetro digital	Para medición de temperatura de la leche
pH-metro	Para medición del pH (suero fermento y quesillo)
Baño maria	Para incubación del suero fermento
Refrigeradora	Para almacenamiento a 4°C
Placas compact dry	Para conteo de microorganismos (moho, levaduras, E. coli, coliformes)
Equipo de laboratorio general	Beakers, pipetas, guantes, tubos de ensayo, gotero, etc.
Balanza digital	Pesar ingredientes
Papel parafilme o envoltura	Para proteger el queso durante el almacenamiento
Solución de NaOH 0.1 N	Para titulación durante el análisis de acidez titulable
Fenolftaleína	Indicador visual para el punto final de titulación
Bureta y soporte	Para realizar la titulación con precisión

5.3. Metodología

El desarrollo de esta investigación se llevo a cabo en 5 etapas, las cuales se describen a continuación.

5.3.2. Etapa 1: Elaboración del suero fermento autóctono

Previo a la elaboración del quesillo, antes de emplear el suerofermento autóctono en la formulación del quesillo, fue necesario realizar una serie de pruebas preliminares con el propósito de estandarizar su comportamiento fermentativo y asegurar que alcanzara el pH óptimo para su utilización como cultivo iniciador. Estas pruebas consistieron en la preparación y evaluación de diferentes lotes de suero fermentado, los cuales fueron sometidos a condiciones controladas de temperatura y tiempo de incubación. Durante este proceso se monitoreó continuamente la disminución del pH hasta que alcanzara el valor entre 3.2 a 3.4, ya que este parámetro es un indicador directo de la actividad metabólica de los microorganismos ácido-lácticos presentes en el suero.

Las pruebas iniciales permitieron observar la velocidad de acidificación natural del suero y determinar las condiciones en las que la microbiota autóctona expresaba su mayor capacidad fermentativa. A través de ajustes progresivos en el tiempo de incubación y en la temperatura de mantenimiento, se logró estandarizar el proceso hasta obtener un suerofermento con un pH de 3.8, que se encuentra dentro del rango adecuado para su uso en la coagulación y acidificación de la leche destinada a la elaboración del quesillo. Este procedimiento fue fundamental para garantizar la estabilidad y reproducibilidad del cultivo, así como para asegurar que su incorporación en los tratamientos experimentales favoreciera la obtención de un producto con características microbiológicas y tecnológicas adecuadas.

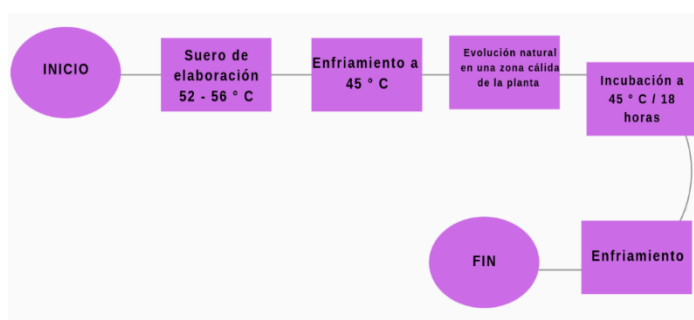


Figura 3. Elaboración del suero fermento autóctono

5.3.3. Etapa 2: Elaboración del quesillo artesanal

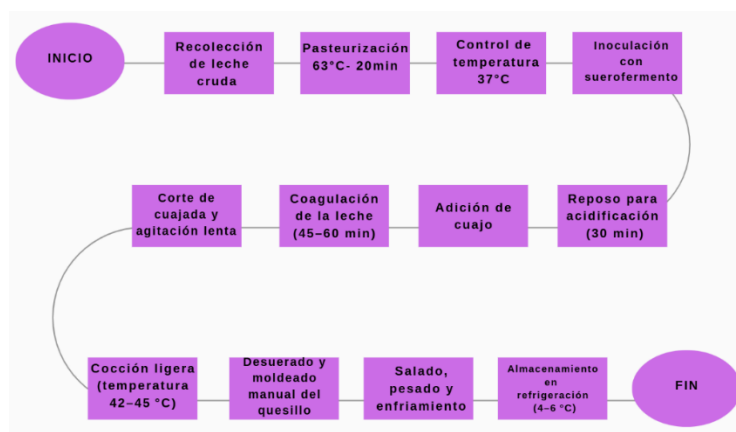


Figura 4. Elaboración del quesillo artesanal

5.3.3.1. Descripción de la elaboración del quesillo

La elaboración del quesillo se llevó a cabo mediante un proceso artesanal controlado. La materia prima consistió en leche fresca previamente filtrada y tratada térmicamente según el protocolo experimental establecido (tratamiento térmico moderado para reducir carga microbiana y favorecer la acción enzimática sin alterar significativamente las propiedades funcionales de las proteínas). La leche fue enfriada hasta la temperatura de inoculación y, una vez estable, se incorporó el suerofermento autóctono. Tras la homogeneización del cultivo, se adicionó el cuajo en la proporción determinada experimentalmente para inducir una coagulación controlada.

Durante la coagulación se mantuvieron condiciones térmicas y de agitación controladas para favorecer la formación de una cuajada firme y homogénea; La cuajada obtenida fue posteriormente cortada y sometida a un calentamiento progresivo y amasado, que permitió la expulsión parcial del suero y la alineación de las fibras proteicas. El control de la temperatura durante el amasado y estirado fue crítico para obtener la plasticidad necesaria sin provocar una desnaturalización proteica excesiva.

El drenado del suero se llevó a cabo de forma controlada, facilitando la eliminación de exceso de humedad hasta alcanzar parámetros de humedad objetivo que favorecieran la textura y la conservación. La masa resultante fue moldeada manualmente conforme a la técnica tradicional

del quesillo para obtener la forma y uniformidad propias del producto. Finalmente, los quesillos fueron enfriados y almacenados.

5.3.4. Etapa 3: Análisis microbiológicos

Para evaluar la calidad microbiológica del quesillo se realizaron análisis de coliformes totales, *E. coli* y mohos–levaduras utilizando placas Compact Dry, que son medios listos para usar y que permiten obtener resultados rápidos y confiables. Todo el procedimiento se realizó en condiciones higiénicas y siguiendo buenas prácticas de laboratorio. Se realizaron 8 diluciones, donde solo se tomaron en cuenta las diluciones a la 3, 5 y 7.

Primero, se prepararon diluciones decimales de las muestras de quesillo. Para esto, se tomó una porción representativa del producto y se mezcló en un diluyente estéril (agua peptonada) para obtener una suspensión inicial. A partir de esa primera mezcla se realizaron diluciones sucesivas (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , etc.) para obtener concentraciones adecuadas para el conteo.

Luego, se tomó 1 mL de la dilución seleccionada y se colocó sobre cada placa Compact Dry correspondiente al análisis deseado, las siembras de las diluciones se realizaron por duplicado.

Al depositar la gota sobre la placa, el medio gelificado se rehidrata y se distribuye uniformemente, lo que permite que los microorganismos crezcan en la superficie sin necesidad de extender manualmente la muestra. Las placas se incubaron a las siguientes temperaturas:

- **Coliformes y *E. coli*:** 35–37 °C por 24 horas
- **Mohos y levaduras:** 25 °C por 48–72 horas

Tabla 3. Método para la identificación de microorganismos

Tipo de análisis microbiológicos	Método
Coliformes totales	Método de siembra en placas compact dry
<i>E. coli</i>	Método de siembra en placas compact dry
Mohos y levaduras	Método de siembra en placas compact dry

5.3.5. Etapa 4: Análisis fisicoquímicos

Se evaluaron los siguientes análisis: pH y Acidez titulable.

Tabla 4. Métodos para la determinación de los análisis fisicoquímicos.

Tipo de análisis fisicoquímicos	Método
Acidez	Titulación
pH	pH metro

pH suero fermento:

Para realizar este análisis se utilizó un pH-metro, colocando 15 ml de muestra del suero fermento en un beaker, después se introduce el electrodo y se hace espera hasta que el equipo se estabilice y nos brinde el valor. Como fue mencionado anteriormente, se midió el pH del cultivo iniciador (suero fermento) en el proceso de incubación hasta que alcanzara el pH requerido que es de 3.2 – 3.4. Se tomo cada 12 horas para verificar que tan rápido alcanzaba el pH establecido, en este caso el nivel de pH más bajo alcanzado fue de 3.8.

pH quesillo:

Para esta medición se pesaron 10 gramos de muestra del quesillo, se colocó en un beaker y se le adicionaron 20 ml de agua destilada. Luego se mezcló hasta homogenizar y obtener una muestra líquida, se introdujo el electrodo del pH-metro y se esperó a que la lectura se estabilizara.

Acidez:

Este análisis se realizó por medio de titulación, se utilizó pipeta, soporte universal, beakers, bureta. Se colocó en el soporte universal la bureta, para después llenarla con hidróxido de sodio al 0.1 N, después medimos 10 ml de muestra en un beaker y le agregamos tres gotas del indicador de fenolftaleína. Una vez que hallamos realizado la titulación aplicamos la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez} = (\text{VG})(\text{peq})/\text{M}$$

Donde:

VG: Volumen gastado por la bureta

N: Normalidad del NaOH

Peq: Peso miliequivalente del ácido predominante en la solución.

M: Cantidad de la muestra.

5.3.6. Etapa 5: Evaluación sensorial

Se analizaron las muestras aplicando una prueba sensorial de escala hedónica de 9 puntos donde se evaluaron los atributos de (aroma, sabor, textura y aceptabilidad general). El quesillo fue evaluado por 50 jueces no entrenados en la Universidad Nacional de Agricultura (empleados de la institución). Se evaluaron 4 tratamientos los cuales representan los 4 quesillos, donde la prueba control no contenía ningún porcentaje de cultivo, pero los tratamientos 1, 2 y 3 si contenían un porcentaje diferente de cultivo.

5.3.7. Diseño experimental

En este trabajo de investigación se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) donde los grupos se eligen al azar.

5.3.7.1. Variable dependiente

- Aroma
- Sabor
- Textura
- Aceptación general

5.3.7.2. Variable independiente

- % de suero fermento autóctono

5.4. Análisis estadístico

Se aplicó una prueba de comparación de medias (ANOVA) con el test de Tukey ($p < 0.05$) para comparar los resultados de los tratamientos con los diferentes porcentajes de suero fermento autóctono con respecto a los atributos de (aroma, sabor, textura y aceptación general) con ayuda del software INFOSTAT.

VI. RESULTADOS

Se elaboraron 4 quesillos con distintos porcentajes de cultivo los cuales son: Tratamiento #1: 4.2% (50 ml), Tratamiento #2: 22.0% (250 ml), Tratamiento #3: 36.7% (350ml). Siendo el tratamiento #3 con el 36.7% de cultivo el más aceptado por los consumidores.

6.1. Análisis fisicoquímicos

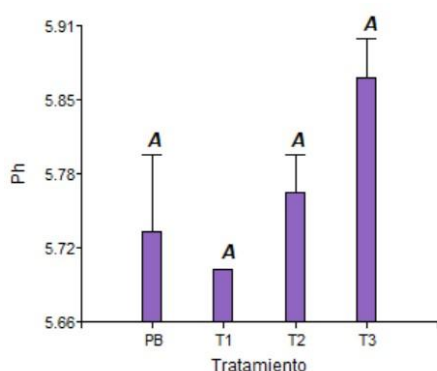


Figura 5. Comportamiento del pH en los tratamientos conforme al % de cultivo utilizado

La gráfica de pH muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Esto indica que, a pesar de las variaciones en la acidez titulable, el pH del quesillo se mantuvo relativamente constante. Este comportamiento es característico de matrices lácteas como el quesillo, que poseen una alta capacidad tampón, es decir, una habilidad natural para resistir cambios bruscos de pH aun cuando se producen ácidos durante la fermentación.

En este caso, aunque los tratamientos con mayor adición de suero fermento (como Tratamiento3) tienden ligeramente a aumentar el pH por efecto de la fermentación láctica, la presencia de proteínas especialmente caseínas, amortigua este descenso. Esto explica por qué

el T3, pese a contener la mayor cantidad de cultivo, muestra un pH estadísticamente igual al resto de tratamientos.

Para el producto final, mantener un pH estable es ventajoso, ya que contribuye a conservar una textura uniforme y ayuda a preservar la vida útil del quesillo. La estabilidad del pH también refleja un proceso controlado que no compromete las características sensoriales del alimento, como sabor y firmeza.

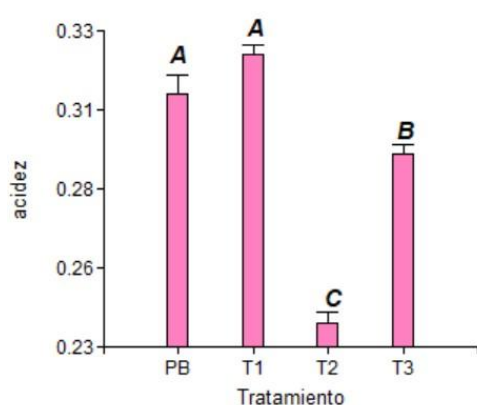


Figura 6. Comportamiento de la acidez en el quesillo conforme al % de cultivo utilizado

La figura 6. muestra cómo la acidez del quesillo varió entre los tratamientos evaluados. El lote PB (prueba base) y el tratamiento T1 presentaron los valores más altos de acidez (≈ 0.31 – 0.32%), sin diferencias significativas entre ellos, lo que indica que la adición inicial de suerofermento en T1 no generó un cambio notable en la producción de compuestos ácidos. Esto puede deberse a que, en niveles bajos de cultivo iniciador, las bacterias lácticas (BAL) no alcanzan una población suficientemente elevada para modificar de manera marcada la fermentación ácido-láctica dentro del quesillo.

En contraste, T2 mostró la acidez significativamente más baja ($\approx 0.24\%$), lo que sugiere que este nivel intermedio de suerofermento pudo haber generado una dinámica fermentativa distinta, posiblemente relacionada con la capacidad tampón de la matriz del quesillo. Cuando la concentración de proteínas y sales del producto es suficiente, puede neutralizar parcialmente los ácidos producidos, evitando un descenso marcado del pH y reduciendo la acidez titulable. Por otro lado, T3 presentó una acidez intermedia ($\approx 0.29\%$), estadísticamente diferente de los demás tratamientos. Al incrementar la proporción de suerofermento, aumenta también la

población de BAL responsables de la producción de ácido láctico; sin embargo, la respuesta no fue tan marcada como en T1, lo que sugiere que la matriz del quesillo llegó a un punto de equilibrio entre la producción de ácido y su capacidad tampón.

En conjunto, los resultados indican que la acidez en el quesillo no depende únicamente de la cantidad de cultivo agregado, sino también de cómo interactúan las BAL con los componentes del producto (proteínas, sales y humedad), los cuales pueden amortiguar o intensificar el efecto fermentativo. Esto explica por qué T2, pese a tener más cultivo que T1, mostró la acidez más baja, mientras que T3 alcanzó un valor intermedio.

6.2. Análisis sensorial

En la Tabla 3 se muestra las medias y desviación estándar de los 4 tratamientos evaluados en la prueba sensorial.

Tabla 5. Medias y desviación de los atributos de los tratamientos evaluados

<i>Muestra</i>	<i>Aroma</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>	<i>Aceptación general</i>
203	7.68 ± 1.11 ^{AB}	7.34 ± 0.80 ^B	7.68 ± 1.10 ^B	7.44 ± 0.95 ^B
125	7.56 ± 1.30 ^B	7.46 ± 0.91 ^B	7.78 ± 0.93 ^B	7.7 ± 0.97 ^{AB}
790	7.7 ± 1.30 ^{AB}	7.52 ± 0.79 ^B	7.46 ± 1.05 ^B	7.4 ± 0.99 ^B
104	8.24 ± 1.15 ^A	8.0 ± 0.97 ^A	8.44 ± 0.76 ^A	8.16 ± 0.91 ^A

Los resultados de la evaluación sensorial muestran diferencias significativas entre las muestras analizadas en los atributos de aroma, sabor, textura y aceptación general. La muestra **104** obtuvo las puntuaciones más altas en todos los parámetros, destacándose significativamente con respecto a las demás, lo que indica que fue la preferida por los evaluadores. Su aroma, sabor y textura presentaron valores superiores a 8, lo cual refleja un perfil sensorial más equilibrado, agradable y mejor aceptado.

Por otro lado, las muestras **203, 125 y 790** presentaron calificaciones similares entre sí (grupos **A/B o B**), sin diferencias marcadas en los atributos evaluados. Aunque sus valores se mantienen dentro de un rango aceptable —alrededor de 7.3 a 7.7—, no alcanzaron el nivel de preferencia logrado por la muestra 104. Esto sugiere que estas formulaciones fueron sensorialmente satisfactorias, pero con menor intensidad o calidad percibida en comparación con la muestra de mayor puntaje.

En términos de aceptación general, nuevamente la muestra 104 (tratamiento 3) destaca como la mejor evaluada, lo que confirma que su combinación de atributos sensoriales fue la más equilibrada y agradable para el panel. En contraste, las otras muestras mostraron una aceptación moderada, con valores cercanos a 7.4–7.7.

En conjunto, los resultados indican que la muestra **104** presenta una ventaja sensorial clara, posiblemente relacionada con su formulación, ingredientes o procesamiento, lo que la convierte en la opción más atractiva para los consumidores dentro del conjunto evaluado.

6.3. Análisis microbiológicos

En la tabla 6 se presentan los resultados de la calidad microbiológica de los 4 tratamientos en cuanto al % de suero fermento utilizado.

Tabla 6. Calidad microbiológica del quesillo

<i>Tratamiento</i>	<i>Coliformes totales</i>	<i>E. coli</i>	<i>Mohos y Levaduras</i>
Prueba control	1.61×10^5 UFC/mL ^A	1.77×10^5 UFC/mL ^A	1.05×10^5 UFC/mL ^A
T1	5.3×10^4 UFC/mL ^B	5.1×10^4 UFC/mL ^B	4.2×10^4 UFC/mL ^B
T2	4.2×10^4 UFC/mL ^{BC}	3.4×10^4 UFC/mL ^{BC}	3.6×10^4 UFC/mL ^{BC}
T3	1.8×10^4 UFC/mL ^C	2.2×10^4 UFC/mL ^C	2.8×10^4 UFC/mL ^C

Los análisis microbiológicos evidenciaron diferencias marcadas entre la prueba control y los tratamientos elaborados con suerofermento autóctono, lo cual refleja el impacto directo de la incorporación del cultivo natural sobre la calidad sanitaria del quesillo. La prueba control presentó las cargas microbianas más elevadas para los tres grupos evaluados: coliformes totales (1.61×10^5 UFC/mL), *E. coli* (1.77×10^5 UFC/mL) y mohos-levaduras (1.05×10^5 UFC/mL). Estos valores son característicos de quesos frescos elaborados sin un agente fermentativo regulado, donde la acidificación es lenta y no existe una microbiota protectora capaz de inhibir microorganismos indeseables.

En contraste, los tratamientos T1, T2 y T3 mostraron reducciones progresivas en todos los recuentos microbianos, lo que demuestra el efecto inhibitorio del suerofermento autóctono. En T1, las cargas disminuyeron casi a la mitad respecto al control, situándose alrededor de 5.3×10^4 (coliformes), 5.1×10^4 (*E. coli*) y 4.2×10^4 (mohos y levaduras). Esta tendencia descendente

continuó en T2, con valores cercanos a $3.4\text{--}4.2 \times 10^4$ UFC/mL, y se acentuó aún más en T3, donde los microorganismos alcanzaron sus niveles más bajos: 1.8×10^4 UFC/mL (**coliformes**), 2.2×10^4 UFC/mL (*E. coli*) y 2.8×10^4 UFC/mL (**mohos y levaduras**).

Este patrón demuestra claramente que, a mayor concentración o actividad del suerofermento autóctono, mayor es la capacidad del sistema para controlar la proliferación microbiana. La disminución puede atribuirse a varios mecanismos naturales propios de los microorganismos ácido-lácticos presentes en el suerofermento:

- Producción de **ácido láctico**, que reduce el pH y desfavorece la supervivencia de microorganismos competidores.
- Generación de **bacteriocinas** u otros metabolitos antimicrobianos.
- Competencia directa por nutrientes y espacio dentro de la matriz láctea.
-

Aunque los valores finales de los tratamientos no alcanzan los límites establecidos por la normativa microbiológica para quesos frescos (RTCA y Codex), la tendencia observada es científicamente relevante. Indica que el suerofermento autóctono ejerce un efecto protector claro y consistente sobre la microbiota del quesillo, reduciendo significativamente microorganismos indicadores de contaminación fecal y deterioro.

Estos resultados no solo validan la funcionalidad del suerofermento como cultivo iniciador, sino que también evidencian la necesidad de optimizar factores como higiene en planta, manejo de materia prima, y condiciones de fermentación para potenciar aún más su eficacia. La reducción progresiva observada en T1, T2 y T3 constituye un aporte importante, ya que demuestra que el suerofermento autóctono tiene potencial real como herramienta tecnológica para mejorar la inocuidad del quesillo artesanal.

Al comparar los resultados microbiológicos obtenidos en los diferentes tratamientos con los parámetros establecidos por el RTCA 67.04.50:08 para quesos frescos (≤ 100 UFC/g para coliformes totales y ausencia o ≤ 10 UFC/g para *E. coli*) y las recomendaciones del Codex Alimentarius, se observa que todos los tratamientos evaluados (T1, T2 y T3), así como la prueba control, presentan valores superiores a los límites permitidos. Los recuentos de coliformes totales oscilaron entre 1.61×10^5 y 1.8×10^4 UFC/mL, mientras que *E. coli* mostró valores entre 1.77×10^5 y 2.2×10^4 UFC/mL, niveles que superan significativamente los

criterios normativos para inocuidad en quesos frescos. Del mismo modo, los recuentos de mohos y levaduras (1.05×10^5 a 2.8×10^4 UFC/mL) se encuentran por encima de los valores esperados para productos lácteos de calidad higiénica aceptable. No obstante, se evidencia una **reducción progresiva** de la carga microbiana desde la prueba control hacia el tratamiento T3, indicando que la incorporación del suerofermento autóctono contribuyó a disminuir la proliferación microbiana, aunque sin alcanzar los niveles exigidos por la normativa. Este comportamiento sugiere que el suerofermento ejerce un efecto inhibitorio parcial, pero que el proceso de elaboración requiere **mejoras adicionales en higiene, manipulación y control de condiciones** para garantizar la inocuidad del quesillo.

VII. CONCLUSIONES

La incorporación de suero fermento autóctono en la elaboración del quesillo artesanal demostró ser una estrategia eficaz para mejorar la calidad microbiológica y sensorial del producto, sin alterar de manera significativa el pH del queso. Los cultivos naturales provenientes del suero lácteo permitieron aprovechar la microbiota ácido-láctica propia del proceso, lo que contribuyó al control microbiano y a la estandarización del producto final.

En los análisis microbiológicos, se observó una disminución progresiva y significativa de coliformes totales, *E. coli* y mohos y levaduras conforme aumentó el porcentaje de suero fermento, siendo el tratamiento T3 (36.7%) el más efectivo, con reducciones superiores al 70% en todos los grupos microbianos. Esto confirma que las BAL del suero fermento ejercen un efecto bioprotector natural, capaz de inhibir microorganismos indeseables y mejorar la inocuidad del quesillo.

En los análisis fisicoquímicos, aunque el pH no presentó diferencias significativas entre tratamientos, la acidez titulable sí mostró variaciones relacionadas tanto con la cantidad de cultivo agregado como con la capacidad tampón de la matriz del quesillo. Los tratamientos con porcentajes intermedios y altos de suero fermento presentaron menores niveles de acidez, evidenciando una interacción entre la actividad fermentativa y la composición proteica del queso.

La evaluación sensorial confirmó que el uso de suero fermento mejora la percepción sensorial del quesillo. La muestra 104 obtuvo las calificaciones más altas en aroma, sabor, textura y aceptación general, lo que demuestra que la incorporación adecuada de cultivo favorece atributos sensoriales deseables y un producto más uniforme y agradable para el consumidor.

En conjunto, los resultados demuestran que el uso de suero fermento autóctono es una alternativa viable, sostenible y funcional para fortalecer la calidad del quesillo artesanal. Su aplicación permite estandarizar procesos, mejorar la seguridad microbiológica y potenciar las características sensoriales, contribuyendo así al desarrollo de un producto más competitivo y alineado con las exigencias de calidad de consumidores.

VIII. RECOMENDACIONES

Implementar el suero fermento autóctono en la elaboración artesanal de quesillo, priorizando porcentajes cercanos al 36.7%, ya que proporcionan mejores características sensoriales y reducen significativamente la carga microbiana.

Estandarizar el proceso de producción (temperatura, tiempos de reposo, incubación y manipulación) para garantizar que el suero fermento mantenga su actividad y que el producto final sea uniforme en calidad e inocuidad.

Continuar evaluando el comportamiento del suero fermento durante el almacenamiento del quesillo, para determinar su efecto en la vida útil, textura, acidez y estabilidad microbiológica del producto.

Realizar estudios complementarios de identificación microbiana, especialmente de las bacterias ácido-lácticas presentes en el suero fermento, con el fin de caracterizar su biodiversidad y su potencial uso como cultivo iniciador local.

Capacitar a productores artesanales sobre el uso adecuado del suero fermento como cultivo iniciador, ya que su aplicación podría mejorar la seguridad alimentaria y aumentar la competitividad del quesillo tradicional.

Explorar aplicaciones adicionales del suero fermento en otros productos lácteos locales, como quesos frescos, requesón o bebidas fermentadas, para ampliar su aprovechamiento y reducir aún más el desperdicio de suero lácteo.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cervantes Escoto, F., Cesín Vargas, A., & 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. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11242013000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

El suero de la leche: Características y propiedades • Leche Pascual. (s. f.). *Leche Pascual*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://lechepascual.es/articulos/nutricion/suero-leche-caracteristicas-propiedades/>

¿En qué consisten el tratamiento térmico y sus procesos? (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2025, de <https://www.ceupe.com/blog/el-tratamiento-termico-y-sus-procesos.html>

Goff, H. D., Hill, A., & Ferrer, M. A. (s. f.). *Starter Cultures*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://books.lib.uoguelph.ca/dairyscienceandtechnologyebook/chapter/starter-cultures/>

Gómez, D. A. A., & Mejía, O. B. (s. f.). *Composición nutricional de la leche de ganado vacuno*.

Huertas, R. A. P. (s. f.-a). *Bacterias ácido-lácticas*.

Huertas, R. A. P. (s. f.-b). *LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS*.

Intercambiadores de calor | Manual de procesamiento de lácteos. (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2025, de <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/heat-exchangers>

Jose, E. P. E. (s. f.). *Elaboracion de normas tecnicas para cinco productos lacteos artesanales de Honduras*.

Medina Fernández-Regatillo, M. (2017). Cultivos protectores e iniciadores en productos lácteos: Situación actual y tendencias. *ACTA/CL: revista de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos de Castilla y León*, 61, 5-9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5819067>

Microsoft Word—LACTOSUER...doc. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2025, de https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_MicroAlim/Javier_Castro/10.pdf

Ortiz Estrada Angel_2014_MC.pdf. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2025, de https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/246/1/Ortiz%20Estrada%20Angel_2014_MC.pdf

Poveda E, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista chilena de nutrición*, 40(4), 397-403. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011>

Termización: Una visión general | *Temas de ScienceDirect*. (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2025, de https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/thermization?utm_source=chatgpt.com

Tojo Sierra, R., Leis Trabazo, R., Barros Velázquez, J., & Prado Rodríguez, M. (2006). Productos lácteos fermentados. *An. pediatr.* (2003. Ed. impr.), 54-56. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-146817>

Vargas, T. (2000). *Calidad de la leche: Visión de la industria láctea*. <https://www.virtualpro.co/>

Villatoro, S. N. A. (2005). *Estudio de Factibilidad para la introducción y comercialización de quesillo Zamorano en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras*.

Williams Zambrano, M. B., & Dueñas Rivadeneira, A. A. (2021). Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero: Antecedentes investigativos y usos tradicionales. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 26, 39. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3490

Zeng, X., Wang, Y., Yang, S., Liu, Y., Li, X., & Liu, D. (2023). The functionalities and applications of whey/whey protein in fermented foods: A review. *Food Science and Biotechnology*, 33(4), 769-790. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01460-5>

X. ANEXOS

