

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA**



TESIS

**EFECTO DE LA MASTITIS SUBCLINICA SOBRE LAS
PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA LECHE EN VACAS
DEL DISTRITO DE SANTA ROSA-PUNO**

Presentada por:

Br. **GIOVANA TEREZA VARGAS PUMA**

Para optar el título profesional de **MÉDICO
VETERINARIO**

Asesores:

Dr. Edgar Alberto Valdez Gutierrez

Mg. Guiulfo Duriel Mamani Mango

Mg. Diana Sanchez Herencia

Mg.Sc. Santos Wilton Calderon Ruiz

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: EFEECTO DE LA MASTITIS SUBCLINICA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA LECHE EN VACAS DEL DISTRITO DE SANTA ROSA-PIUNO

presentado por: Giovana Tereza Vargas Poma con DNI Nro.: 47844068 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Médico Veterinario

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 03%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 19 de Junio de 2024

Firma

Post firma: Edgardo Alberto Valdez Gutierrez

Nro. de DNI: 01285940

ORCID del Asesor: 0000-0002-2966-7605
ORCID del 2do Asesor: 0000-0001-8109-7702 DNI: 41061125
ORCID del 3er Asesor: 0000-0001-6203-5354 DNI: 40854420
ORCID del 4to Asesor: 0000-0001-8091-5814 DNI: 26960866

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 272590361168524

NOMBRE DEL TRABAJO

EFECTO DE LA MASTITIS SUBCLINICA S
OBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMIC
AS DE LA LECHE EN VACAS DEL DISTR

AUTOR

GIOVANA VARGAS

RECUENTO DE PALABRAS

25362 Words

RECUENTO DE CARACTERES

134002 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

122 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 14, 2024 12:44 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 14, 2024 12:46 PM GMT-5


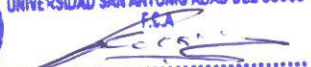
● 3% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

 UNIVERSIDAD SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
F.C.A.

Dr. Edgar A. Valdez Gutierrez
DOCENTE

DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios y a mi querida madre,
Dolores Puma Huamán, por su inmenso apoyo
y amor.*

*Doy gracias y dedico este logro a mis padrinos,
Juan Palomino Hancoco y Jovita Chávez Mamani,
cuyo cariño y esfuerzo han sido fundamentales
para alcanzar mis metas. Su ejemplo de
dedicación y valentía ha sido una inspiración en
mi vida.*

*Dedico este logro a mi hermana Irene Vargas
Puma, cuyo apoyo incondicional ha sido
esencial durante todo mi recorrido. Agradezco
profundamente su presencia constante y su
ánimo en cada etapa. A mi familia, que, con sus
sabios consejos y palabras de aliento, me han
moldeado y preparado para alcanzar mis
objetivos y contribuir a la sociedad en el campo
de la Medicina Veterinaria.*

*Agradezco profundamente a mis profesores de la
Universidad San Antonio Abad del Cusco, a
profesionales y amigos, por su valioso apoyo en
los momentos difíciles. Sus enseñanzas y
recuerdos los llevaré siempre conmigo,
agradeciendo hasta el final de mis días.*

AGRADECIMIENTO

A todos los profesores de la Universidad San Antonio Abad del Cusco, especialmente a mis mentores, el Dr. Edgar Alberto Valdez Gutiérrez, el M.Sc. Santos Wilton Calderón Ruiz, el Mg. Guiulfo Duriel Mamani Mango, la Mg. Diana Sánchez Herencia y les agradezco profundamente por contribuir en mi desarrollo como un profesional dedicado al bienestar social.

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis padrinos, quienes me enseñaron que cada avance en mi carrera es un logro personal y una fuente de alegría para mi familia. Sin su apoyo, alcanzar este sueño no habría sido posible.

Por último, mi agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo de investigación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
CAPÍTULO II	5
OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	5
2.1 Objetivos	5
2.1.1 <i>Objetivo general</i>	5
2.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
2.2 Justificación de la investigación.	5
CAPÍTULO III	8
MARCO TEÓRICO	8
3.1 Antecedentes de la investigación	8
3.2 Marco conceptual.....	12
3.2.1 <i>Leche de vaca</i>	12
3.2.2 <i>Calidad de la leche</i>	12
3.2.3 <i>Requisitos de la leche cruda</i>	13
3.2.4 <i>Propiedades fisicoquímicas de la leche</i>	15
3.2.5 <i>Anatomía de la glándula mamaria</i>	21
3.2.6 <i>Fisiología de la glándula mamaria</i>	22
3.2.7 <i>Mastitis bovina</i>	24
3.2.8 <i>Efecto de mastitis sobre parámetros fisicoquímicos y composicionales de la leche</i>	34
3.2.9. <i>Higiene y prevención</i>	36
3.2.10. <i>Tratamiento</i>	36
CAPÍTULO IV	38
HIPÓTESIS	38
4.1 Hipótesis general.....	38
4.2 Hipótesis específica	38
CAPÍTULO V	39
MATERIALES Y MÉTODOS	39

5.1 Localización.....	39
5.1.1. Ubicación geográfica.....	39
5.1.2. Condiciones climáticas.....	39
5.1.3. Duración del estudio.....	39
5.2 Tipo de investigación.....	40
5.3 Nivel de investigación.....	40
5.4 Diseño de investigación.....	40
5.5 Población y muestra.....	40
5.5.1 Población.....	40
5.5.2 Muestra.....	40
5.6 Materiales.....	42
5.6.1 Material biológico.....	42
5.6.2 Material e instrumentos de campo.....	42
5.6.3 Materiales y equipos de laboratorio.....	42
5.7 Metodología.....	43
5.7.1 Procedimiento de diagnóstico de mastitis, mediante la prueba de mastitis de california (CMT).....	43
5.7.2 Recolección de muestras para análisis de recuento de células somáticas (RCS) y propiedades fisicoquímicas.....	45
5.7.3 Análisis de recuento de celulas somaticas (RCS) con el equipo LACTOSCAN SCC.....	45
5.7.4 Análisis de propiedades fisicoquímicas con el equipo LACTOSCAN MCCWS.....	47
5.8 Análisis estadístico.....	48
CAPÍTULO VI.....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
6.1 Efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades físicas de la leche de vacas del distrito de Santa Rosa – Puno.....	55
6.2 Efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades químicas de la leche de vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.....	60
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS.....	71
Anexo 1: Registro para la evaluación de mastitis en leche de vaca a través de la prueba de mastitis de california (CMT).....	83

Anexo 2: Registro fotográfico para el análisis de las muestras de leche de vaca.....	84
Anexo 3: Propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas con mastitis subclínica.....	89
Anexo 4: Propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas sin mastitis subclínica.....	91
Anexo 5: Prueba de kolmogórov-smirnov para propiedades fisicoquímicas	93
Anexo 6: Análisis de datos en spss con las pruebas estadísticas de u de mann whitney y t student para propiedades fisicoquímicas de la leche cruda.	94
Anexo 7: Resultados estadísticos de comparación promedio y desviación estándar (de) de las propiedades fisicoquímicas	104
Anexo 8: Resultados estadísticos de comparación promedio y desviación estándar (de) de las propiedades fisicoquímicas por cuanto mamario	105

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1 Requisitos físico-químicos de la leche cruda de vaca según la NTP (2016).	14
Tabla 2 Composición química de la leche en principales razas lecheras en el Perú.....	15
Tabla 3 Promedio de los análisis fisicoquímicas de la lechera en la región Puno	16
Tabla 4 Conductividad eléctrica de la leche	34
Tabla 5 Cambios en la composición de la leche ocasionados por la mastitis.....	35
Tabla 6 Interpretación de la prueba de mastitis de california (CMT) para determinar mastitis	44
Tabla 7 Interpretación de la prueba de recuento de células somáticas (RCS) para determinar mastitis subclínica.....	46
Tabla 8 Grupo de vacas, evaluadas en la estadística con mastitis subclínica mediante el RCS en leche de vacas Brown Swiss.	52
Tabla 9 Grupo de vacas, evaluadas en la estadística sin mastitis subclínica mediante el RCS en leche de vacas Brown Swiss.	53
Tabla 10 Resultado de mastitis subclínica mediante la Prueba de Mastitis de California (CMT) en vacas Brown Swiss.	54
Tabla 11 Recuento de células somáticas (RCS) en vacas Brown Swiss evaluadas en la estadística Brown Swiss.....	55
Tabla 12 Comparación promedio y desviación estándar (DE) de las propiedades físicas de la leche, con y sin mastitis subclínica en vacas Brown Swiss.	56
Tabla 13 Comparación promedio y desviación estándar (DE)de las propiedades químicas de la leche, con y sin mastitis subclínica en vacas Brown Swiss.	61

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Anatomía de la glándula mamaria</i>	21
Figura 2 <i>Desarrollo de la mastitis y la defensa de la vaca contra la infección</i>	28
Figura 3 <i>Esquema de muestreo y distribución de vacas con y sin mastitis subclínica.</i>	41
Figura 4 <i>Prevalencia de mastitis subclínica mediante la Prueba de Mastitis de California (CMT) presentado en porcentaje.</i>	55
Figura 5 <i>Vacas en producción de la raza Brown Swiss evaluadas</i>	84
Figura 6 <i>Análisis de la leche de vaca por cada cuarto mamario a través de la Prueba de Mastitis de California (CMT)</i>	84
Figura 7 <i>Registro de datos de cada propietario y de las vacas muestreadas</i>	85
Figura 8 <i>Recolección de muestra de leche vaca por cada cuarto mamario</i>	85
Figura 9 <i>Material lactochip para colocar la muestra de leche y hacer la lectura en el LACTOSCAN SCC</i>	86
Figura 10 <i>Equipo LACTOSCAN SCC para el recuento de células somáticas (RCS)</i>	87
Figura 11 <i>Adición de la muestra de la leche al lactochip para determinar recuento de células somáticas (RCS) con el equipo LACTOSCAN SCC</i>	87
Figura 12 <i>Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la leche con el equipo LACTOSCAN MCCWS</i>	88

Abreviaturas

CS: Células somáticas

RCS: Conteo de células somáticas

SNG: Sólidos no grasos

pH: Potencial de hidrógeno

MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

CMT: California Mastitis Test (Prueba de Mastitis de California)

LDH: Lactato deshidrogenasa

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego

NCM: National Mastitis Council

GH: Hormona del crecimiento

PL: Prolactina

IGF-I: Factor de crecimiento insulínico tipo 1

NaOH: Hidróxido de sodio

PCE: Prueba de conductividad eléctrica

CM: Cuarto mamario

RESUMEN

El objetivo fue evaluar los efectos de la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa – departamento de Puno. Se analizaron muestras de leche, de 205 vacas de raza Brown Swiss de diferentes edades, etapas de lactación y al pastoreo natural del lugar, utilizando la prueba de mastitis de california (CMT). Del total, 78 vacas mostraron al menos un cuarto mamario con signos positivos de mastitis, mientras que 127 resultaron negativas. El recuento de células somáticas (RCS) se realizó con el equipo LACTOSCAN SCC. Basado en los resultados del RCS, se analizaron 27 vacas que al menos mostraron con signos positivos de mastitis subclínica con 38 cuartos mamarios, así como de 27 vacas controles sanos con 38 cuartos mamarios y para la determinación de composición fisicoquímica utilizando el equipo LACTOSCAN MCCWS. Los datos fueron procesados estadísticamente y comparados entre subclínicos y sanos, donde la mastitis subclínica tiene un impacto significativo ($p < 0.05$) sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche, disminuyendo su densidad (1.0258 g/mL), sólidos no grasos (8.14%), lactosa (4.48%), sales (0.68%) y proteína (2.97%), y aumentando el punto de congelación (-0.532°C), conductividad eléctrica (5.58 mS/cm), pH (7.36) y grasa (5.98%). No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de sólidos totales (14.12%). Se concluye que la mastitis subclínica tiene efectos sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca, por tanto, la calidad de la leche se ve afectada por la mastitis subclínica lo cual repercute en desempeño económico del productor.

Palabras clave: Mastitis subclínica, células somáticas, propiedades fisicoquímicas y calidad de la leche.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of subclinical mastitis on the physicochemical properties of milk in cows from the district of Santa Rosa – department of Puno. Milk samples from 205 Brown Swiss cows of different ages, lactation stages and natural grazing were analyzed using the California mastitis test (CMT). Of the total, 78 cows showed at least a quarter of the mammary gland with positive signs of mastitis, while 127 were negative. Somatic cell counting (SCC) was performed with the LACTOSCAN SCC equipment. Based on the results of the RCS, 27 cows that showed at least positive signs of subclinical mastitis with 38 mammary quarters, as well as 27 healthy control cows with 38 mammary quarters, were analyzed for the determination of physicochemical composition using the LACTOSCAN MCCWS equipment. The data were statistically processed and compared between subclinical and healthy, where subclinical mastitis has a significant impact ($p < 0.05$) on the physicochemical properties of milk, decreasing its density (1.0258 g/mL), non-fat solids (8.14%), lactose (4.48%), salts (0.68%) and protein (2.97%), and increasing the freezing point (-0.532°C), electrical conductivity (5.58 mS/cm), pH (7.36) and fat (5.98%). No significant differences were found in the percentage of total solids (14.12%). It is concluded that subclinical mastitis has effects on the physicochemical properties of cow's milk, therefore, the quality of the milk is affected by subclinical mastitis which has an impact on the producer's economic performance.

Keywords: Subclinical mastitis, somatic cells, physicochemical properties and milk quality.

INTRODUCCIÓN

La mastitis se define como cualquier proceso inflamatorio que afecta a la glándula mamaria, es causada por varias especies como bacterias, hongos, micoplasmas y algas (Batavani et al., 2007).

Puede ser de tipo clínica y subclínica, en su forma clínica se define como mastitis que causa signos clínicos en la ubre o cambios visibles en la leche (Østerås & Sølverød, 2009). En su forma subclínica, esta enfermedad no produce cambios visibles en la leche o la ubre, pero sí afecta la producción láctea, aumentando el recuento de células somáticas (RCS) y alterando la composición de la leche debido a la presencia de patógenos (Batavani et al., 2007).

La mastitis subclínica es una enfermedad muy importante que puede provocar una reducción de la producción, disminución de la calidad y mala higiene de la leche (Persson & Olofsson, 2011).

La mastitis subclínica en vacas está causada principalmente por bacterias, *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Estafilococcus coagulasa negativa* y otras especies de *Streptococcus* y *coliformes* (Mpatswenumugabo et al., 2017).

La mastitis subclínica, no diagnosticada podría conducir a mala salud de la ubre debido a la presencia de patógenos y la infección intramamaria existente (Persson & Olofsson, 2011). Este tipo de mastitis se diagnostica mediante métodos de laboratorio como el análisis del recuento de células somáticas (RCS) u otros (Østerås & Sølverød, 2009). Por lo tanto, este método de diagnóstico se utiliza como indicador de la salud de la ubre en vaca, oveja y cabra (Persson & Olofsson, 2011).

Además de la disminución del volumen de leche producida como resultado de la mastitis, la composición fisicoquímica de la leche cambia, como la proteína principal (caseína) disminuye por infección y las proteínas del suero (lactoalbúmina y lactoglobulina) también se

reducen, por el aumento de la permeabilidad vascular. Así mismo, reduce la estabilidad de la leche al calor por coagulación durante los procesos de pasteurización (Cha et al., 2011).

También hay una disminución de sales minerales como calcio y potasio en la leche (los factores que afectan la producción de queso) y las concentraciones de iones de sodio y cloruro aumentan y esto hace que aumente la conductividad eléctrica (Cha et al., 2011). Por otro lado, se reduce el contenido de lactosa, la plasmina y otras enzimas proteolíticas, derivadas de las células somáticas, lo que provocan la lisis de la caseína en la ubre; la actividad proteolítica de la plasmina aumentando en más de dos veces durante la mastitis (Jones, 2009). El deterioro de la leche continúa durante el almacenamiento (Button et al., 2011).

Esta afección provoca notables pérdidas económicas en la producción lechera debido a varios factores como: el sacrificio anticipado de vacas con excelente genética, los costos asociados a medicamentos y servicios veterinarios, la retención de leche tras el tratamiento, y la disminución en el avance genético del rebaño (DeGraves & Fetrow, 1993). Así mismo, también la mastitis representa un riesgo para los terneros que se alimentan de leche materna (Auldism et al., 1995; Wielgosz-Groth & Groth, 2003).

La detección temprana de problemas de salud en la ubre es crucial para que los productores de leche y los médicos veterinarios puedan garantizar tanto el bienestar del ganado como la calidad y productividad de la leche. Sin embargo, los costos económicos a menudo limitan la realización de exámenes rutinarios en muestras de leche. Por lo que, en el presente estudio se propuso evaluar los efectos de la mastitis subclínica en las propiedades físicas (densidad, punto de congelación y conductividad eléctrica) y químicas (pH, grasa, SNG, lactosa, sales, proteína y sólidos totales) de la leche en las vacas del distrito de Santa Rosa, en la provincia de Melgar, región de Puno.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La mastitis subclínica es una enfermedad compleja y multifactorial que provoca cambios químicos, físicos y bacteriológicos en la leche. Esta enfermedad es una de las infecciones intramamarias más comunes, que resulta en enormes pérdidas económicas debido a la reducción de la calidad, producción de la leche, los costos de intervención veterinaria y la mortalidad de las vacas (Mpatswenumugabo et al., 2017; Shittu et al., 2012). Esta enfermedad de mastitis subclínica es un tipo en el que no se observa inflamación visible y es asintomática (Bobbo et al., 2017).

La disminución de la productividad de la leche en las vacas lecheras lactantes está influenciada por varios factores como raza, enfermedades, alimentación y prácticas de manejo) (Nyman et al., 2007).

La salud que tiene que mantener la glándula mamaria de las vacas es importante para la producción de leche, puesto que es necesario una buena salud de la ubre, para que alcance máximo potencial en la producción de la misma, manteniendo una calidad óptima del producto y la inocuidad (Arauz, 2011).

En la región Puno, la leche se vende a pequeñas agroindustrias locales que procesan productos lácteos (queserías artesanales), otro destino es la industria (Leche Gloria) y otro destino igualmente importante es la comercialización a través de intermediarios (venta directa) quienes lo recogen directamente de la unidad de producción para tomarlo posteriormente y comercializarlo directamente en el mercado para su venta al público en general sin ningún procesamiento previo. Los productos lácteos como, el queso se vende en diferentes mercados

a nivel nacional (Cusco, Arequipa, Lima y otros). Por tanto, la calidad de la leche es un factor clave en la competitividad de la ganadería láctea, para garantizar su consumo debe ser inocua libre de microorganismos patógenos y sustancias tóxicas (Brousett et al., 2015).

Este problema de la mastitis subclínica en vacas lecheras del distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar de la región de Puno, repercute en la baja producción y gastos que ocasiona en el tratamiento, dejándose de lado un sistema de producción coherente a lo planificado y los ganaderos tienen grandes pérdidas económicas. Así mismo, los productores de este distrito, desconocen los efectos de la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche, lo que pone en riesgo la salud de los consumidores de leche, además de generar una mala calidad en la producción de derivados lácteos, como, por ejemplo, queso, yogurt.

El distrito de Santa Rosa se caracteriza por ser una zona eminentemente ganadera que se dedica a la producción de leche, a pesar de ello, los ganaderos desconocen el efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas del distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar, región de Puno.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

2.1.2 Objetivos específicos

OE1: Evaluar el efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades físicas de la leche (densidad, punto de congelación y conductividad eléctrica) en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

OE2: Evaluar el efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades químicas de la leche (pH, grasa, SNG, lactosa, sales, proteína y sólidos totales) en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

2.2 Justificación de la investigación.

La mastitis subclínica, afecta a la calidad, producción de la leche y los ingresos de los productores dedicados a este rubro, además es de 15 a 40 veces más frecuente que la mastitis clínica y las vacas infectadas se convierten en la principal fuente de infección para las vacas sanas; esto sucede cuando no se implementan medidas preventivas, al no usar guantes durante el ordeño o no ordeñar al final las vacas con mastitis. Por lo antes mencionado, este estudio busca información valiosa para los productores referido al efecto que produce la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa.

Justificación teórica

La importancia teórica de investigar el efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas radica en el hecho de que esta condición, a menudo pasa desapercibida debido a su naturaleza subclínica. Este estudio busca comprender cómo la mastitis subclínica afecta las propiedades fisicoquímicas e incluyendo cambios en las células somáticas, lo cual es crucial para analizar la calidad del producto, la seguridad alimentaria y la salud del consumidor. Al analizar estos cambios, el estudio proporcionará, información valiosa para el desarrollo de estrategias de manejo más efectivas, mejorando así la salud animal, la productividad y calidad de la leche en el distrito de Santa Rosa.

Justificación práctica

En el distrito de Santa Rosa-Puno, la mastitis subclínica emerge como un factor clave que incide negativamente en la producción lechera, generando no solo una disminución en el volumen de producción sino también afectando la calidad de la leche y sus derivados. A pesar de su importancia, las repercusiones de esta afección pasan desapercibidas para muchos productores debido a que los cambios en la cantidad y calidad de la leche no son inmediatamente perceptibles. Esto conduce a una menor atención hacia la enfermedad y, como resultado, muchas vacas afectadas por mastitis subclínica no reciben el tratamiento oportuno. La falta de un manejo adecuado de esta condición no solo detiene la producción de leche, sino que también puede tener consecuencias directas en la salud pública, al afectar las propiedades organolépticas de la leche y sus derivados, y potencialmente impactar la salud de los terneros. Este estudio se centra en evaluar los efectos de la mastitis subclínica sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito, resaltando la importancia de un diagnóstico temprano y manejo eficaz para mitigar sus impactos negativos. Es importante resaltar que los resultados obtenidos en este estudio servirán como base y guía para investigaciones futuras, a quienes se dediquen a la línea de investigación lechera.

Justificación metodológica

Este estudio sobre el impacto de la mastitis subclínica en las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa-Puno se fundamenta en un enfoque exhaustivo y sistemático. Se utilizaron métodos de análisis fisicoquímicos estandarizados (LACTOSCAN MCCWS) para evaluar las propiedades de la leche, como propiedades físicas (densidad, punto de congelación y conductividad eléctrica) y componentes químicos (pH, grasa, SNG, lactosa, sales, proteína, sólidos totales). Paralelamente, se aplicó técnicas de diagnóstico avanzadas para identificar de manera precisa la presencia de mastitis subclínica en las vacas mediante recuento de células somáticas (RCS). Esta metodología combina análisis cuantitativos (LACTOSCAN SCC) con evaluaciones cualitativas (CMT) detalladas, permitiendo una comprensión integral de cómo la mastitis subclínica afecta la calidad de la leche. Esta aproximación metodológica no solo garantiza la precisión y fiabilidad de los resultados, sino que también proporciona una base informativa para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el manejo de la salud del ganado y la calidad de la producción lechera.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Calderón et al. (2014) realizaron un estudio con el objeto de evaluar el impacto de la mastitis subclínica en la calidad físico-química de la leche en sistemas de ganadería doble propósito en Montería, Córdoba, Colombia. En las muestras de leche reportaron altos recuentos de células somáticas (RCS), los niveles de proteínas totales eran bajos de $2.93 \pm 0.13\%$, grasa de $3.36 \pm 0.29\%$, lactosa de $4.19 \pm 0.21\%$, caseína de $2.21 \pm 0.13\%$, sólidos totales de $10.88 \pm 0.49\%$, densidad $1.029 \pm 0.001\text{g/mL}$ y un aumento en el punto de congelación $-0.52 \pm 0.01^\circ\text{C}$, minerales de $0.75 \pm 0.02\%$. Por otro lado, en las muestras con bajos recuentos de células somáticas (RCS), se encontraron niveles de $3.12 \pm 0.13\%$ para proteínas totales, $3.70 \pm 0.46\%$ para grasa, $4.76 \pm 0.15\%$ para lactosa, $2.47 \pm 0.12\%$ para caseína, $12.32 \pm 0.56\%$ para sólidos totales, $1.032 \pm 0.001\text{g/mL}$ para densidad, $-0.55 \pm 0.01^\circ\text{C}$ para punto de congelación y $0.70 \pm 0.02\%$ para minerales.

Los mismos autores concluyeron que los componentes físico-químicos de la leche como la proteína total, caseína, grasa, lactosa, sólidos totales, densidad muestran una disminución significativa debido a la mastitis subclínica ($p \leq 0.05$) en comparación con la leche sin mastitis. El RCS afecta el rendimiento quesero de la leche y la calidad sensorial del queso, cada incremento de 100 000 células/mL en el RCS influye en el aumento del tiempo de coagulación de la leche en 54 segundos, una disminución del 0.7% en el rendimiento quesero, y una reducción del 0.3% en la concentración de proteínas y del 0.4% en la de grasas en la leche destinada a la producción de queso (Calderón et al., 2014).

Asimismo, Vásquez (2014) realizó un estudio con el fin de determinar cómo la raza, ubicación geográfica, número de partos, duración de la lactancia y la presencia de mastitis, afectan la composición de la leche en muestras individuales y colectivas de hatos lecheros en la raza Holstein y Normando, donde demostraron que el RCS influye positivamente en el aumento del contenido de grasa $3.4 \pm 0.5\%$ en la leche ($p < 0.05$), pero no se encontró una correlación significativa con los niveles de proteínas $2.9 \pm 0.3\%$ y sólidos totales $12.0 \pm 0.7\%$ ($p > 0.05$). Además, el estudio reveló que el periodo de lactancia tiene un impacto sobre la composición, con un aumento en los días de lactancia correlacionado con mayores concentraciones de proteínas, grasas y sólidos totales ($p < 0.0001$).

Por otro lado, Calderón et al. (2011) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la mastitis subclínica sobre el rendimiento del queso costeño. Utilizando el método CMT, identificaron 5 vacas con mastitis subclínica de grado tres. Los hallazgos del estudio revelaron que la leche afectada por mastitis subclínica tiene un impacto negativo en varias propiedades, incluyendo una densidad promedio de 1.029 gr/mL, un punto de congelación de -0.522 °C, contenido de proteína de 2.98 %, grasa de 3.07%, lactosa de 4.14%, sólidos no grasos (SNG) de 7.27%, y un incremento en punto de congelación de -0.522 C, sales minerales de 0.74%. Los autores identificaron que el rendimiento del queso costeño está estrechamente ligado al número de células somáticas en la leche, y que la mastitis subclínica reduce aspectos clave como la densidad, la proteína, la grasa, la lactosa y los SNG.

Batavani et al. (2007) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el impacto de la mastitis subclínica en la composición de la leche de vacas lecheras en tres granjas de Urmía, Irán. Los resultados indican que la leche con un recuento de células somáticas (RCS) superior a 500.000 células/mL con niveles elevados de cloruro (más de 0.14 g/dl), sodio (91.97 mg/dL), albúmina (5.62 g/dL), lactato deshidrogenasa (LDH, 1524.04 IU/L), pH (6.69) e inmunoglobulinas (26.86%). Por otro lado, se observaron niveles más bajos de potasio (151.56

mg/dL), fósforo (24.40 mg/dL), calcio (90.45 mg/dL), α -lactoalbúmina (22.25%) y β -lactoglobulina (34.21%), lo que evidencia el daño tisular causado por la mastitis subclínica.

Sánchez & Mamani (2022) realizaron un estudio con el fin de evaluar la prevalencia de mastitis subclínica y determinar los factores de riesgo ambientales en 300 vacas de la raza Brown Swiss. El estudio se realizó en el distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar de la región de Puno, el estudio consideró diferentes fases de lactancia, analizando un total de 1200 cuartos mamarios. Para detección de la mastitis subclínica, se empleó el método de prueba de mastitis de california (CMT). Los resultados mostraron una prevalencia de mastitis subclínica del 47.0% a nivel de vacas y del 21.2% a nivel de cuartos mamarios. A pesar de que el cuarto posterior derecho mostró una ligera mayor frecuencia de casos, no se encontró una diferencia estadística significativa entre cuartos mamarios ($p > 0.05$) en la prevalencia de mastitis subclínica entre los diferentes cuartos mamarios.

Brousett et al. (2015) evaluó la calidad de la leche cruda en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y toxicológicas en la región Puno. De acuerdo a la evaluación fisicoquímica de leche producida en dicha región en su mayoría se encuentra dentro del rango de parámetros aceptables para leche cruda de vaca según la NTP 201.001.2003, se reportó la densidad de 1.0295g/ml, pH 6.51, sólidos no grasos de 8.14 (g/100), sólidos totales de 12.40(g/100), proteína de 3.04(g/100) y lactosa de 4.49 (g/100). La mayoría de las cuencas lecheras se encuentran dentro de los estándares de las normativas vigentes peruanas. En la región de Puno existe un desconocimiento de la calidad fisico-química y microbiológica de la leche fresca, siendo una de las zonas productoras importantes en el Perú es de vital importancia que se evalúe estos aspectos fundamentales para la competitividad productiva de la ganadería peruana como también para su consumo garantizado (Brousett et al., 2015).

Viera (2013) indica que los parámetros de calidad de la leche de vaca en los distritos de Apata, Matahuasi y Concepción en el Valle del Mantaro. En este estudio se usó equipo

Milkotester Master Eco, para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche, para determinar células somáticas se usó el equipo Analizador Porta ®. Los resultados indican que los parámetros de la calidad de leche en los distritos de Atapa, Matahuasi y Concepción, son: densidad de 1.0293 gr/mL, grasa de 3.73%, SNG de 8.18%, sólidos totales de 11.91%, proteína de 3.39%, lactosa de 4.17%, sales de 0.57%, con un RCS de 451 419 Cel/ mL. La mastitis subclínica tiene efecto en las propiedades fisicoquímicas de la leche (ya que se deteriora), que el alto RCS afecta en los parámetros de la calidad de la leche y aún más acrecienta en épocas de lluvia que en comparación en épocas de sequía.

Orellana (2022) realizó un estudio con el objetivo de caracterizar la calidad de la leche y el queso en el Centro Agronómico K'ayra de la UNSAAC. El estudio se realizó con 20 vacas de raza Holstein Friesian, 2 Brown Swiss, 14 cruzadas. Para el análisis de las propiedades físicas y químicas de la leche se usó el equipo LACTOSCAN. Los resultados del estudio muestran que la calidad de las propiedades fisicoquímicas de la leche para raza Brown Swiss fue: grasa de 3.95%, proteína de 3.37%, lactosa de 4.48%, minerales de 0.67% de SNG de 7.57%, sólidos totales de 12.48%, densidad de 1.026g/mL, punto de congelación de -0.54 °C y pH de 6.54. Para elaboración de queso se usó la siguiente calidad de leche: grasa de 3.07%, proteína de 3.13%, lactosa de 4.38%, minerales de 0.70%, SNG de 7.59%, sólidos totales de 11.28%, densidad de 1.026g/mL, punto de congelación de -0.56 °C y pH de 6.55. Los parámetros de calidad de las propiedades fisicoquímicas de la leche, no cumplen con los estándares exigidos según por la NTP 202 001 2003.

Huillca (2020) realizó un estudio con el objetivo de determinar la calidad fisicoquímica de la leche cruda en época de lluvia del Centro Poblado Urinsaya Ccollana – Layo. se evaluaron 54 muestras por mes, haciendo un total de 162 muestras de leche cruda en todo el estudio, se recolectaron 200 ml de muestras de total leche producida por cada productor que expende a la empresa Gloria. Las propiedades que están dentro de los parámetros permisibles son como:

densidad de 1.029 g/cm³ pH de 6.65, grasa con un porcentaje de 3.58 %, proteína de 2.89% lactosa con 4.56%, sólidos totales con 11.59%, mientras que dos propiedades están cerca por alcanzar al estándar exigido, como sólidos no grasos con un promedio de 8.01 % y ceniza con 0.56%; frente a los estándares exigidos, por MINAGRI, de los 8 demandados, fueron cumplidos 6 y no fueron cumplidos dos parámetros.

3.2 Marco conceptual

3.2.1 Leche de vaca

La leche es el producto de la secreción mamaria de hembras bovinas sanas obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición y destinada al consumo en forma líquida o en subproductos (Caldero et al., 2011). De manera similar, la Norma Técnica Peruana (NTP) establece que la leche debe ser el resultado de un ordeño higiénico de vacas en buen estado de salud, bien alimentadas y libre de calostro, u cualquier otra sustancia que modifique su composición (NTP, 2016). Su función es alimentar a la humanidad, aportando nutrientes esenciales, energía y proporcionar protección inmunológica (Berhe & Teklit, 2018).

3.2.2 Calidad de la leche

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) define la calidad de la leche de vaca como el conjunto de características que hacen que esta sea saludable que garantice su consumo y competitiva en el mercado (MIDAGRI, 2017).

La leche de alta calidad la producen vacas bien nutridas y saludables, mediante un proceso de ordeño adecuado y en instalaciones higiénicas. Específicamente las características composicionales de la leche deben incluir 4.6% de lactosa, 3.2% de proteínas, 3.5% de materia grasa y 0.7% de sales, con un 88% de agua. Además, podría tener una cantidad mínima de microorganismos y células somáticas, sin presencia de bacterias dañinas para la salud, inhibidores ni sustancias químicas (MIDAGRI, 2017).

La importancia de la calidad de la leche reside en su papel estratégico en la nutrición, ya que la calidad del producto introducido en el mercado, ya sea la leche misma o sus derivados, depende de la calidad de la materia prima. Esto incluye las condiciones de producción, transporte, conservación y manipulación en los puntos de venta. Las empresas e industrias lácteas basan su reputación en la calidad del producto inicial, haciendo del control de calidad de la leche cruda un aspecto esencial en su proceso de producción (Ferraro, 2012).

3.2.3 Requisitos de la leche cruda

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 007-2017-MINAGRI, se establecen reglamento específico para los productos lácteos y la leche. El propósito de este reglamento es establecer las normas que deben cumplir tanto la leche como los productos lácteos de origen bovino destinados al consumo humano, ya sean de producción nacional o importados. La protección de la vida y la salud humana a lo largo de toda la cadena láctea es el objetivo principal de este reglamento. Además, garantiza la integridad y claridad en la producción y comercialización de estos productos evitando prácticas que puedan causar errores, confusiones o engaños (MINAGRI, 2017).

Tabla 1*Requisitos físico-químicos de la leche cruda de vaca según la NTP (2016).*

Características	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Materia grasa	g/100g	3.2	-----	NTP 202.126 NTP 202.028 ISO 2446/IDF 226
Sólidos no grasos	g/100g	8.2	-----	*
Sólidos totales	g/100g	11.4	-----	NTP 202.118
Acidez, expresada en g. de ácido láctico	g/100g	0.13	0.17	NTP 202.116
Densidad a 15 °C	g/mL	1.0296	1.0340	NTP 202.007 NTP 202.008
Índice de refracción del suero, 20 °C	-----	1.34179 (lectura refractométrica 37.5)	-----	NTP 202.016
Ceniza total	g/100g	-----	0.7	NTP 202.172
Alcalinidad de la ceniza total (mL de solución de NaOH 1N)		-----	1.7	NTP 202.172
Índice crioscópico		-----	-0.540 °C	ISO 5764/IDF 108 NTP 202.184
Sustancias extrañas a su naturaleza	-----	Ausencia		**
Prueba de alcohol (74% v/v)	-----	No coagulable		NTP 202.030
Prueba de la reductasa con azul de metileno	-----	4 horas		NTP 202.014
Requisitos microbiológicos				
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos viables/mL	mL	500 000	1 000 000	ISO 4833
Numeración de coliformes/mL	mL	100	1000	ISO 4831
Requisitos de calidad higiénica				
Recuento de células somáticas/mL	mL	-----	500 000 unidades/mL	NTP 202.173
Lactosa	g/100g	4.3	5.2	-----
Proteína	g/100g	3.0	-----	-----

(*) Por diferencia entre los sólidos totales y la materia grasa.

(**) Métodos mencionados en los apartados 2.2.11 al 2.2.18.

Fuente: NTP (2016) y Maceda (2012).

3.2.4 Propiedades fisicoquímicas de la leche

Las propiedades de un producto biológico como es la leche son el resultado de su composición química y estructura física. Cualquier proceso que modifique estos componentes tendrá un efecto en la leche como producto final (Barberis, 2002). Según Manoj et al. (2022) las propiedades fisicoquímicas de la leche dependen de varios factores como la composición, la estructura de los componentes, los parámetros de procesamiento y la temperatura.

La composición de la leche de una misma especie varía, y estas diferencias están determinadas por la raza, edad, etapa de lactancia, alimentación, manejo y el estado salud. Por tanto, es difícil dar la composición normal de la leche de una especie en particular (Vilca, 2018).

Tabla 2

Composición química de la leche en principales razas lecheras en el Perú

Raza	Agua	Grasa	Proteína	Lactosa	Minerales	Sólidos totales
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Jersey	85.47	5.05	3.78	5.00	0.70	14.53
Brown Swiss	86.87	3.85	3.48	5.08	0.72	13.13
Holstein	87.72	3.41	3.32	4.87	0.68	12.28

Fuente: MINAGRI (2009).

La Tabla 3 muestra los valores fisicoquímica de leche producida en la región Puno se encuentra en su mayor parte dentro del rango de parámetros aceptables para la leche cruda de vaca (NTP, 2016). A continuación, se presentan las propiedades físicas y químicas más relevantes de la leche:

Tabla 3*Promedio de los análisis fisicoquímicas de la lechera en la región Puno*

Raza	Densidad (g/mL)	pH	Grasa (%)	SNG (%)	Lactosa (%)	Proteína (%)	Sólidos totales (%)
Brown Swiss	1.0295	6.51	3.31	8.14	4.49	3.04	12.40

Fuente: Brousett et al. (2015).

Propiedades físicas

- **Densidad:** Sirve para determinar la relación entre el contenido de agua y el total de sólidos, incluida lactosa, proteína, grasa y sales minerales. Por lo tanto, a medida que aumenta el contenido de grasa y SNG, la densidad de la leche tiende a aumentar, mientras que a medida que aumenta el contenido de agua, la densidad disminuye (MIDAGRI, 2017).

Los valores de densidad de la leche oscilan generalmente entre 1.0296 y 1.0340 g/mL (NTP, 2016). Es importante considerar la temperatura al medir la densidad, ya que un aumento de un grado centígrado puede modificar la densidad en alrededor de 0.0002 g/mL (Schlimm & Buchheim, 2002).

- **Punto de congelación:** Se refiere a la temperatura en la cual un líquido se transforma en sólido. En el caso de la leche, su punto de congelación es inferior a 0 °C debido a la influencia de las sustancias disueltas, que disminuyen dicho punto, oscilando entre -0.53 °C y -0.57 °C (López & Barriga, 2016).

Este parámetro resulta especialmente valioso para determinar la cantidad de agua presente en la leche; cuanto más próximo esté el punto de congelación a 0°C, mayor será el contenido de agua. Esta técnica es ampliamente aceptada y empleada en el análisis de la leche, como indican López y Barriga (2016).

- **Conductividad eléctrica (CE):** Es una medida de la capacidad de un material para transportar una corriente eléctrica, los valores de CE de la leche oscilan entre 4.0 a 5.5

mS/cm, por otro lado, en caso de mastitis este incrementa. La CE está determinada por la concentración de los principales aniones y cationes (Na^+ , K^+ y Cl^-) y otros iones son el Mg^{++} y Ca^{++} (Lowrie, 2019).

En la presencia de mastitis, la glándula mamaria sufre un aumento de la permeabilidad capilar, lo que conduce a la destrucción de los canales de membrana y la interrupción de las bombas de iones, lo que conduce el flujo de Na^+ , Cl^- hacia la luz alveolar y retención de K^+ y lactosa, que quedan fuera de la leche. Por lo tanto, las concentraciones de Na^+ y Cl^- aumentan, mientras que la leche disminuye las concentraciones de K^+ y lactosa, lo que resulta en una desviación de CE por encima del rango normal (Lowrie, 2019).

Composición química

La calidad nutricional de la leche, su valor en la producción de alimentos y diversas de sus características están definidas por su composición química.

- **pH (concentración de hidrogeniones):** Es una medida esencial para determinar la alcalinidad o acidez de un producto, y en el caso de la leche, es un indicador crucial de su frescura y de la concentración de ciertas sustancias.

La leche suele ser ligeramente ácida, y en particular, la leche de vaca presenta valores de pH que oscilan entre 6.6 y 6.7. Esta medida es fundamental para evaluar la calidad y la idoneidad de la leche para diferentes usos y procesamientos, ya que valores inferiores a este indican descomposición microbiana y valores superiores son un indicador de leche con mastitis (López & Barriga, 2016).

- **Grasa:** La cantidad y calidad de la grasa en la leche pueden variar según diversos factores, como la raza, edad, alimentación del animal, época del año, momento del ordeño y etapa de lactancia, según señalan Guerrero y Rodríguez (2010). La grasa

desempeña un papel fundamental en las propiedades físicas, sensoriales, el valor nutricional de la leche y sus derivados. Además, aporta 9 calorías por gramo y vitaminas liposolubles (Guerrero & Rodríguez, 2010).

La composición de la grasa incluye triglicéridos, fosfolípidos y sustancias saponificables, y la mayor parte se encuentra en forma de pequeños glóbulos, con un tamaño promedio de 2 a 5 micrones, en una emulsión de tipo aceite en agua. Estos glóbulos están recubiertos por una membrana compuesta de fosfolípidos y proteínas conocida como membrana del glóbulo de grasa, que estabiliza la emulsión grasa y evita que los glóbulos se agrupen (Maza & Legorreta, 2011).

Sin embargo, bajo ciertas condiciones, como agitación a bajas temperaturas, calentamiento o congelación, esta membrana puede romperse, lo que puede resultar en sabores y olores desagradables, especialmente cuando la cantidad de grasa es alta (López & Barriga, 2016).

- **Sólidos no grasos (SNG):** Los sólidos no grasos, que comprenden proteínas, lactosa y minerales, son susceptibles de variar significativamente debido a diversos factores, como la alimentación, la genética, posibles enfermedades, la etapa de lactancia y la estación del año (Cervantes et al., 2013).
- **Lactosa:** La lactosa es un tipo de disacárido compuesto por dos azúcares (galactosa y glucosa), este componente de la leche es notablemente constante en su composición y desempeña un papel fundamental en la producción diaria de leche (MIDAGRI, 2017). Además, es crucial en la elaboración del queso, ya que su fermentación, gracias a la acción de ciertas enzimas bacterianas, da lugar a la formación de ácidos lácticos, propiónicos, alcohólicos, butíricos y otros compuestos que contribuyen significativamente a su sabor y aroma característicos (MIDAGRI, 2017).

- **Minerales:** Se presentan en una proporción muy reducida en la leche, aproximadamente entre el 0.5% y el 1%. Estas sustancias tienen un impacto significativo en las propiedades y el comportamiento tecnológico de la leche, y la mayoría de las sales se encuentran en forma de moléculas e iones, mientras que algunas están en un estado coloidal, formando compuestos con la caseína, la mayor parte son de origen mineral (fósforo, cloruro y bicarbonato) y otro de origen orgánico (citrato, que interviene en el equilibrio de calcio) según lo indicado por López & Barriga (2016).

Los minerales se dividen en dos categorías: Macroelementos (sales mayoritarias de la leche), que incluyen cloruros, fosfatos y citratos de potasio, calcio, sodio y magnesio. Y los otros son, oligoelementos, como aluminio, zinc, manganeso, hierro y cobre. Su presencia en la leche depende de la dieta del animal y del entorno en el que se encuentre (López & Barriga, 2016).

Estas minerales desempeñan un papel fundamental en la estabilidad de la leche y aportan valor nutricional. La estabilidad de la leche se ve afectada por factores como el pH y la temperatura (López & Barriga, 2016).

- **Proteína:** La proteína es un componente esencial presente en la leche, y su distribución se ve influenciada por variaciones en el pH. Su contenido en la leche varía, dependiendo de la raza de la vaca, siendo la leche de la raza Holstein generalmente menor en proteínas que la de la raza Jersey (Muñoz & Rodríguez, 2006). La composición de las proteínas en la leche de vaca es diversa, siendo la mayoría de ellas (aproximadamente el 80%) caseínas, mientras que el restante son proteínas del suero que son lactoalbúminas y lactoglobulina. Las proteínas de la leche de vaca son de gran calidad, es decir, contienen todos los aminoácidos esenciales y elementos que nuestro organismo no puede producir (Berhe & Teklit, 2018).

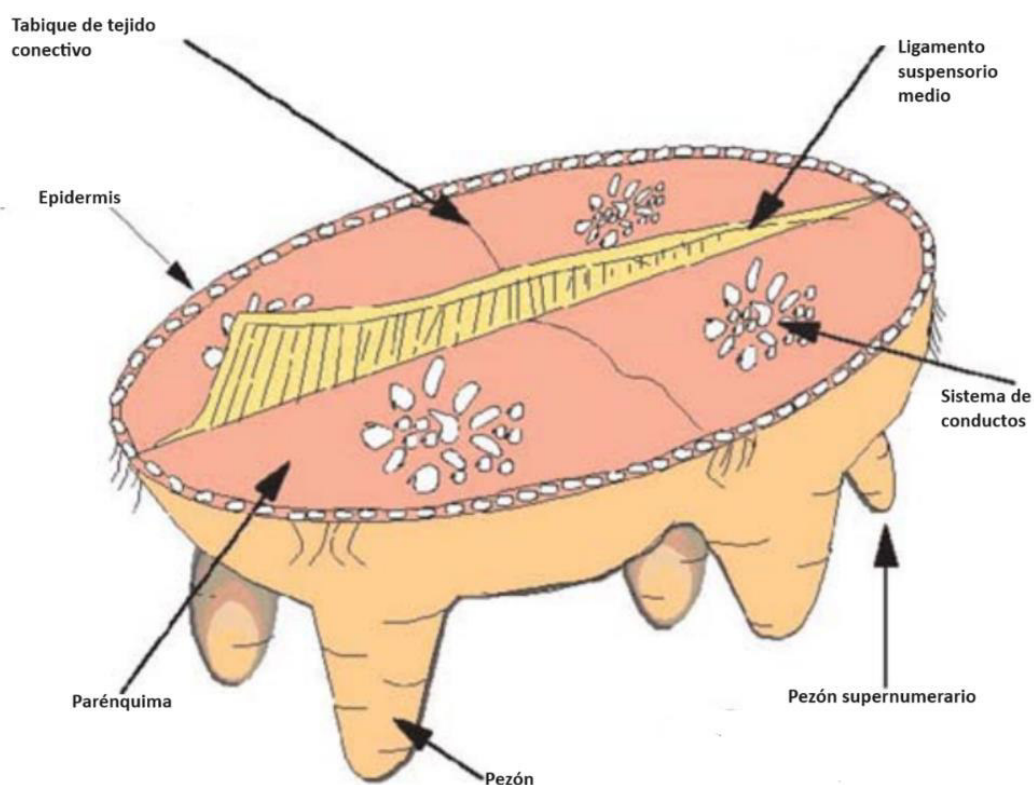
- ✓ **Caseína:** Este grupo de proteínas se caracteriza por su diversidad y se les denomina α , β , κ y γ , siendo diferenciadas por su contenido de fósforo y su respuesta al cuajo. A pesar de estas diferencias, todas comparten la característica de ser relativamente hidrofóbicas, lo que las hace insolubles, lo que significa que tienden a precipitar cuando el pH alcanza 4.6 o cuando se añade cuajo a la leche. Esta propiedad es de gran importancia en la producción de queso, ya que la cantidad de estas proteínas influye de manera significativa en el rendimiento quesero (Schlimme & Buchheim, 2002).
- ✓ **Proteína del suero:** El segundo grupo de proteínas más abundante en la leche, que representa aproximadamente el 15% a 20% de su contenido, está compuesto por diversas proteínas como la β -lactoglobulina, la α -lactoalbúmina, las seroalbúminas, enzimas, inmunoglobulinas, proteosomas-peptosomas, entre otras. Entre estas proteínas, la β -lactoglobulina es la más predominante y se reconoce por ser responsable de modificar el sabor de la leche cuando se somete a temperaturas elevadas durante un período prolongado, como ocurre al hervirla (Guerrero & Rodríguez, 2010).
- **Sólidos totales:** Los sólidos totales de la leche comprenden la suma de los porcentajes de proteínas, grasa, lactosa, vitaminas y sales minerales. Por lo tanto, cualquier variación en la cantidad de estos componentes puede tener un impacto en el contenido total de sólidos, siendo la proporción de grasa el factor más influyente en esta suma (Calderón et al., 2007). La determinación del porcentaje de sólidos totales es de gran relevancia, ya que permite detectar posibles adulteraciones por dilución con agua en la leche. Además, este valor es esencial para clasificar la leche en función de su procesamiento, lo que puede llevar a obtener mayores rendimientos y, en consecuencia, generar mayores ganancias para el procesador (Viera, 2013).

3.2.5 Anatomía de la glándula mamaria

La ubre de las vacas lecheras consta de cuatro glándulas cubiertas de piel que aumentan de tamaño durante la gestación y comienzan a producir leche después del parto para alimentar a sus terneros (Bermeo, 2014).

Figura 1

Anatomía de la glándula mamaria



Fuente: Nickerson y Akers (2011).

Las glándulas posteriores son responsables del 60% de la producción de leche, mientras que las anteriores contribuyen con el 40%. Los pezones delanteros tienden a ser más largos que los posteriores. Es importante que los pezones tengan el tamaño adecuado, estén ubicados correctamente y que el músculo esfínter alrededor del orificio del pezón sea lo suficientemente elástico para facilitar el proceso de ordeño (Punguil, 2015).

En cuanto, a la estructura interna de la glándula mamaria incluye un parénquima con septos interlobulares que permiten la circulación sanguínea, el drenaje linfático y la sensación (Avila et al., 2010).

Los alvéolos son responsables de la producción de leche y transforman los nutrientes de la sangre en nutrientes para la leche. Durante la lactancia, los alvéolos se agrupan en lobulillos, que a su vez forman lóbulos. Cada alvéolo está conectado a una red capilar que facilita el intercambio de hormonas y nutrientes desde la sangre para la síntesis de la leche y la eliminación de desechos. La ubre también está compuesta por varios conductos mamaros que drenan la leche (Gasque, 2009).

Las células mioepiteliales son capaces de controlar la salida de la leche desde los alvéolos y conducirla a través de los conductos hacia la cisterna glandular del pezón, en respuesta a la estimulación de la hormona oxitocina (González, 2010). La leche se almacena en dos áreas diferentes: los alvéolos y la cisterna. En el bovino, aproximadamente el 35% de la leche se acumula en la cisterna glandular (Álvarez et al., 2009).

Además, el canal en la punta del pezón tiene una capa de queratina con propiedades bactericidas, y el tono muscular del conducto del pezón determina la velocidad del flujo de la leche (Avila et al., 2010).

3.2.6 Fisiología de la glándula mamaria

Jiménez (2019) indica que la glándula mamaria pasa por cuatro etapas distintas. Estas etapas son conocidas como mamogénesis, lactogénesis, galactopoyesis e involución glandular.

A) Mamogénesis

En esta etapa está relacionada con el desarrollo de la glándula mamaria, que va generar la producción de leche desde que está inactiva, hasta el momento en que se activa la

producción, cuando la vaca está preñada (último tercio de gestación), específicamente cuando se aproxima el parto (Jiménez, 2019).

B) Lactogénesis

La lactogénesis es un proceso de diferenciación en el que las células alveolares mamarias adquieren la capacidad de producir leche, y suele dividirse en dos fases distintas. La Fase I, que ocurre antes del parto, se caracteriza por cambios histológicos y enzimáticos en las células alveolares, influenciado por las hormonas reguladoras. La Fase II, que comienza poco antes del parto y se extiende hasta los primeros días posteriores al mismo, permite una secreción abundante de todos los componentes de la leche, marcando el inicio de una producción significativa de leche en cantidad considerable (Álvarez et al., 2019).

C) Galactopoyesis

Esta etapa se refiere a la capacidad de la glándula mamaria para mantener la producción de leche a lo largo del tiempo. Este proceso, como señala García (2017) experimenta un cese gradual después de alcanzar un pico de producción y finaliza con la involución de la glándula mamaria. La persistencia de la producción de leche depende de varios factores, como la salud del animal, su nutrición, el sistema y la frecuencia de ordeños, así como el número de células alveolares y su actividad secretora (Díaz et al., 2020).

D) Involución

La involución glandular se refiere al proceso de regresión gradual de la glándula mamaria una vez cumplido su función durante la lactancia fisiológica. La involución mamaria coincide con el período de secado de la hembra gestante y no debe extenderse más de los 7 meses de gestación (Álvarez et al., 2019).

Durante este proceso, la pérdida de células epiteliales debido a la apoptosis funcional está relacionada con la disminución de los niveles de hormonas como prolactina (PL),

hormona del crecimiento (GH) y factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-I). En esta fase se recupera la glándula mamaria, y este período se puede inducirse mediante el destete o mediante el secado gradual a través de la reducción progresiva de la frecuencia de ordeños (Álvarez et al., 2019).

3.2.7 Mastitis bovina

La mastitis se define como una afección caracterizada por la inflamación de la glándula mamaria, su origen puede estar relacionado con una lesión o, en mayor frecuencia por una infección bacteriana. Esta inflamación constituye una respuesta del organismo para eliminar o reducir la actividad de microorganismos patógenos, los cuales suelen ingresar a través del pezón. El propósito de esta respuesta inflamatoria es facilitar la restauración de la glándula mamaria a su estado normal una vez que se haya controlado la infección (Calderón et al., 2011).

3.2.7.1 Etiología

La mastitis puede ser ocasionada por una amplia variedad de bacterias, comprendiendo más de 140 especies diferentes. En su forma subclínica, esta afección se asocia con microorganismos comunes, como el *Streptococcus agalactiae*, que históricamente ha estado vinculado al ordeño manual, prevalece principalmente en la glándula mamaria y su leche, donde puede mantenerse viable durante largos periodos de tiempo. Asimismo, el *Staphylococcus aureus* se considera un agente relevante en la actualidad debido a su alta tasa de contagio, especialmente en situaciones de ordeño mecánico. Este patógeno se halla en la glándula mamaria, en posibles heridas en la misma, así como en el entorno, y sus signos subclínicos pueden ser leves, lo que complica su detección temprana (Villanueva, 2016).

Investigaciones recientes sobre mastitis subclínica en criaderos de Lurín, Lima, encontraron que las bacterias más comunes eran *Staphylococcus aureus* (24.8%) y *Streptococcus agalactiae* (15.92%) (Villanueva, 2016).

Es importante destacar que estas bacterias también pueden representar un riesgo para la salud humana, ya que consumir leche o productos lácteos sin pasteurizar de vacas con mastitis causadas por estas bacterias puede provocar dolores abdominales, náuseas, vómitos, fiebre y diarrea en los seres humanos (Castañeda et al., 2020).

3.2.7.2 Clasificación

La mastitis se clasifica en dos categorías principales:

- a) **Mastitis contagiosas:** Estas mastitis son causadas por bacterias que generalmente se encuentran en la ubre y se transmiten de una vaca a otra debido a la falta de higiene durante el proceso de ordeño o el uso de maquinaria contaminada. Además, estas bacterias son altamente resistentes al sistema inmunológico del animal. Esta categoría se subdivide en dos grupos según el nivel de inflamación que causa el patógeno en la glándula mamaria:
- **Mayores:** Incluye bacterias como *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Mycoplasma* y *Staphylococcus hyicus*.
 - **Menores:** Comprende bacterias como *Corynebacterium bovis* y *Staphylococcus coagulasa negativa* (SCN) (Valero et al., 2010).
- b) **Mastitis ambientales:** Son ocasionadas por malas condiciones ambientales que rodean a la vaca, como la contaminación, humedad y altas temperaturas. Los agentes patógenos se encuentran en el ambiente (heces, suelo, estanques de agua o agujeros de barro) son el reservorio primario para los microbios y pueden ingresar al animal a través de su pezón. Además, factores como etapa de lactancia, número de partos y sistema de ordeño e higiene pueden influir en la aparición de mastitis. La mastitis ambiental es principal causa de mastitis clínica, algunas bacterias relacionadas con esta forma de mastitis

incluyen *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, entre otras (Valero et al., 2010).

3.2.7.3 Tipos de mastitis

Según los signos clínicos se presentan:

- a) **Mastitis clínica:** Esta forma de mastitis se caracteriza por la presencia de signos clínicos visibles a simple vista en la ubre y la leche. Estos signos incluyen cambios evidentes en la leche, como un color diferente, grumos y una consistencia anormal. Además, la ubre puede mostrar síntomas inflamatorios como hinchazón, aumento de la temperatura, enrojecimiento y dolor (Adkins & Middleton, 2018). Así mismo, la vaca puede presentar cambios en su comportamiento, disminución de apetito, alteraciones en temperatura corporal e inmovilidad. Este tipo de mastitis dura un corto período de tiempo. Sin embargo, si no se controla adecuadamente, puede ser mortal para el animal y afectar la calidad de la leche producida (Adkins & Middleton, 2018).
- b) **Mastitis subclínica:** Se caracteriza por inflamación en la ubre, pero sin signos evidentes de la enfermedad en la ubre o la leche. A pesar de que la ubre y la leche pueden parecer normales, la presencia de un agente patógeno puede reducir la producción de leche y aumentar RCS, este tipo mastitis es la principal causa de pérdidas económicas en los hatos lecheros debido a su alta frecuencia y su capacidad de contagio. Así mismo perjudica tanto la cantidad, calidad de la leche, su diagnóstico temprano suele ser difícil y su tratamiento puede ser complicado (Fernández et al., 2012).

En términos de calidad composicional de la leche, este tipo de mastitis puede causar cambios significativos, como se puede observar aumento en el RCS, lo que reduce el rendimiento quesero y afecta la producción de otros productos lácteos. Además, se pueden reducir componentes químicos de la leche (grasa, lactosa, caseína,

fósforo y calcio), mientras se incrementa el pH, así como las proteínas del suero, el cloruro y el sodio (Mamani, 2014; Mera et al., 2017).

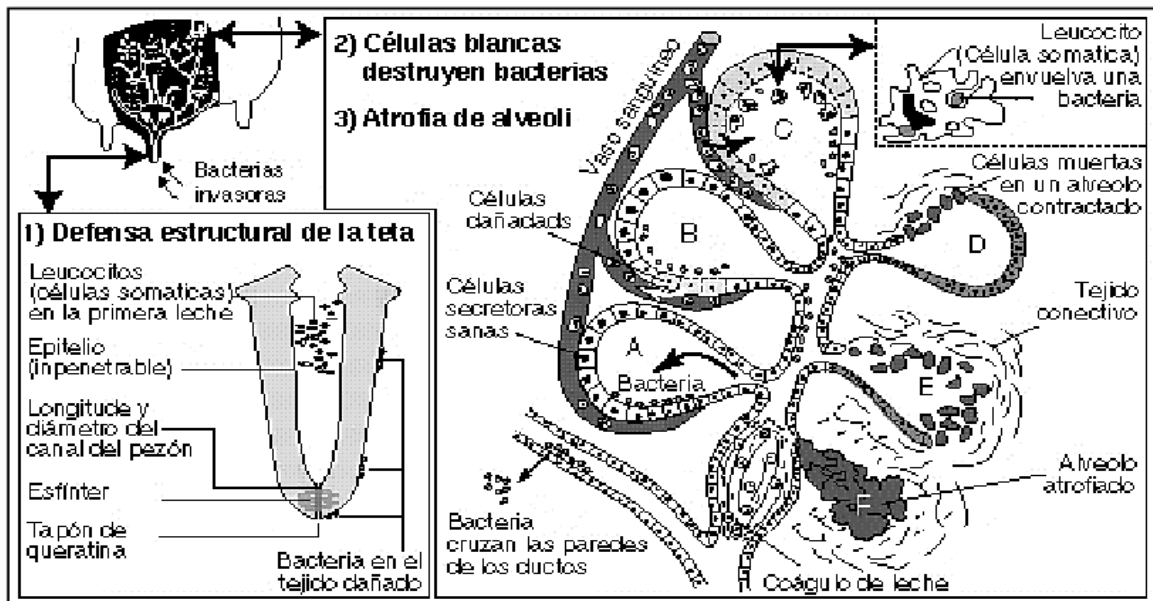
3.2.7.4 Patogénesis de la mastitis

La mastitis es una respuesta inflamatoria de la glándula mamaria que se desencadena en respuesta a una lesión, se caracteriza por cambios físicos, químicos y generalmente bacteriológicos en la leche, así como por alteraciones patológicas en el tejido glandular. En el proceso patogénico de la mastitis, se considera que la infección se origina a través del canal del pezón. Esta afección se divide en tres etapas distintas: invasión, infección e inflamación (López, 2014).

- a. Invasión:** Las bacterias ingresan en la glándula mamaria a través del canal del pezón, que actúa como la primera y más crucial barrera de defensa de la glándula. Por tanto, es de suma importancia reducir la carga microbiana en la piel del pezón y mantener la funcionalidad adecuada del canal y del esfínter. Esto se debe hacer antes de que las bacterias tengan la oportunidad de colonizar el parénquima glandular, ya que una vez que esto sucede, se desencadena una respuesta inflamatoria que daña el epitelio secretor y afecta la calidad de la leche (Nickerson & Akers, 2011). Ciertas características físicas del canal del pezón parecen tener un papel significativo en su mecanismo de defensa, como la longitud del canal, su diámetro máximo durante el flujo máximo de leche y la presencia de una capa descamable de queratina en las células de la capa superficial del epitelio queratinizado del canal, estas células tienen la capacidad de absorber bacterias (López, 2014).

Figura 2

Desarrollo de la mastitis y la defensa de la vaca contra la infección



Fuente: López (2014).

- b. Infección:** La etapa se explica cuando los microorganismos se reproducen rápidamente y comienzan a invadir el tejido de la glándula mamaria. Durante esta fase, se establece una población microbiana que se propaga a través de toda la glándula mamaria, la rapidez y extensión de esta propagación depende de la patogenicidad de las bacterias para multiplicarse en la leche y adherirse al epitelio mamario está determinada por el tipo de bacteria involucrada (López, 2014).
- c. Inflamación:** Cuando las bacterias o sus toxinas logran traspasar la barrera del canal del pezón y llegan a los tejidos más profundos, se inicia una segunda línea de defensa que involucra factores humorales no específicos presentes en la leche, así como mecanismos de defensa inmunológicos, ya sean de tipo humoral, como las inmunoglobulinas, o celulares, que comprenden el sistema fagocítico con la acción de macrófagos, polimorfonucleares y linfocitos T y B. Estos elementos son conocidos como células somáticas (López, 2014). En el proceso inflamatorio, se desarrollan tres etapas, y el sistema microcirculatorio desempeña un papel central en este proceso:

Etapa 1: Etapa aguda, se desencadena una reacción en el endotelio de los capilares cercanos a las células alveolares afectadas por las bacterias. Esto conlleva un aumento tanto en el flujo sanguíneo en los capilares como en la permeabilidad del endotelio, lo que provoca la contracción de las células endoteliales y la formación de espacios entre ellas, permitiendo el paso de proteínas sanguíneas, iones y agua al intersticio, lo que resulta en edema. Al mismo tiempo, los polimorfonucleares sanguíneos comienzan a adherirse al endotelio (López, 2014).

Etapa 2: Etapa subaguda, los macrófagos, polimorfonucleares se desplazan desde la sangre y el tejido circundante hacia los alvéolos infectados y la leche. Los macrófagos actúan como células de alarma temprana, identificando sustancias extrañas en el cuerpo. Los polimorfonucleares, tienen función de fagocitar, destruir a los microorganismos invasores y elimina los desechos generados en el foco de la infección (López, 2014).

La alteración en la barrera formada por el endotelio capilar y el epitelio mamario da lugar a un paso anormal de componentes del plasma sanguíneo a la leche. El plasma sanguíneo contiene enzimas como proteasas y lipasas que aceleran la descomposición de la grasa y la proteína de la leche, así como plasmita, una enzima proteolítica que puede dañar extensamente la caseína (López, 2014). A medida que aumenta el RCS en la leche, también se producen cambios en su composición. La cantidad de lactosa disminuye, y para mantener el equilibrio osmótico de la leche, se produce un cambio en el perfil mineral de la leche (López, 2014). Además, como consecuencia de las alteraciones en la permeabilidad vascular, se produce otros cambios físicos y bioquímicos en la leche. La síntesis de caseína y lactosa reduce, y se producen cambios en los componentes del suero, como la entrada de albúmina sérica, inmunoglobulinas, cloruro de sodio y bicarbonato de sodio en la leche (Bobbo et al., 2017).

Debido a que la leche es isotónica con respecto al plasma sanguíneo, la disminución en la síntesis de caseína se compensa proporcionalmente con la introducción de proteínas del plasma. También se produce una disminución en los sólidos no grasos de la leche (Bobbo et al., 2017).

La glándula mamaria responde al aumento de cloruro de sodio reduciendo la síntesis de lactosa, lo que resulta en un aumento en la relación cloruro/lactosa en un intento por mantener la isotonicidad de la leche en relación al plasma sanguíneo, así mismo, el pH normal de la leche también incrementa a medida que el bicarbonato ingresa en la leche (Bobbo et al., 2017).

Etapa 3: Es la fase crónica proliferativa, se produce una disminución o cese en la actividad sintética y secretora de las células alveolares. Esto conlleva a la degeneración y ruptura de estas células alveolares, siendo reemplazadas por tejido conectivo que carece de funcionalidad. Como resultado, se produce una pérdida permanente en la capacidad de producción de la glándula mamaria (López, 2014).

Los grumos que pueden observarse en la leche de los animales enfermos se forman debido a la acumulación de leucocitos y factores de coagulación de la sangre que obstruyen los conductos mamarios, impidiendo la eliminación completa de la leche. Esto conduce a la cicatrización y a la proliferación de tejido conectivo, lo que resulta en una pérdida permanente de la función de la glándula mamaria y esta situación también dificulta en el acceso a los antibióticos (López, 2014).

3.2.7.5 Epidemiología de la mastitis en vaca lechera

La mastitis en vacas es una enfermedad multifactorial que resulta de la interacción de diversos factores que predisponen, aumentan el riesgo y debilitan la resistencia natural del animal, lo que facilita la entrada de agentes patógenos que causan la inflamación de la ubre.

Uno de los factores fundamentales es la alimentación de la vaca, ya que esta debe recibir una adecuada cantidad de energía y proteínas para mantener un sistema inmunológico efectivo, tanto para prevenir la infección y combatirla una vez que esta ocurre (Arcos et al., 2004).

En el caso de las mastitis ambientales, los microorganismos patógenos se encuentran en áreas del establo con condiciones higiénicas deficientes, como zonas con estiércol acumulado, agua estancada, restos de comida y la cama de las vacas. En cambio, en las mastitis contagiosas, se debe prestar especial atención a la higiene de la sala de ordeño, la piel de la ubre y los pezones de las vacas. Así mismo, vacas adultas tienen mayor riesgo de padecer la infección (Sarán, 2000).

3.3.7.6 Métodos de diagnóstico de la mastitis subclínica

- **Prueba de Mastitis de California (CMT):** Esta prueba es útil para detectar la mastitis subclínica y se fundamenta en el RCS presentes en la leche. Estas CS consisten principalmente en leucocitos, que son células blancas cuya función principal es proteger el organismo contra infecciones. Por lo tanto, un aumento significativo en la cantidad de CS en la leche indica la presencia de problemas en la salud de la ubre. Además de los leucocitos, una pequeña proporción de las CS son células epiteliales, cuya cantidad también tiende a aumentar en caso de lesiones o infecciones en los tejidos mamarios (Galo, 2017).

Esta prueba implica combinar 2mL de leche con una cantidad igual de reactivo de California, que es un detergente aniónico conocido como alquil-aril-sulfonato. Este reactivo tiene la capacidad de disolver las membranas celulares y núcleos de las células somáticas presentes en la leche. Como resultado de esta reacción, se libera una cantidad proporcional de ADN y genera una cierta viscosidad en la mezcla (Galo, 2017).

Esta viscosidad se evalúa visualmente, si no se observa ninguna reacción, se registra como N (Negativa), lo que indica un RCS alrededor de 0 – 200 000 de CS y sugiere la ausencia de mastitis. En caso de que haya indicios mínimos de reacción, se registra como T (Traza), lo que corresponde a un RCS alrededor de 200 000 – 400 000 indicando la presencia de mastitis subclínica. En caso de que haya positivo débil se registra como (Grado 1) que corresponde a un RCS alrededor de 400 000 – 1 200 000 indica mastitis subclínica. En el caso de que haya positivo evidente de reacción, se registra como (Grado 2) que corresponde a un RCS de 1 200 000 – 5 000 000 indica infección seria, por último, que haya positivo fuerte de reacción, se registra (Grado 3) que tiene un RCS de >5 000 000 indica infección seria (Gómez-Quispe et al., 2015).

- **Recuento de Células Somáticas (RCS):** Es un método de diagnóstico que proporciona información clave sobre la función y el estado de salud de la glándula mamaria lactante, así como su estrecha relación con la composición de la leche un criterio muy importante de calidad de la leche (Pyörälä, 2003). La leche contiene CS, las cuales en una glándula sana sólo se presentan en un número pequeño. En este caso se trata de células del tejido (células epiteliales) y células inmunes, (polimorfonucleares, macrófagos y linfocitos). La importancia biológica de las células somáticas es que participan en la defensa contra las infecciones de la ubre. En enfermedades de la glándula mamaria aumenta el contenido de CS (Pyörälä, 2003).

Sin embargo, es fundamental interpretar sus resultados con precaución, ya que la cantidad de CS puede variar por diversos factores, la raza, edad e incluso el momento en que se toma la muestra (Acosta et al., 2017). En general, un RCS inferior a 200 000 CS/mL de leche, es negativo de mastitis y sugiere la efectividad del programa de control en el hato. Por otro lado, un RCS superior a 200 000 CS/mL, quiere decir que hay

presencia de mastitis subclínica, mientras valores por encima de 500 000 CS/mL indica mastitis clínica y más de un tercio de los animales están infectados (Costa et al., 2021).

- **Prueba de conductividad eléctrica de la leche (PCE):** La conductividad eléctrica como una medida de la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica, su unidad de medida para CE es (miliSiemens por centímetro). En la leche, la CE se determina por la concentración de aniones y cationes, principalmente Na^+ , K^+ , y Cl^- , junto con otros iones como Mg^{++} y Ca^{++} . La CE de la leche de una vaca sana oscila 4.0 - 5.5 mS/cm. En caso de mastitis, la glándula mamaria sufre un aumento de la permeabilidad capilar, que genera destrucción de canales de membrana y la perturba la acción de los sistemas de bombeo de iones, dando resultado un flujo de Na^+ y Cl^- hacia la luz alveolar y retención de K^+ y lactosa que quedan fuera de la leche. Por lo tanto, las concentraciones de Na^+ y Cl^- aumentan mientras, concentraciones de K^+ y lactosa disminuyen en la leche, lo que lleva a una desviación del valor de CE por encima del rango normal (Lowrie, 2019).

La PCE puede verse afectada por otros factores como la edad, etapa de lactancia, cambios de alimentación y aumento de temperatura ambiental (Acosta et al., 2017).

Tabla 4*Conductividad eléctrica de la leche*

Valor de conductividad eléctrica	4.0-5.5 mS/cm	5.5-6.5 mS/cm	>6.5 mS/cm
Indicación	La conductividad eléctrica de la leche es característica de vacas con ubres sanas.	Se pueden sospechar cambios en el tejido de la ubre y mastitis subclínica.	A menudo se detecta mastitis clínica con aumento del RCS.
RCS	Dentro de la norma RCS	Los niveles de RCS en la leche pueden aumentar	La conductividad eléctrica de la leche aumenta hasta que el RCS en la leche alcanza 600 mil/ml, y luego la conductividad eléctrica comienza a disminuir nuevamente.
Lactosa	Normal	El nivel de lactosa en la leche puede disminuir	Disminuye el nivel de lactosa en la leche
Proteínas	Normal	El nivel de proteína en la leche puede disminuir	Disminuye el nivel de proteína en la leche
Grasas	Normal	El nivel de grasa en la leche puede disminuir	Disminuye el nivel de grasa en la leche
Cantidad de leche	La cantidad de leche producida no ha cambiado.	La cantidad de leche producida no cambia o aumenta ligeramente.	La cantidad de leche producida disminuye

Fuente: Vytautas, (2023).

3.2.8 Efecto de mastitis sobre parámetros fisicoquímicos y composicionales de la leche

La mastitis subclínica tiene como principal consecuencia física el deterioro del tejido mamario y un aumento en la permeabilidad de las células alveolares, lo que resulta en diversas alteraciones fisicoquímicas en la leche de las vacas infectadas (Batavani et al., 2007).

Tabla 5*Cambios en la composición de la leche ocasionados por la mastitis*

Parámetros	Cambio	Causa
Lactosa	Disminución	Disminuye la síntesis
Grasa	Disminución	Disminuye la síntesis
Caseína	Disminución	Disminuye la síntesis
Proteína del suero	Aumenta	Pasan de la sangre
Cloruro	Aumenta	Pasan de la sangre
Sodio	Aumenta	Pasan de la sangre
pH	Aumenta	Paso de sustancias alcalinas de la sangre

Fuente: Wolter et al. (2004).

En el caso de la mastitis, se produce un aumento en la concentración de iones como Na^+ y Cl^- , así como incremento de sales minerales y pH de la leche, junto con un descenso en los niveles de Ca, P y K (Andreatta et al., 2009). Además, aumenta proteínas séricas debido a la mayor permeabilidad celular, lo que permite que estas proteínas lleguen a la glándula mamaria (Batavani et al., 2007). También se incrementa la concentración de grasa en la leche debido a varios factores: Reducción de cantidad de lactosa, disminución del contenido de agua, reducción en la producción general de leche y la retención de grasa en los alvéolos debido a su mayor tamaño en comparación con los espacios intercelulares (Bruckmaier et al., 2004). Además, se produce disminución de síntesis de fracciones proteicas que normalmente ocurre en el tejido mamario, como α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina, debido al daño celular y la degradación causada por bacterias patógenas y sangre (Auldish & Hubble, 1998), la actividad de la enzima proteolítica plasmina aumenta durante la mastitis y puede degradar las caseínas de la leche, lo que afecta la calidad de los productos lácteos (Ogola et al., 2007).

Estos cambios en la composición de la leche pueden tener un impacto en la calidad y las propiedades sensoriales de los productos lácteos, como el sabor, el aroma y la textura de los quesos madurados (Marino et al., 2005; Andreatta et al., 2009).

3.2.9. Higiene y prevención

Se considera que un efectivo sistema de control de la mastitis bovina consiste en la implementación de un sólido programa de prevención y medidas de higiene, tanto para la ubre como para todo el proceso de ordeño, la mayoría de mastitis tienen su origen en infecciones microbianas, y el nivel de infección está estrechamente relacionado con la exposición de los pezones a patógenos mamarios (Aguilar, 2019). Por lo tanto, las prácticas higiénicas, especialmente durante el ordeño, desempeñan un papel crucial al reducir la contaminación de los pezones con organismos patógenos. Es recomendable identificar el tipo de mastitis, para lo cual se puede realizar un cultivo microbiológico de la leche con la asistencia de médico veterinario mediante un antibiograma permite determinar cuál es el antibiótico más efectivo para el tratamiento adecuado (Aguilar, 2019).

3.2.10. Tratamiento

Es esencial llevar a cabo las medidas de tratamiento y control de la mastitis de manera rigurosa, dado que las vacas afectadas por mastitis subclínica pueden actuar como una fuente de infección para los animales sanos en el rebaño, para seleccionar adecuadamente un antimicrobiano, el médico veterinario debe identificar el agente causante de la infección, también evaluar su sensibilidad a los antibióticos disponibles localmente, entre los fármacos más utilizados para tratar la mastitis bovina se encuentran los betalactámicos, cefalosporinas, tetraciclinas, macrólidos, aminoglucósidos y sulfonamidas (Rivera, 2014).

El tratamiento farmacológico se recomienda para todos los casos de mastitis clínica y subclínica. En el caso de que el cultivo bacteriano no siempre se puede llevar a cabo así que el tratamiento se inicia sobre la base de datos del hato ganadero y la experiencia del médico veterinario sobre la casuística presentada en el entorno (Aguilar, 2019).

Tratamiento de mastitis por *Staphylococcus aureus*, pueden ser tratadas sistémico con antibióticos estreptomicina y penicilina. Para el tratamiento intramamario se recomienda viales de cloxacilina y eritromicina. En el caso de mastitis subclínica se recomienda realizar el tratamiento en vaca durante el periodo sin lactancia, se recomienda en este tipo de tratamiento preparaciones de penicilina con estreptomicina, cefalosporina o cloxacilina benzatínica, esta terapia debe ser 5 a 8 días (Aguilar, 2019).

Varios factores influyen en el éxito de la terapia, como la edad de la vaca, duración de la mastitis, grado de mastitis, patógeno causante, protocolo y la duración del tratamiento. El control de la mastitis depende del entorno limpio, buen manejo de ordeño y tratamiento en periodo de seco (Aguilar, 2019).

Tratamiento de mastitis por *Streptococcus agalactiae*, es una terapia a base de aplicaciones diarias de penicilina sódica por medio de suspensión intramamarias después de una asepsia minuciosa del pezón. También otros antibióticos pueden usarse como cefalosporina o cloxacilina sódica, cloxacilina benzatínica, penicilina-novobiocina o las preparaciones de penicilina de acción prolongada pueden usarse en el periodo seco (Aguilar, 2019).

La correcta limpieza de pezón después de ordeño reduce la aparición de nuevas infecciones en (50%) y tratamiento en periodo seco disminuye la infección en (90%) de mastitis por *Streptococcus agalactiae* (Aguilar, 2019).

CAPÍTULO IV

HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis General

H₁: La mastitis subclínica influye sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

H₀: La mastitis subclínica no influye sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

4.2 Hipótesis Específica

Hipótesis Específica 1

H₁: La mastitis subclínica influye sobre las propiedades físicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

H₀: La mastitis subclínica no influye sobre las propiedades físicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

Hipótesis Específica 2

H₁: La mastitis subclínica influye sobre las propiedades químicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

H₀: La mastitis subclínica no influye sobre las propiedades químicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

CAPÍTULO V

MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

5.1.1. Ubicación geográfica

Este estudio se realizó en el departamento de Puno, provincia de Melgar y distrito de Santa Rosa. Dentro de la Asociación de Productores Agropecuarios Apu Kunurana, quienes se ubican en diferentes comunidades, Pichacani, Chosecani, Chungará, Cerro Grande, Kunurana Bajo, Buena Vista, Pancca Yanccaña, San Martín, Kunurana Alto y Picchu.

El distrito de Santa Rosa se ubica geográficamente a una altitud de 4 000 msnm, limita al norte con el distrito y provincia de Ñuñoa y Canchis, al este con los distritos de Ñuñoa y Orurillo, al oeste con las provincias de Canas y Espinar y al sur con los distritos de Macarí y Umachiri (Steven, 2019).

5.1.2. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas del distrito de Sana Rosa en verano son frescos, nublados y en invierno son muy fríos, nevados, parcialmente nublados, la temperatura más baja es de -5 °C y la más alta es de 17 °C durante todo el año, las precipitaciones anuales varían, la temporada más mojada dura 3.8 meses, de 3 de diciembre a 27 de marzo, con una probabilidad del 27% y el mes con más días mojados es enero. La temporada más seca dura 8.2 meses, del 27 de marzo al 3 de diciembre y el mes con menos días mojados es julio (SENAMHI, 2024).

5.1.3. Duración del estudio

Las muestras de leche de vaca se recolectaron en la época seca (mayo a julio de 2019) y se analizaron posteriormente.

5.2 Tipo de investigación

Este estudio se enmarca en una investigación cuantitativa.

5.3 Nivel de investigación

Básica de tipo descriptiva.

5.4 Diseño de investigación

Investigación no experimental.

5.5 Población y muestra

5.5.1 Población

El trabajo se realizó en la Asociación de productores Agropecuarios Apu Kunurana, quienes se ubican en diferentes comunidades del distrito de Santa Rosa-Puno. En el momento de la investigación los productores de la asociación contaban con vacas desde 2 - 12 años de edad, con periodos de producción de leche de 1 - 12 meses, y con alimentación basada en pasto cultivado (alfalfa y ryegrass), pastizal, heno de avena, ensilado de avena y consumo de agua *ad libitum* mediante sogueo y cerca eléctrica pastoreados desde 7:00 am - 4:00 pm aproximadamente. También las vacas se alojaban en corrales sujetos con soga y libres, cobertizos, establo y cerco eléctrica.

5.5.2 Muestra.

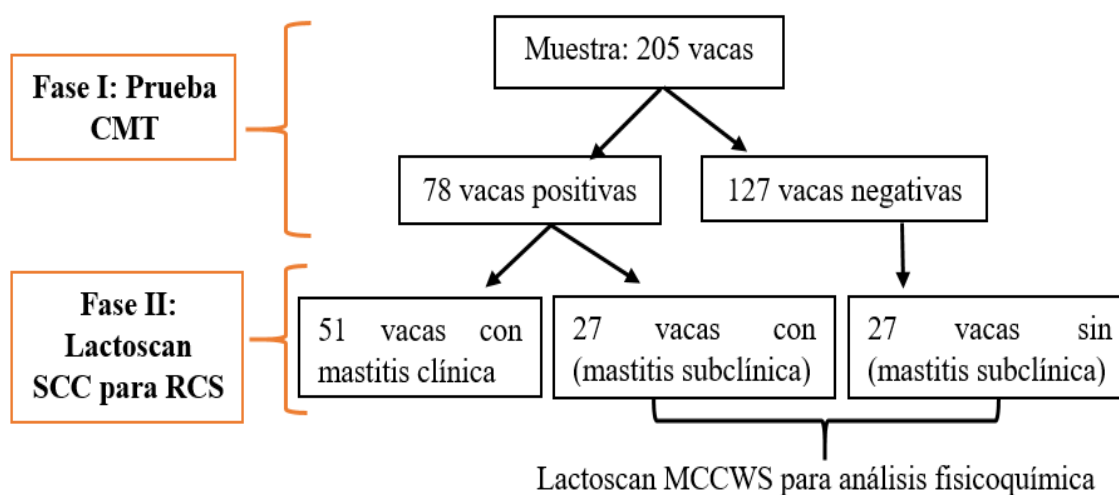
Se trabajó con una muestra de 205 vacas de raza Brown Swiss en producción de leche, distribuidas en varias comunidades del distrito de Santa Rosa: Pichacani, Chosecani, Chungará, Cerro Grande, Kunurana Bajo, Buena Vista, Pancca Yanccaña, San Martín, Kunurana Alto y Picchu.

Se determinó un tamaño de muestra de 205 vacas de raza Brown Swiss, que fueron seleccionadas por conveniencia en el distrito de Santa Rosa-Puno. Para el diagnóstico inicial de mastitis, se empleó la prueba de mastitis de California (CMT) en todas las vacas de la muestra. De ellas, 78 dieron un resultado positivo, indicando la presencia de mastitis, mientras que 127 fueron negativas, no mostrando signos de esta enfermedad.

Para aumentar la precisión del estudio y confirmar los casos de mastitis subclínica, se procedió a realizar un segundo análisis utilizando el equipo LACTOSCAN SCC. Este análisis se aplicó tanto a un subgrupo de las vacas positivas según la prueba CMT como a las vacas negativas. Se identificó una submuestra de 27 vacas del grupo positivo que presentaban mastitis subclínica. Adicionalmente, del grupo inicial de 127 vacas negativas, se seleccionaron 27 vacas que no presentaban mastitis subclínica mediante LACTOSCAN SCC, asegurando que estas últimas compartían características similares con el grupo de vacas diagnosticadas con mastitis subclínica. Esto permitió una comparación más precisa entre vacas afectadas y no afectadas por la enfermedad.

Figura 3

Esquema de muestreo y distribución de vacas con y sin mastitis subclínica.



5.6 Materiales

5.6.1 Material biológico

- Muestras de leche fresca de vaca

5.6.2 Material e instrumentos de campo

- Cámara fotográfica
- Jeringas de 5 mL
- Agua destilada
- Reactivo CMT
- Paletas para prueba de mastitis
- Guantes quirúrgicos
- Tubos falcón de 50 mL con tapa hermética
- Papel toalla
- Plumón indeleble
- Lapicero
- Cooler refrigerante
- Registro (Anexo 1)

5.6.3 Materiales y equipos de laboratorio

- LACTOSCAN SCC
- LACTOSCAN MCCWS
- Lactochip
- Puntas desechables
- Micropipeta de 100 – 1000 μ L
- Micro-tubos

- Baño maría
- Mandil
- Mascarilla
- Gorro desechable
- Guantes quirúrgicos
- Termómetro ambiental

5.7 Metodología

Para realizar el estudio se ubicó a los productores de leche (Asociación de productores Agropecuarios Apu Kunurana) mediante una visita a una asamblea de productores, en la municipalidad del distrito de Santa Rosa. Se solicitó la autorización para trabajo de investigación, y recolección de muestra de vacas individuales en producción de leche, así mismo se sensibilizó sobre la mastitis subclínica y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche cruda.

5.7.1 Procedimiento de diagnóstico de mastitis, mediante la prueba de mastitis de california (CMT)

- 1°. Se realizó la prueba de mastitis de california (CMT) a cada vaca antes del ordeño (5:00 - 7:00 horas).
- 2°. Se realizó la sujeción respectiva, luego, se procedió a lavar cada uno de los cuartos mamarios con agua tibia y se secaron con papel toalla.
- 3°. Se realizó el despunte de cada cuarto, desechando los primeros tres chorros de leche.
- 4°. Se colectaron 2 mL de leche de cada cuarto en las etapas de AD, AI, PD y PI, depositándola en la paleta de CMT.

- 5°. Se añadieron 2 mL de reactivo CMT previamente diluido en agua destilada, y se mezcló con movimientos circulares durante un máximo de 10 segundos para observar la presencia de la reacción en forma de gelificación.
- 6°. Se evaluó la reacción y se registró el resultado de cada cuarto mamario.
- 7°. Se lavó la paleta con agua destilada y se secó con papel toalla, repitiendo el proceso con la siguiente vaca.
- 8°. Previo a que la prueba se trata de una prueba cualitativa, se consideraron muestras positivas a mastitis desde la traza (T) hasta grado 3 y negativos (N) aquellos que no tuvieron ninguna señal. Para la interpretación de la prueba de mastitis de california (CMT), se consideró la tabla 6 como referencia.

Tabla 6

Interpretación de la prueba de mastitis de california (CMT) para determinar mastitis

Grado de CMT	Rango de células somáticas/mL	Interpretación
N (Negativo)	0 – 200 000	Cuarto sano
T (traza)	200 000 – 400 000	Mastitis subclínica
1	400 000 – 1200 000	Mastitis subclínica
2	1 200 000 – 5 000 000	Infeción seria
3	>5 000 000	Infeción seria

Fuente: Gómez-Quispe et al. (2015).

5.7.2 Recolección de muestras para análisis de recuento de células somáticas (RCS) y propiedades fisicoquímicas

- 1°. Se recolectaron leches de cuartos positivos a CMT considerados desde la traza (T) hasta grado 3 (con mastitis) y como controles cuartos mamarios evaluados los que dieron negativo (N) a la mastitis en CMT.
- 2°. Cada muestra se etiquetó con su respectiva identificación.
- 3°. Las muestras se conservaron en un cooler refrigerante con hielo a una temperatura de 5 - 8°C y se transportaron para su respectivo análisis.

5.7.3 Análisis de recuento de células somáticas (RCS) con el equipo LACTOSCAN SCC

- ✓ Se analizaron a las 78 muestras los que dieron positiva a mastitis y 27 negativas en la prueba CMT, para corroborar mediante en recuento de células somáticas (RCS).
- ✓ El RCS se llevó a cabo utilizando el equipo Milkotronic LACTOSCAN SCC; este proceso implicó varias etapas:

Primero: Las muestras se calentaron en un baño maría a 38 °C durante 10 minutos, luego se enfriaron hasta alcanzar 20 °C y finalmente se mezclaron mediante un mini vórtex por 2 segundos hasta 3 veces consecutivas.

Segundo: Con ayuda de una micro – pipeta se extrajo 100 µL de leche, que se transfirió en un micro-tubo con SOFIA GREEN tinte liofilizada. A continuación, se mezcló el contenido del micro-tubo en un mini vórtex durante 2 segundos, repetido 3 veces y se deja reposar por 1 minuto para que muestra interactúe con el tinte. En seguida se repite a mezclar por 2 segundos hasta 3 veces consecutivas.

Tercero: Se transfirieron 8 µL de solución del micro-tubo al LACTOCHIP X4, que está identificado con letras A, B, C y D en función de los cuatro cuartos mamarios. El LACTOCHIP X4 se dejó reposar durante 30 segundos para que

las células se asentaron en las cámaras, luego se ingresó a la bandeja del LACTOSCAN SCC y los datos de la muestra se ingresaron en la pantalla con el identificador correspondiente. Utilizando el software del equipo se inicia el análisis.

Cuarto: Los resultados se mostraron en la pantalla táctil del equipo con diferentes colores (blanco, anaranjado y rojo) para indicar el estado de la salud del cuarto mamario de la vaca, la ausencia o presencia de mastitis subclínica y mastitis clínica.

- ✓ Cada muestra se analiza en un tiempo de 60 segundos.
- ✓ Para interpretar el contenido de células somáticas (CS), se vio en cuenta los valores de referencia establecido según la Norma Técnica Peruana, que el límite máximo se encuentra <500 000 valores superiores a lo establecido van a repercutir en la calidad de la leche (NTP, 2016).

Tabla 7

Interpretación de la prueba de recuento de células somáticas (RCS) para determinar mastitis subclínica

Estado de la salud de cuarto mamario de la vaca	Rango de células somáticas/mL.	Interpretación
Color blanco	<200.000	Fisiológicamente normal
Color anaranjado	200 000 – 500 000	Mastitis subclínica
Color rojo	>500 000	Mastitis clínica

Según NTP (2016)

- ✓ Los resultados cuantitativos se registraron en el equipo al final se transfirieron a un pendrive y se organizaron en el programa Excel.

5.7.4 Análisis de propiedades fisicoquímicas con el equipo LACTOSCAN MCCWS

Para el análisis físico y química se toma la misma muestra ya que el equipo analiza ambas propiedades de forma simultánea.

- ✓ Se analizaron todas las muestras analizadas en la prueba de RCS.
- ✓ Se calentaron las muestras de leche en un baño maría a una temperatura de hasta 38°C durante 10 minutos y se enfriaron hasta alcanzar una temperatura de 20 °C.
- ✓ Se homogeneizaron las muestras de leche en un mini vórtex durante 2 segundos y en 3 repeticiones en las mismas condiciones.
- ✓ Se transfirieron 20 mL de leche al vaso analizador, dejando el otro vaso vacío.
- ✓ Se ingresaron los datos de la muestra en la pantalla del equipo con su respectiva identificación.
- ✓ Se presionó el botón ENTER en la pantalla, lo que permitió que la muestra analizada se transfiriera al otro vaso vacío.
- ✓ El resultado se mostró en la pantalla y se imprimió automáticamente.

Las propiedades fisicoquímicas evaluadas fueron:

Físicas

- Densidad (g/mL)
- Punto de congelación (-°C)
- Conductividad eléctrica (mS/cm)

Químicas

- pH
- Grasa (%)
- SNG (%)
- Lactosa (%)

- Sales (%)
- Proteína (%)
- Sólidos totales (%)
- ✓ Cada muestra se analiza en un tiempo de 60 segundos a 2 minutos.
- ✓ Después de cada análisis, se realizó el lavado al vaso analizador con 20 ml de agua destilada y se secó con papel toalla. Se realiza este proceso al concluir cada análisis para el siguiente análisis.
- ✓ Al finalizar todo proceso de análisis, se realizó limpieza al equipo con una solución de lavado alcalino y ácido (lactodaily y lactoweekly) y agua a una temperatura de 40 °C con la finalidad de limpiar los residuos de la leche.
- ✓ Los resultados se registraron en una tabla en el programa Excel y por cuarto mamario.

Variables

Variable independiente: Mastitis subclínica.

Variable dependiente: Propiedades físicas y químicas de la leche.

5.8 Análisis estadístico

El primer paso fue determinar la normalidad con la prueba de Kolmogorov-smirnov (para muestras mayor a 50 datos), puesto que los datos fueron en su totalidad 54 vacas, con mastitis subclínica (27) y sin mastitis (27). Asimismo, se aplicó una prueba paramétrica (t de Student ve diferencia de medias) y no paramétrica (U de Mann Whitney ve diferencia de medianas) para comprobar las hipótesis. Efecto de la mastitis subclínica en las propiedades físicas y químicas de la leche:

Para la prueba t de Student, que es una prueba paramétrica cumple con la distribución normal, esta prueba se usó para el análisis de las siguientes variables: Punto de congelación,

conductividad, sólidos no grasos (SNG), lactosa, proteína y sólidos totales, y la prueba U de Mann-Whitney es una prueba no paramétrica y no cumple con la distribución normal, esta prueba se usó para el análisis de las siguientes variables: Densidad, pH, grasa, sales y RCS, con el fin de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas.

Planteamiento de la prueba t de Student

Primero se estableció la hipótesis nula H_0 y una hipótesis alterna H_1 .

Dónde:

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

Después de eso, se calcularon las diferencias entre las medias de las muestras de vacas con mastitis subclínica y las vacas sanas.

Dónde: $X_1 - X_2$

- Se calcularon la desviación estándar combinada

$$s_p^2 = \frac{((n_1 - 1)s_1^2) + ((n_2 - 1)s_2^2)}{n_1 + n_2 - 2}$$

Dónde:

n_1 y n_2 representa el número de observaciones del grupo de vacas con mastitis subclínica y los sanos.

s_1^2 y s_2^2 corresponde a las desviaciones estándar de cada uno.

Esta fórmula nos permite tener en cuenta que las muestras de cada grupo pueden ser diferentes entre sí.

- La prueba estadística se calculó de la siguiente manera:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Dónde: El numerador se refiere a la diferencia de las medias entre las vacas con mastitis subclínica y las vacas sanas. El denominador se refiere a los errores estándar de cada grupo.

Planteamiento de la prueba U Mann Whitney

Se usa para comprobar la heterogeneidad de dos muestras ordinales. El planteamiento de partida es:

1. Las observaciones de ambos grupos son independientes.
 2. Las observaciones son variables ordinales o continuas.
 3. Bajo la hipótesis nula, las distribuciones de partida de ambos grupos es la misma:

$$P(X>Y) = P(Y>X)$$
 4. Bajo la hipótesis alternativa, los valores de una de las muestras tienden a exceder a los de la otra: $P(X>Y) + 0.05 P(X = Y) > 0.05$.
- Para calcular el estadístico U , se asigna a cada uno de los valores de las dos muestras su rango para construir:

$$U1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)x^2}{2} - R1$$

$$U2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)x^2}{2} - R2$$

Dónde:

n_1 y n_2 representa tamaño de muestra respectivos de cada muestra; $R1$ y $R2$ es la suma de los rangos de las observaciones de las muestras 1 y 2 respectivamente.

El estadístico U se define como el mínimo de $U1$ y $U2$.

Los cálculos tienen que tener en cuenta la presencia de observaciones idénticas a la hora de ordenarlas. No obstante, si su número es pequeño, se puede ignorar esa circunstancia.

- La prueba calcula el llamado estadístico U , cuya distribución para muestras con más de 20 observaciones se aproxima bastante bien a la distribución normal.

La aproximación a la normal, z , cuando tenemos muestras lo suficientemente grandes viene dada por la expresión:

$$z = \frac{U - mU}{\sigma U}$$

dónde: mU y σU son la media y la desviación estándar de U si la hipótesis nula es cierta y vienen dadas por las siguientes formulas:

$$mU = n_1 n_2 / 2$$

$$\sigma U = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

- Para análisis estadístico se seleccionaron un grupo de 27 vacas con mastitis subclínica, considerando un total de 38 cuartos mamarios afectados ya sea en uno de ellos (AD=7, AI=10, PD=12 y PI=9), mientras, que no se consideraron cuartos mamarios que resultaron ser: sanos, con mastitis clínica y ciegos. Asimismo se seleccionaron otro grupo de 27 vacas sin mastitis subclínica, considerando un total de 38 cuartos mamarios sanos en función al grupo subclínico para que sean parejas (AD=7, AI=10, PD=12 y PI=9).

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grupo de vacas evaluadas en la estadística con y sin mastitis subclínica mediante el RCS (ver, Tabla 8 y Tabla 9).

Tabla 8

Grupo de vacas, evaluadas en la estadística con mastitis subclínica mediante el RCS en leche de vacas Brown Swiss

Productor	Procedencia	N° de muestra	N° de vaca	Identificación	Edad (años)	N° de parto	Periodo de producción	Producción de leche/día (L)	CM	CS/mL de leche		
Patricia Ccallasi Tito	Pichacani	1	1	Lucero	2	1	45 días	3 L	AI	455000		
		2							PD	293000		
		3	2	Roxana	5	3	12 meses	3 L	AI	424000		
		4							PD	285000		
José Lima	Lima Pichacani	5	3	Kissi	6	3	3 meses	12 L	AI	316000		
		6							PD	225000		
		7	4	Keisi	5	2	4 meses	6 L	AD	234000		
María Bárbara Aguilar Mamani	Pichacani	8	5	Yasmín	4	1	6 meses	5 L	AD	253000		
		9	6	Carla	5	2	4 meses	12 L	PD	383000		
		10							PI	457000		
		11	7	Brisa	8	4	5 meses	13 L	PD	429000		
		12							PI	267000		
		13	8	Haydi	3	1	4 meses	12 L	PI	210000		
		14	9	Llallina	7	3	3 meses	17 L	AD	277000		
		15							PD	274000		
		16	10	Rosario	9	5	3 meses	20 L	PI	474000		
		Sandra Macedo Guerra	Chungará	17	11	Nely	9	5	6 meses	13 L	PI	213000
				18	12	Sulma	5	2	6 meses	12 L	AI	289000
				19							PI	271000
				20	13	Rita	6	3	6 meses	10 L	AD	248000
				21							AI	366000
				22							PI	242000
				23	14	Corina	6	2	6 meses	10 L	PD	222000
24	15			Tereza	9	5	6 meses	10 L	AD	207000		
25	16			Laura	5	2	4 meses	16 L	AD	382000		
26	17			Lucy	6	3	6 meses	10 L	PD	454000		

			27	18	Érica	8	4	6 meses	12 L	AI	232000
			28							PI	432000
			29	19	Sandra	3	1	5 meses	13 L	AD	218000
Celia Chávez Condori	Chungará		30	20	Rosa	7	5	1 mes	10 L	AI	396000
			31	21	Silvia	8	4	6 meses	6 L	PD	463000
			32	22	Chío	5	2	12 meses	8 L	AI	283000
Rufino Mamani	Quispe Mamani	Cerro Grande	33	23	Nadia	6	4	6 meses	17 L	AI	299000
María De Parqui	Chura	Kunurana Bajo	34	24	Lucero	4	2	6 meses	3 L	AI	398000
Vicente Halanoco	Quispe Halanoco	Chungará	35	25	Lola	2	1	5 meses	3 L	PD	258000
			36								PI
Basilio Hualla	Chumpi Hualla	Kunurana Alto	37	26	Susy	2	1	7 meses	4 L	PD	490000
Mauro Quispe	Miguel Quispe	San Martín	38	27	Lolita	6	3	12 meses	8 L	PD	436000

Tabla 9

Grupo de vacas, evaluadas en la estadística sin mastitis subclínica mediante el RCS en leche de vacas Brown Swiss

Productor	Lugar	N° de muestra	N° de vaca	Identificación	Edad	N° de parto	Periodo de producción	Producción de leche/día (L)	CM	CS/mL de leche	
Luciano Vilchez Mamani	Eladio Mamani	Pichacani	1	Vaquilla sin nombre	2	1	20 días	2 L	AI	26000	
			2						PD	82000	
Segundo Cáceres	Melo	Pichacani	3	Morena	3	1	5 meses	3 L	AI	19000	
			4						PD	5000	
Luciano Vilchez Mamani	Eladio Mamani	Pichacani	5	Merly	5	3	6 meses	6 L	AI	45000	
			6						PD	102000	
			7						4	Naty	3
Segundo Cáceres	Melo	Pichacani	8	5	Paty	3	1	1 mes	3 L	AD	12000
Gladis Gamarra	Chañi	Pancca Yancaña	9	China	4	2	4 meses	4 L	PD	18000	
			10						PI	15000	
José Lima Lima		Pichacani	11	Yuri	8	4	8 meses	10 L	PD	73000	
			12						PI	36000	
Luciano Vilchez Mamani	Eladio Mamani	Pichacani	13	8	Patricia	2	1	4 meses	4 L	PI	30000
Celia Condori	Chávez	Chungará	14	Nora	6	3	8 meses	6 L	AD	67000	
			15						PD	106000	
Rufino Mamani	Quispe Mamani	Cerro Grande	16	10	Gimena I	12	6	1 Mes	8 L	PI	31000
Lucrecia Lima Cuyo	Lima Cuyo	Kunura Bajo	17	11	Paty	12	6	12 meses	2 L	PI	143000

Celia Condori	Chávez	Chungará	18	12	Juana	4	2	6 meses	6 L	AI	58000
			19							PI	49000
José Lima Lima		Pichacani	20	13	Diana	5	3	7 meses	5 L	AD	77000
			21							AI	92000
			22							PI	24000
Dominga Aguilar	Cruz	Kunura Bajo	23	14	Negra	5	2	6 meses	8 L	PD	103000
José Lima Lima		Pichacani	24	15	Nene	9	4	7 meses	10 L	AD	18000
Yola Chañi Gamarra		Panca Yancaña	25	16	Blanca I	4	2	8 meses	5 L	AD	47000
Segundo Cáceres	Melo	Pichacani	26	17	Susy	5	3	2 meses	5 L	PD	24000
Dominga Aguilar	Cruz	Kunura Bajo	27	18	Korina	8	4	6 meses	8 L	AI	17000
			28							PI	28000
Ramiro Yucra Torres	Eulogio	Buena Vista	29	19	Veri	2	1	5 meses	4 L	AD	29000
José Lima Lima		Pichacani	30	20	July	7	5	9 meses	8 L	AI	197000
Vicente Halanoca	Quispe	Chungará	31	21	Bomba	8	5	6 meses	5 L	PD	44000
Gladis Gamarra	Chañi	Pancca Yancaña	32	22	Rosalía	3	1	12 meses	4 L	AI	44000
			33							AI	29000
Luciano Vilchez Mamani	Eladio	Pichacani	34	23	Tania	4	2	7 meses	6 L	AI	29000
			34							AI	25000
Basilio Hualla	Chumpi	Kunurana Alto	35	25	Gimena II	2	1	8 meses	4 L	PD	63000
			36							PI	18000
Luciano Vilchez Mamani	Eladio	Pichacani	37	26	Pilar	2	2	7 meses	4 L	PD	16000
Lucrecia Lima Cuyo		Kunura Bajo	38	27	Dina	4	2	12 meses	2 L	PD	66000

Al realizar la Prueba de Mastitis de California (CMT) a 205 vacas, 78 vacas mostraron positividad a mastitis subclínica, mientras que 127 vacas fueron negativos al CMT (Tabla 10, Figura 4).

Tabla 10

Resultado de mastitis subclínica mediante la Prueba de Mastitis de California (CMT) en vacas Brown Swiss

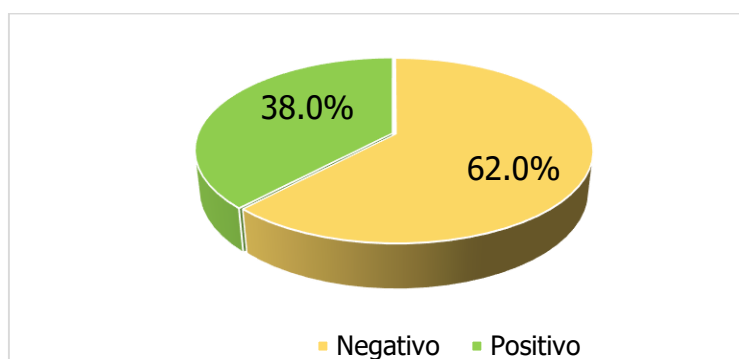
	n	%
Negativo	127	62.0
Positivo	78	38.0
Total	205	100.0

n: Número de vacas

%; Prevalencia

Figura 4

Prevalencia de mastitis subclínica mediante la Prueba de Mastitis de California (CMT) presentado en porcentaje



En el presente estudio se encontró que el 38% de vacas estaban afectados por la mastitis subclínica evaluadas mediante CMT. Asimismo, estos hallazgos fueron similar a 47.0% de vacas (Sánchez & Mamani, 2022). Esta similitud posiblemente se debe, a que el estudio fue realizado en la época seca. Asimismo, a múltiples factores de riesgo que se encuentran en manejo de ordeño, alimentación y salud de las vacas.

Tabla 11

Recuento de células somáticas (RCS) en vacas Brown Swiss evaluadas en la estadística

Estado de salud de cuarto mamario de la vaca	Rango de células somáticas/mL	Vacas (muestra – cuartos mamarios)
cuarto mamario sin mastitis subclínica	< 200 000	27 (38)
Cuarto mamario con mastitis subclínica	200 000 – 500 000	27 (38)

A nivel de cuartos mamarios mediante RCS con el equipo LACTOSCAN SCC, se encontró que el 35.2% de los cuartos mamarios de las vacas estaban afectados por la mastitis subclínica, siendo los cuartos mamarios más afectados: Posterior derecho (PD) en un 32% y anterior izquierdo (AI) en un 26%. Nuestros resultados son superiores al reporte de Sánchez & Mamani (2022), quienes reportan el 21.2% de cuartos mamarios con mastitis subclínica sin diferenciar entre los mismos. Además, Bedolla et al. (2007) sugieren que esta discrepancia en

los resultados podría deberse al uso de la Prueba de Mastitis de California (CMT) en el estudio mencionado. Una limitación de esta prueba es que los resultados pueden variar según la interpretación de diferentes evaluadores. Por tanto, es importante estandarizar y categorizar positivamente los criterios de evaluación en grados para minimizar las variaciones en la interpretación de los resultados.

6.1 Efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades físicas de la leche de vacas del distrito de Santa Rosa – Puno

Se analizaron las propiedades físicas de la leche en muestras tanto con mastitis subclínica positiva a RCS, como en muestras negativas (Tabla 12).

Tabla 12

Comparación promedio y desviación estándar (DE) de las propiedades físicas de la leche, con y sin mastitis subclínica en vacas Brown Swiss.

Propiedades físicas	Con mastitis Subclínica		Sin mastitis Subclínica		P valor	
	n	Media	DE	Media		DE
Densidad (g/mL)	38	1.0258	0.0050	1.0305	0.0007	0.000**
Punto de congelación (-°C)	38	-0.532	0.007	-0.582	0.007	0.000*
Conductividad eléctrica(mS/cm)	38	5.58	0.09	5.36	0.05	0.031*

n: Número de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

*: Significativo $\alpha = 0.05$

** : Significativo $\alpha = 0.01$

En el análisis presentado en la Tabla 12, se evidencia claramente el impacto significativo de la mastitis subclínica en las propiedades físicas de la leche producida por vacas analizadas en el distrito de Santa Rosa-Puno, con un nivel de significancia estadística menor a 0.05. Se registraron diferencias notables entre la leche afectada por la mastitis subclínica y la leche saludable en varios parámetros. Específicamente, la leche proveniente de vacas con mastitis subclínica mostró una densidad de 1.0258 g/mL, un punto de congelación de -0.532

°C y una conductividad eléctrica de 5.58 mS/cm. Por contraste, la leche sin esta condición presentó valores de 1.0305 g/mL en densidad, -0.582 °C en el punto de congelación y 5.36 mS/cm en conductividad eléctrica.

Estos cambios indican una alteración en la composición y calidad de la leche debido a la mastitis subclínica, lo cual tiene implicaciones importantes tanto para la industria lechera como para la salud pública. La reducción en la densidad podría reflejar una disminución en los sólidos totales de la leche, afectando su valor nutricional y procesamiento. La disminución en el punto de congelación sugiere una alteración en el equilibrio de solutos, principalmente lactosa y sales minerales, lo cual podría influir en la estabilidad y propiedades de congelación de la leche. Finalmente, el aumento en la conductividad eléctrica es un indicador reconocido de mastitis, reflejando cambios en el contenido mineral y la presencia de iones asociados a procesos inflamatorios.

Este estudio subraya la importancia de monitorizar y gestionar la salud del ganado para mantener la calidad de la leche, enfatizando la necesidad de adoptar medidas preventivas y terapéuticas contra la mastitis subclínica para asegurar la integridad del producto y la sostenibilidad de la producción lechera en el distrito.

Densidad

En la investigación reveló una disminución notable en la densidad de la leche de vacas afectadas por mastitis subclínica, con un valor promedio de 1.0258 g/mL. Este resultado se alinea con las conclusiones de estudios previos que han explorado la influencia de esta condición en las propiedades físicas de la leche. Por Calderón et al. (2014) documentaron una densidad de 1.029 ± 0.001 , mientras que Vásquez et al. (2014) y Calderón et al. (2011) reportaron valores de 1.018 y 1.029 ± 0.001 , respectivamente. Estas cifras refuerzan la evidencia de que la mastitis subclínica puede alterar significativamente la composición de la leche.

La disminución observada en la densidad puede ser indicativa de cambios en la síntesis de componentes clave de la leche. Calderón et al. (2014) sugieren que este fenómeno podría estar asociado a una reducción en los niveles de lactosa y sólidos no grasos. Esto es coherente con la hipótesis de que la mastitis subclínica afecta adversamente la funcionalidad del tejido alveolar mamario, conduciendo a una disminución en la actividad sintética. Tal efecto sobre la síntesis de componentes de la leche se corroboró en el estudio de Calderón et al. (2011), el cual propone que la alteración en la producción de lactosa y otros sólidos no grasos es una consecuencia directa de los procesos inflamatorios desencadenados por la mastitis. Así mismo, Viera (2013) indica que la leche se deteriora en la calidad y no cumple con los estándares según norma.

Estos hallazgos subrayan la complejidad de las interacciones entre las enfermedades del ganado y la calidad de los productos lácteos, destacando la importancia de la vigilancia y el manejo de la salud animal. La consistencia entre los resultados actuales y los de investigaciones previas refuerza la validez de las observaciones sobre el impacto negativo de la mastitis subclínica en la densidad de la leche, lo que tiene implicaciones significativas para la industria láctea en términos de calidad del producto y rendimiento económico.

Punto de congelación

El estudio actual constató un incremento en el punto de congelación de la leche proveniente de vacas con mastitis subclínica, alcanzando un valor medio de -0.532 °C. Esta observación es coherente con los hallazgos de investigaciones anteriores en el campo. Calderón et al. (2014) reportaron un punto de congelación de -0.52 ± 0.001 °C, mientras que Vásquez et al. (2014) y Calderón et al. (2011) encontraron valores de -0.529 °C y -0.522 °C, respectivamente. Estos datos subrayan una tendencia consistente hacia un aumento en el punto de congelación de la leche afectada por condiciones subclínicas de mastitis.

Este cambio en el punto de congelación sugiere alteraciones en la composición química de la leche, posiblemente atribuibles a una disminución en la síntesis de sus componentes fundamentales debido a la mastitis subclínica. Calderón et al. (2014) proponen que estos cambios podrían estar relacionados con una reducción en la concentración de lactosa y otros sólidos solubles, que son cruciales para las propiedades físicas de la leche, incluido su punto de congelación. La disminución en la síntesis de estos componentes puede ser una consecuencia directa de la disfunción del tejido alveolar mamario, afectado por el proceso inflamatorio subyacente a la mastitis.

Esta correlación entre la mastitis subclínica y el aumento en el punto de congelación de la leche resalta la importancia de monitorear de cerca la salud de las vacas lecheras. Además, refuerza la necesidad de estrategias preventivas y terapéuticas eficaces para mitigar el impacto de la mastitis en la calidad de la leche, lo que a su vez tiene implicaciones significativas para la seguridad alimentaria y la rentabilidad para los productores de la leche.

Conductividad eléctrica

El estudio reveló un incremento en la conductividad eléctrica de la leche derivada de vacas con mastitis subclínica, un fenómeno que parece estar intrínsecamente vinculado al aumento observado en el pH de la leche. Este aumento en la conductividad eléctrica se puede explicar por una mayor concentración de electrolitos en la leche afectada en comparación con aquella que proviene de vacas sin esta condición. De acuerdo con el National Mastitis Council (1995), la mastitis subclínica induce modificaciones en la composición electrolítica de la leche, conduciendo a un incremento en la conductividad eléctrica. Esta elevación se debe principalmente a la presencia aumentada de iones como el sodio (Na^+) y el cloruro (Cl^-), ambos conocidos por su capacidad para conducir electricidad.

La relación entre el aumento de la conductividad eléctrica y la presencia de mastitis subclínica subraya las profundas alteraciones en la composición química de la leche

provocadas por los procesos inflamatorios y la activación de la respuesta inmune. La infiltración de leucocitos y la alteración de la barrera epitelial mamaria, típicas de la mastitis, facilitan el paso de estos iones desde el torrente sanguíneo hacia la leche, alterando su composición electrolítica. Este cambio no solo es un indicador diagnóstico útil para la detección temprana de la mastitis subclínica, sino que también refleja el impacto de la enfermedad en la calidad y las propiedades de la leche.

Entender estos mecanismos es esencial para el desarrollo de estrategias eficaces de manejo y tratamiento de la mastitis subclínica, con el objetivo de minimizar su impacto en la producción lechera y asegurar la calidad del producto. La monitorización de la conductividad eléctrica de la leche emerge como una herramienta valiosa para la detección precoz de la mastitis, permitiendo intervenciones oportunas para preservar la salud del ganado lechero y la integridad de la leche producida.

6.2 Efecto de la mastitis subclínica sobre las propiedades químicas de la leche de vacas del distrito de Santa Rosa - Puno.

Se analizaron las propiedades químicas de la leche en muestras tanto con mastitis subclínica positiva a RCS como en muestras negativas (Tabla 13).

Tabla 13

Comparación promedio y desviación estándar (DE) de las propiedades químicas de la leche, con y sin mastitis subclínica en vacas Brown Swiss.

Propiedades Químicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
pH	38	7.36	0.02	7.29	0.02	0.002**
Grasa (%)	38	5.98	0.46	4.33	0.39	0.003**
SNG (%)	38	8.14	0.13	9.00	0.12	0.000**
Lactosa (%)	38	4.48	0.07	4.95	0.07	0.000**
Sales (%)	38	0.68	0.01	0.73	0.02	0.000**
Proteína (%)	38	2.97	0.05	3.29	0.05	0.000**
Sólidos totales (%)	38	14.12	0.37	13.33	0.32	0.110

n: Número de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

** : Significativo $\alpha=0.01$

La Tabla 13, ilustra el impacto significativo de la mastitis subclínica en las propiedades químicas de la leche producida por vacas en el distrito de Santa Rosa-Puno, con un nivel de significancia estadística menor a 0.05. Se observaron influencias notables entre la leche afectada por la mastitis subclínica y la leche saludable en diversos parámetros clave de la leche. Particularmente, la leche proveniente de vacas con mastitis subclínica mostró un pH de 7.36, la grasa de 5.98 %, los sólidos no grasos (SNG) de 8.14 %, la lactosa de 4.48 %, las sales de 0.68 % y la proteína de 2.97. Por contraste, la leche sin esta condición presentó valores de 7.29 en pH, 4.33 % en grasa, 9.00 % en sólidos no grasos (SNG), 4.95 % en lactosa, 0.73 % en sales y 3.29 % en proteína. Sin embargo, el análisis no reveló diferencias significativas en el porcentaje de sólidos totales entre la leche afectada por mastitis subclínica y la leche sana.

Estos resultados subrayan la influencia de la mastitis subclínica en la composición química de la leche, afectando negativamente la calidad y el valor nutricional del producto. La comprensión de estos cambios es fundamental para el desarrollo de estrategias efectivas de manejo y control de la mastitis en rebaños lecheros, con el fin de preservar la calidad de la leche y asegurar la sostenibilidad de la producción. En detalle, el incremento de pH podría indicar inicio de procesos bacterianos afectando la vida útil y seguridad de la leche. Por otro lado, el aumento en la grasa podría estar relacionado con alteraciones en el metabolismo lipídico inducidas por la inflamación. La disminución en los sólidos no grasos (SNG), que incluyen componentes como lactosa, proteínas y sales, sugiere una posible disrupción en la síntesis o secreción de estos componentes debido a la mastitis. La disminución en lactosa podría reflejar un impacto negativo en la capacidad funcional de las células mamarias. Asimismo, la disminución en sales podría estar asociado con cambios en la permeabilidad de la membrana epitelial mamaria y la alteración del equilibrio electrolítico. Finalmente, la disminución de proteína podría indicar una afectación en la síntesis proteica o un incremento en la degradación de proteína debido al proceso inflamatorio.

El análisis detallado revela que, mientras el contenido de grasa mostró un incremento, los niveles de SNG, lactosa, sales y proteína experimentaron una disminución significativa en la leche afectada por mastitis subclínica. Esta reducción en los SNG, lactosa, sales y proteína podría estar relacionada con alteraciones en la función glandular mamaria y en la síntesis de estos componentes, provocadas por el estado inflamatorio asociado a la mastitis. En contraste, el aumento en el porcentaje de grasa puede reflejar cambios en el metabolismo lipídico de las vacas afectadas o una alteración en la secreción de leche.

Estos hallazgos resaltan la complejidad de los efectos que la mastitis subclínica puede tener en la composición química de la leche. La alteración en estos componentes no solo tiene implicaciones para la calidad y el valor nutricional de la leche, sino que también puede influir

en su procesamiento y en la aceptabilidad por parte de los consumidores. Por lo tanto, es crucial implementar estrategias eficaces de manejo y prevención de la mastitis en las granjas lecheras para minimizar su impacto en la producción de leche y mantener la calidad del producto.

pH

En el estudio llevado a cabo, se registró un valor de pH de 7.36 en la leche de vacas con mastitis subclínica, evidenciando un aumento en comparación con la leche proveniente de vacas sin esta afección. Este resultado es coherente con los hallazgos de investigaciones previas en el ámbito. Vásquez et al., (2014) reportaron un pH de 6.89, mientras que Batavani et al. (2007) y Ali et al. (2022) encontraron valores de 6.69 ± 0.08 y 6.85 ± 0.17 , indicando también un incremento del pH en la leche afectada por mastitis.

Este aumento en el pH se puede atribuir a procesos inflamatorios asociados con la mastitis subclínica, en particular, a la diapédesis paracelular de leucocitos a través del epitelio mamario, como lo sugiere Bruckmaier et al. (2004). Este proceso implica una disminución en la integridad de las uniones estrechas del epitelio mamario, lo que resulta en una mayor permeabilidad vascular, según Guerrero & Rodríguez (2010). Esta alteración en la permeabilidad facilita la transferencia de sustancias alcalinas como el sodio (Na^+) y el cloruro (Cl^-) desde la sangre hacia la leche, lo que contribuye a un ambiente más iónico y, por ende, a un incremento en el pH de la leche. Este mecanismo está respaldado por los estudios de Andreatta et al. (2009) y Bruckmaier et al. (2004), quienes destacan la relevancia de estos cambios iónicos en la modificación del pH lácteo.

Además, es importante considerar los cambios en los niveles de otros electrolitos en la leche afectada por mastitis subclínica. De acuerdo con el National Mastitis Council (1995) se ha observado una disminución en las concentraciones de calcio (Ca^+), potasio (K^+) y fósforo (P^+) en la leche proveniente de vacas con esta condición. Estos cambios en la composición

iónica no solo influyen en el pH, sino que también pueden afectar otras propiedades fisicoquímicas y nutricionales de la leche.

La comprensión de estos mecanismos subyacentes al aumento del pH en la leche con mastitis subclínica es crucial para el desarrollo de estrategias de manejo y prevención de esta afección, con el fin de preservar la calidad de la leche y asegurar la salud y bienestar del ganado lechero.

Grasa

En este estudio, se observó un notable incremento en el contenido de grasa en la leche procedente de vacas con mastitis subclínica, así como también Viera (2013) indica la disminución de la grasa (3.48%), un hallazgo que difiere de los resultados presentados por Vásquez (2014), quien reportó un valor de 3.4%. Este aumento contrasta también con los estudios previos de Calderón et al. (2014) y Calderón et al. (2011), que documentaron una disminución en el contenido de grasa en la leche afectada por mastitis subclínica, con valores de 3.36 ± 0.29 y 3.07 ± 0.13 , respectivamente. Sin embargo, los resultados de este estudio encuentran respaldo en las investigaciones de Bruckmaier et al. (2004) quienes también reportaron un incremento en el porcentaje de grasa en la leche de vacas con esta condición, en línea con nuestros hallazgos.

Este aumento en el contenido de grasa podría deberse a varios factores interrelacionados. Una posible explicación es la reducción en la síntesis y cantidad de lactosa, lo que resultaría en una menor proporción de agua en la leche, una disminución general en el volumen de producción lechera y, por ende, una mayor concentración de grasa. Además, Bruckmaier et al. (2004) proponen que las células somáticas presentes en la leche con mastitis subclínica podrían exhibir comportamientos adhesivos similares a las gotas de grasa o incluso adherirse parcialmente a la fracción de grasa de la leche, contribuyendo así al incremento observado en el contenido de grasa. De igual forma Vásquez (2014) indica que este factor

puede estar relacionado con la raza de vaca. Por otro lado, al aumentar el número de células somáticas (aumentaría el aporte de lípidos en sus membranas de esta) y, por tanto, existe una relación positiva entre el recuento de células somáticas y la grasa láctea.

Este análisis sugiere que la relación entre la mastitis subclínica y el contenido de grasa en la leche es compleja y puede estar influenciada por múltiples factores fisiológicos y bioquímicos. La variabilidad en los resultados entre diferentes estudios subraya la necesidad de una investigación más profunda para entender completamente los mecanismos subyacentes y las implicaciones de estos cambios en la composición de la leche, no solo para la calidad del producto sino también para la salud y el manejo del ganado lechero.

Sólidos no grasos (SNG)

El estudio actual identificó una reducción en el porcentaje de sólidos no grasos (SNG) en la leche de vacas afectadas por mastitis subclínica, un resultado que encuentra paralelismo en la investigación de Calderón et al. (2011), quienes reportaron un valor de 7.27 ± 0.315 . Esta disminución en los SNG se interpreta como un reflejo directo del impacto negativo que la inflamación mamaria puede tener en la composición de la leche, específicamente en componentes como la proteína, la lactosa y las sales minerales. Así mismo Viera (2013) reporta la disminución de la SNG (8.18%).

Esta explicación subyacente a este fenómeno se relaciona con el aumento en el conteo de células somáticas, un indicador común de inflamación en la glándula mamaria, tal como se describe en el estudio de Juárez et al. (2015). La presencia de esta inflamación puede llevar a una disminución en la síntesis de los componentes mencionados, afectando así la concentración de SNG en la leche. Además, esta condición inflamatoria puede incrementar la permeabilidad vascular dentro de la glándula mamaria, facilitando el flujo anormal de plasma sanguíneo hacia el conducto lácteo. Dado que el plasma contiene enzimas como proteasas y plasmina, su

presencia en la leche puede promover la degradación de las proteínas lácteas, un proceso que Calderón et al. (2014) sugieren podría contribuir significativamente a la reducción de los SNG.

Este análisis destaca la compleja interacción entre la inflamación mamaria y los cambios en la composición química de la leche, enfatizando cómo la mastitis subclínica no solo afecta la calidad del producto lácteo, sino que también puede tener implicaciones significativas para el bienestar animal y la eficiencia de la producción lechera. La comprensión detallada de estos mecanismos es esencial para el desarrollo de estrategias de manejo eficaces destinadas a mitigar el impacto de la mastitis subclínica y preservar la integridad de la leche.

Lactosa

El presente estudio reveló una disminución en los niveles de lactosa en la leche de vacas diagnosticadas con mastitis subclínica en comparación con la leche de vacas que presentaban un bajo recuento de células somáticas. Estos hallazgos concuerdan con los resultados de Calderón et al. (2014) y Calderón et al. (2011), quienes también observaron reducciones en la lactosa, con valores de 4.19 ± 0.21 y 4.14 ± 0.224 respectivamente. La correlación entre la mastitis subclínica y la disminución de lactosa de la leche sugiere un impacto significativo de la enfermedad en la fisiología de la glándula mamaria.

La lactosa, siendo el principal soluto osmóticamente activo en la leche inocua, juega un papel crucial en el mantenimiento de la presión osmótica y, por ende, en la producción de leche. Durante episodios de mastitis subclínica, la síntesis de lactosa puede verse comprometida, lo que podría ser parcialmente compensado por un incremento en el flujo de electrolitos sanguíneos hacia la leche, debido a la inflamación asociada con la mastitis. Este cambio en la dinámica de los solutos puede alterar significativamente la composición de la leche.

Además, la relación entre las bajas concentraciones de lactosa y la severidad del daño a las uniones estrechas en el tejido mamario, como sugiere Bruckmaier et al. (2004), implica que la integridad estructural del epitelio mamario es fundamental para la síntesis y

mantenimiento de los componentes de la leche. La alteración de estas estructuras durante la mastitis subclínica podría, resultar en una reducción en la síntesis de lactosa, afectando la calidad nutricional de la leche.

Este análisis destaca la importancia de comprender los mecanismos subyacentes a la disminución de lactosa y proteína en la leche afectada por mastitis subclínica, lo que tiene implicaciones directas para la gestión de la salud del ganado lechero y la calidad del producto lácteo. La identificación de estas alteraciones en la composición de la leche puede servir como un indicador temprano de mastitis subclínica, facilitando intervenciones oportunas para mitigar los efectos adversos de esta condición en la producción lechera.

Sales

El presente estudio arrojó resultados que indican una disminución en el contenido de sales en la leche derivada de vacas con mastitis subclínica en comparación con aquella obtenida de vacas con un bajo recuento de células somáticas. Esta observación difiere de los hallazgos reportados en investigaciones anteriores, tales como los estudios de Calderón et al. (2014), Vásquez et al. (2014) y Calderón et al. (2011), que documentaron un incremento en los niveles de sales minerales, con valores de 0.75 ± 0.02 , 0.71 y 0.74 ± 0.012 , respectivamente. La discrepancia entre estos resultados podría estar relacionada con variaciones en los cambios fisiológicos y patológicos que se producen en la glándula mamaria durante la infección intramamaria, que puede causar daños en el epitelio ductal y secretor, provocando una apertura de las uniones estrechas entre las células secretoras y aumentando la permeabilidad de los capilares sanguíneos. Como resultado, electrolitos como el sodio y el cloruro, presentes en altas concentraciones en el líquido extracelular, podrían infiltrarse en la luz alveolar, alterando la concentración de sales minerales en la leche. Según Viera (2013) no cumple con las normas establecidas con las sales (0.53%).

Este análisis resalta la complejidad de los efectos que la mastitis subclínica puede tener en la composición de la leche, incluyendo variaciones en los niveles de sales y otros componentes esenciales. La comprensión de estos cambios es fundamental para el manejo efectivo de la salud de las vacas lecheras y la calidad del producto lácteo, subrayando la importancia de medidas preventivas y de control para minimizar el impacto de la mastitis en la producción lechera.

Proteína

En el presente estudio, se observó una disminución en el contenido de proteína en la leche de vacas con mastitis subclínica comparada con la leche de vacas con bajo recuento de células somáticas. Estos resultados son similares a los reportados por Calderón et al. (2014) y Calderón et al. (2011), quienes también reportaron una reducción en este parámetro en la leche con mastitis subclínica, con valores de proteína de 2.93 ± 0.13 y 2.98 ± 0.029 . Sin embargo, para en la investigación de Viera (2013) aumenta proteína (3.50%). Además, según Bruckmaier et al. (2004), las bajas concentraciones de la proteína pueden estar vinculadas a la gravedad del daño a las uniones estrechas en el tejido mamario, lo que altera la composición de la leche y reduce la síntesis de sus componentes. Esta disminución de la proteína se debió al aumento de células somáticas, como consecuencia de la inflamación que reduce la síntesis de los diferentes componentes de la leche y también al aumento de la permeabilidad vascular, provocando un aumento anormal del plasma sanguíneo que contiene enzimas como proteasas, y plasmina, que aceleran la descomposición de las proteínas. Así mismo, según Roux et al. (2003) quienes indican la desgranulación de célula somática principalmente por parte de los polimorfonucleares, este fenómeno sería origen principal de la actividad proteolítica en la leche, debido a la liberación de enzimas proteasas (Elastasa, colagenasa, catepsina G y proteinasa 3) durante la infección.

CONCLUSIONES

- La mastitis subclínica tiene efectos sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche en vacas del distrito de Santa Rosa – Puno, esto se debe a la variación en la concentración de las propiedades fisicoquímicas, por lo tanto, afecta en la calidad de la leche.
- La leche con mastitis subclínica, influye significativamente, en comparación con la leche sin mastitis subclínica sobre las propiedades físicas de la leche. Esta afección aumenta el punto de congelación y conductividad eléctrica, mientras que reduce su densidad, por lo tanto, afecta la calidad de la leche.
- La leche con mastitis subclínica, influye significativamente, en comparación con la leche sin mastitis subclínica sobre las propiedades químicas de la leche. La mastitis subclínica aumenta el pH y grasa, por tanto, reduce los niveles de sólidos no grasos, lactosa, sales y proteína, por lo tanto, afecta la calidad de la leche.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar investigaciones en diferentes zonas para entender como la mastitis subclínica afecta las características organolépticas y fisicoquímicas de productos lácteos como queso y yogurt.
- Identificar los elementos de riesgo vinculados con la aparición de mastitis subclínica en los rebaños lecheros del distrito de Santa Rosa.
- Realizar regularmente con una frecuencia de cada 30 días la Prueba de Mastitis California. Este permite evaluar la salud de la ubre y la calidad de la leche, facilitando la implementación de tratamientos adecuados a tiempo y previniendo pérdidas económicas debido a la reducción en la producción de leche.
- Fomentar la cultura sanitaria a los productores lecheros, realizando talleres sobre buenas prácticas de ordeño y manejo.

REFERENCIAS

- Acosta, A., Mira, J., & Posada, S. (2017). Tópicos en mastitis bovina: desde la etiología hasta algunas terapias alternativas. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 6(1), 42-58. <https://doi.org/10.22507/jals.v6n1a4>
- Adkins, P., & Middleton, J. (2018). Methods for Diagnosing Mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 34(3), 479-491. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.003>
- Álvarez D, C. A., Vargas G, O. N., & Aguilar G, F. L. (2019). *Fisiología y fisiopatología de la glandula mamaria*. En F. Aguilar & C. Álvarez (Ed.). *Mastitis bovina* (Cap. 02, págs. 29-56). Machala-Ecuador: UTMACH.
- Ali, A., Mir, M. U., Ganie, S. A., Mushataq, S., Bujari, S. I., Alshehri, S., Rashid, S. M., Mir, T. M., & Rehman, M. U. (2022). Milk-Compositional Study of Metabolites and Pathogens in the Milk of Bovine Animals Affected with Subclinical Mastitis. *Molecules*. 27(23). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27238631>
- Álvarez, A., Pérez, H., Martín, T., Quincosa, J., & Sánchez, A. (2009). *Fisiología animal aplicada* (Primera ed.). Medellín, Colombia, (págs. 228-255).
- Andreatta, E., Fernandes, A. M., Santos, M. V., Mussarelli, C., Marques, M. C., & Olivera, C. A. (2009). Composition, functional properties and sensory characteristics of Mozzarella cheese manufactured from different somatic cell counts in milk. *Food/Feed Science and Technology*, 52(5), 1235-1242. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000500022>
- Arauz, E. (20 de 09 de 2011). *La mastitis subclínica y su influencia en la producción, calidad y economía lechera y medidas de manejo estratégico para su prevención y control*

apropiad. Engormix/Lechería: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/mastitis-subclinica-t28995.htm>

Arcos, A., Bautista, H., González, O., Santiago, G., & Bedolla, C. (2004). *Frecuencia de mastitis subclínica en 6 hatos lecheros del municipio de arímbaro, Michoacán.* Michoacán.

Auldist, M. J., Coats, S., Rogers, G. L., & McDowell, G. L. (1995). Changes in the composition of milk from healthy and mastitis dairy cows during the lactation cycle. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35, 427-436.

Auldist, M., & Hubble, I. (1998). Effects of mastitis on raw milk and dairy products. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53(1), 28-36.

Avila, S., Chávez, J., & Morales, J. (2010). *Producción de leche con ganado bovino* (Segunda ed.). Mexico. Editorial Manual moderno, (pág. 122).

Aguilar, G. (2019). *Tratamiento de la mastitis bovina.* En F. Aguilar & C. Álvarez (Ed.). *Mastitis bovina* (Cap. 06, págs. 131-151) Machala-Ecuador: UTMACH.

Barberis, S. (2002). *Bromatología de la leche* (1 ed.). Argentina: Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires.

Batavani, R., Asri, S., & Naebzadeh, H. (2007). The effect of subclinical mastitis on milk composition in dairy cows. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 205-211.

Berhe Tadesse , A., & Teklit Baraki , K. (2018). Physicochemical Properties and Comparisons of Goat and Cow Milk. 6(3), 2321-9939.

Bedolla, C. C., Castañeda, V. H., & Wolter, W. (2007). Métodos de detección de la mastitis bovina. *Sitios Argentino de producción animal*, 89.

- Bermeo, M. (2014). *Incidencia de la mastitis subclínica, en el Sector Soldados de la Parroquia San Joaquín*. Ecuador: Universidad del Azuay.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3588>
- Bobbo, Ruego, P. L., Stoco, G., Pasotto, D., Bittante, G., & Cecchinato, A. (2017). Asociaciones entre casos de mastitis subclínica específicos de patógenos y producción de leche, calidad, composición proteica y características de elaboración de queso en vacas lecheras. *Dairy Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2016-12353>
- Brousett M, M., Torres J, A., Chambí R, A., Mamami V, B., & Gutiérrez S, H. (2015). Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno –Perú. *Scientia Agropecuaria*.
- Bruckmaier, R., Ontsouka, C., & Blum, J. (2004). Fractionized milk composition in dairy cows with subclinical mastitis. *Veterinariai Medicina Czechoslovakia*, 8, 283-290.
- Button, P. D., Roginski, H., Deeth, H. C., & Graven, H. M. (2011). Improved shelf life estimation of uht milk by prediction of proteolysis. *Wiley Online Library*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00394.x>
- Calderón R, A., Rodríguez R, V., & Vélez R, S. (2007). Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de queso en el municipio de montería, Colombia. *Scielo*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682007000100006
- Calderón, A., Arteaga, M., Rodríguez, V. C., Arrieta, G., & Vergara, O. (2014). Efecto de la mastitis subclínica sobre la calidad físico-química de la leche bovina. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 24(5), 408-413.
https://www.researchgate.net/publication/299496906_Calidad_de_leches_crudas_en

sistemas_doble_proposito_en_Cordoba_Colombia_en_condiciones_de_maxima_y_minima_precipitacion

- Calderón, A., Arteaga, M., Rodríguez, V., Arrieta, G., Bermudez, D., & Villareal, V. (2011). Efecto de la mastitis subclínica sobre el rendimiento en la fabricación del queso costeño. *Biosalud*, 10(2), 16-27.
- Castañeda, Martha; Castañeda, Hugo; Salas, Erika; Padilla, Francisco. (2020). Intoxicación Alimentaria asociada al consumo de productos lácteos. En H. Castañeda, M. Castañeda, F. Padilla, & O. Carbajal, *Zoonosis. Retos y oportunidades en el siglo XXI* (págs. 49-56). Mexico: Universidad de Guadalajara.
- Cervantes E, F., Cesin V, A., & Mamani O, I. (2013). La calidad estándar de la leche en el estado de. *Rev MEX Cien Pecu*, 4(1), 75-86.
- Cha, E., Barra, D., Hertl, J. A., & Schukken, Y. H. (2011). El costo y manejo de diferentes tipos de mastitis clínicas en vacas lecheras estimado mediante programación dinámica. *Dairy Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2010-4123>.
- Da Costa, L. B., & Maristela, R. (2021). *¿Cuán bajo puede llegar? Entendiendo el recuento de células somáticas*. https://extension.vet.osu.edu/files/documents/extension/da%20Costa%20%26%20Rovai_Low%20somatic%20cell%20count_v1_Spanish_Final.pdf
- DeGraves, F., & Fetrow, J. (1993). Economics of mastitis and mastitis control. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract*, 421-434.
- Díaz M, D. A., & Martínez C, F. A. (2020). *Determinación de la incidencia de mastitis bovina en dos fincas de la comarca Piedra Sembrada, Camoapa, departamento de Boaco, en el periodo de febrero-abril 2020*. Camoapa, Boaco, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

- Fernández, O., Trujillo, J., Peña, J., Cerquera, J., & Granja, Y. (2012). Mastitis Bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista Veterinaria REDVET*, 13(11), 1-11.
- Ferraro, D. (2012). Concepto de calidad de leche. Su importancia para la calidad del producto final y para la salud del consumidor. *APROCAL. Programa de promoción de calidad de la leche*, 1-13.
- Galo I. (20 de octubre de 2017). *Perdidas económicas por altos conteos de células somáticas en leche cruda*. Perdidas económicas por altos conteos de células somáticas en leche cruda: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/perdidas-economicas-altos-conteos-t41133.htm>
- García, C. (2017). *Evaluación del desempeño productivo y reproductivo en animales sometidos a un tratamiento lactoinductor de un establo comercial en la cuenca de Lima*. Lima.
- Gasque G, R. (2009). *Enciclopedia bovina (primera edición)* México. Universidad Nacional Autónoma de México
- Gómez-Quispe, O. E., Santivañez-Ballón, C. S., Arauco-Villar, F., Espezua-Flores, O. H., & Manrique-Meza, J. (2015). Criterios de Interpretación para California Mastitis Test en el Diagnóstico de Mastitis Subclínica en Bovinos. *Revista de Investigación Veterinaria del Perú*, 26(1), 86-95.
- González, A. (2010). *Eficiencia en recría de vaquillonas en establecimientos Lecheros*. Argentina.
- Guerrero O, J., & Rodríguez C, P. A. (2010). *Características físico - químico de la leche y sus variación. Estudio de caso, Empresa de Lácteos El Coloneal león Nicaragua*. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

- Huillca Cutire, R. (2020). *Determinación de calidad Físico-química de la leche cruda en época de lluvia en el centro poblado Urinsaya Ccollana-Layo*. Cusco: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista] Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (pág. 11).
- Jiménez, C. (13 de Mayo de 2019). *Contexto ganadero*. <https://www.contextoganadero.com/ganadería-sostenible/fisiología-de-la-glándula-mamaria-de-la-vaca>
- Jones, G. M. (2009). Comprender los conceptos básicos de la mastitis. *Engormix*. https://en.engormix.com/dairy-cattle/mastitis-dairy-cattle/understanding-basics-mastitis_a34491/
- Juárez B, J. M., Rodríguez M, J., Martínez S, C. E., Hernández S, B., Paz G, E., Gómez A, C. A., Díaz R, P., & Hernan L, E. (2015). Evaluación y clasificación de calidad de leches comerciales consumidas en quesos tuxtepec, Oaxaca, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropuecurios*, 2(6), 327-337.
- López, A., & Barriga, D. (2016). *La leche, composición y características*. Andalucía, España: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- López, J. (2014). *Mamitis Bovina: Patogenia y Manifestaciones Clínicas*. *Ciencia Veterinaria: Hecho por y para Veterinarios*. <http://cienciaveterinaria.com>
- Lowrie, W. (2019). *Metodo de diagnostico de la Mastitis Bovina*. En F. Aguilar & C. Álvarez (Ed.). *Mastitis bovina* (Cap. 05, págs. 107-125) Machala-Ecuador: UTMACH.
- Maceda C, C. (2012). *Proyecto de norma mexicana proy-nmx-f-700-cofocalec-2012 sistema producto leche – alimento – lácteo – leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba*. [Consulta: 10 de Enero de 2024]. Retrieved from:

https://www.academia.edu/28656574/proyecto_de_norma_mexicana_proy_nmx_f_70_0_cofocalec_2012_sistema_producto_leche_alimento_l%C3%81cteo_leche_cruda_de_vaca_especificaciones_fisicoqu%C3%8dmicas_sanitarias_y_m%C3%89todos_de_prueba

Mamani Q, R. E. (2014). *Prevalencia y factores de riesgo de mastitis subclínica en vacunos Brown Swiss del distrito de Cupi - Melgar*. [Para optar el grado de título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista] Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Manoj Kumar, C. T., Chauhan, O. P., Sathish Kumar, M. H., & Devaraja , H. C. (2022). Química de la leche y los productos lácteos. *Springer Link*, 471- 495. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-19-4796-4_13

Marino, R., Considine, T., Sevi, A., McSweeney, P., & Kelly, A. (2005). Contribution of proteolytic activity associated with somatic cells in milk to cheese ripening. *15*(10), 1026-1033.

Maza, M., & Legorreta, P. (2011). *Generalidades de la leche y productos lácteos*. Ciudad de México, México,.

Mera, R., Muñoz, M., Artieda, J., Ortiz, P., González , R., & Vega, V. (2017). Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, *18*(11), 1-16.

MIDAGRI. (2017). *Calidad de leche*. Lima - Perú. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgpa/documentos/queso.pdf>

MINAGRI. (Agosto de 2009). *Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche*.

MIDAGRI. (03 de Junio de 2017). *Normas legales. Leche cruda*, págs. 9 - 10.

- Mpatswenumugabo, J. P., Bebora, L. C., Gitao, G. C., Mobegi, V. A., Iraguha, B., Kamana, O., & Shumbusho, B. (2017). Prevalencia de mastitis subclínica y distribución de patógenos en granjas lecheras de los distritos de Rubavu y Nyabihu, Ruanda. *Revista de Medicina Veterinaria*. [https://doi.org/ https://doi.org/10.1155/2017/8456713](https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2017/8456713)
- Muñoz, J., & Rodríguez, A. (2006). *Comportamiento reproductivo, dinamico de produccion y calidad de la leche de genotipos lecheros bajo condiciones intensivos en el tropico seco de Rivas*. Nicaragua.
- National Mastitis Council. (1995). *Mastitis Control in Dairy Herds*.
- Nickerson , S., & Akers, R. (2011). *Mammary Gland Anatomy*. En Encyclopedia of Dairy Sciences. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00290-9>
- NTP. (2016). *Leche y productos lacteos . Leche cruda y requisitos*. Sexta. [Consulta: 15 de Diciembre de 2023]. Retrieved from: https://kupdf.net/download/ntp-202001-2016_5c87c999e2b6f5e361cf65a6_pdf
- Nyman, A. K., Ekman, T., Emanuelson, U., Gustafsson, A. H., Holtenius, K., Waller, . . . Hallén S, C. (2007). Risk factors associated with the incidence of veterinary-treated clinical mastitis in Swedish dairy herds with high milk production and low prevalence of subclinical mastitis. *PubMed*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2006.10.002>
- Ogola, H., Shitandi, A., & Nanua, J. (2007). Effect of mastitis on raw milk compositional quality. 8(3), 237.
- Orellana Ligas, G. (2022). *Caracterización de la calidad de la leche y el queso en el Centro Agronómico K'ayra-Unsaac*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

- Østerås, O., & Sølverød, L. (2009). Programa noruego de control de mastitis. *Revista veterinaria irlandesa*, 62(4), S26. [https://doi.org/https://doi.org/10.1186/2046-0481-62-S4-S26](https://doi.org/10.1186/2046-0481-62-S4-S26)
- Persson, Y., & Olofsson, I. (2011). Medición directa e indirecta del recuento de células somáticas como indicador de infección intramamaria en cabras lecheras. *Acta Veterinaria Scandinavica*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-15](https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-15)
- Punguil T, D. F. (2015). *Determinación de mastitis en la ganadería de leche de la asociación sucre hacia el futuro del cantón Patate, provincia de Tungurahua*. Patate: Universidad Estatal de Bolívar. https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UEB_49bc800e62c95ff9592e71fd55e7f4d8
- Pyörälä, S. (2003). Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. *National Library of Medicine*, 565-78. <https://doi.org/10.1051/vetres:2003026>
- Rivera S, A. M. (2014). *Determinación de la Prevalencia de Mastitis Subclínica en ganado Reyna, Rancho Los Peiranos, Nandaime, Granada*. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Roux, Y. L., Laurent, F., & Moussaoui, F. (2003). Polymorphonuclear proteolytic activity and milk composition change. *Vet. Res*, 629-645. <https://doi.org/10.1051/vetres:2003021>
- Sánchez Herencia, D., & Mamani Mango, G. D. (2022). Mastitis subclínica bovina y factores de riesgo ambientales en pequeños productores de ganado lechero criado en alta montaña. *Revista Scielo*.
- Saran, A. (2000). *Mastitis y calidad de leche*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Intermedica.
- Schlimme, E., & Buchheim, W. (2002). *La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas*. Acribia.

- SENAMHI. (2024). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Santa Rosa*. Retrieved 15 de Enero de 2024, from <https://es.weatherspark.com/y/26613/Clima-promedio-en-Santa-Rosa-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Shittu, A., Abdullahi, J., Jibril, A., Mohammed, A. A., & Fasina, F. O. (2012). Mastitis subclínica y factores de riesgo asociados en vacas lactantes en la región de Savannah de Nigeria. *Investigación veterinaria BMC*(134).
- Steven, F. (11 de Noviembre de 2019). *Distrito de Santa Rosa de Melgar*. <https://es.scribd.com/document/434391994/Distrito-de-Santa-Rosa-de-Melgar>
- Valero, K., Valbuena, E., Chacón, F., Olivares, Y., Castro, G., & Briñez, W. (2010). Patógenos contagiosos y ambientales aislados de cuartos mamarios con mastitis subclínica de alto riesgo en tres fincas del estado Zulia. *Revista Científica*, 20(5).
- Vásquez C, J. A. (2014). *Efecto de la mastitis bovina en la calidad composicional y aptitud quesera de la leche*. Colombia: [Maestría] Universidad Nacional de Colombia.
- Vásquez, J., Novoa, C. F., & Carulla, J. (2014). Efecto del recuento de células somáticas sobre la aptitud quesera de la leche y la calidad fisicoquímica y sensorial del queso campesino. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 61(2), 171-185. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639240007>
- Viera, M. A. (2013). *Parametros de calidad de leche de vacuno en los distritos de Apata, Matahuasi y Concepción en el Valle del Mataro*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vilca Z, E. S. (2018). *Eficiencia de la producción láctea de vacas Brown swiss PPC, bajo sistema de crianza semi intensiva en CIP Chuquibambilla-Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

- Villanueva T, G., & Morales C, S. (2016). Resistencia antibiótica de patógenos bacterianos aislados de mastitis clínica bovina de crianza intensiva en Lurín, Perú. *Revista Electrónica Veterinaria*, 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63654640046.pdf>
- Vytautas, J. (2023). *Diagnostic significance of electrical conductivity in milk*. *BROLIS HerdLine*. <https://brolisherdline.com/electrical-conductivity-in-milk/>
- Wielgosz-Groth, Z., & Groth, I. (2003). *Effect of the udder health on the composition and quality of quarter milk from black-and white cows*. *Electron. J. Pol. Agr. U. Anim.*: <http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue2/animal/art-01.html>
- Wolter, W., Castañeda, V. H., Kloppert, B., & Zschoeck, M. (2004). *La Mastitis Bovina: Mecanismo de defensa y protección de la ubre bovina, patogénesis de la mastitis*. *Editorial Universitaria*. México: Universidad Guadalajara.

ANEXOS

Anexo 1: Registro para la evaluación de mastitis en leche de vaca a través de la Prueba de Mastitis de California (CMT)

Fundo.....Fecha de muestreo.....

Propietario.....Dirección.....

Teléfono.....Firma.....

N°	Arete	Lugar	Raza	Edad	N° de partos	Resultado para la prueba de CMT			
						Cuarto anterior		Cuarto posterior	
						AD	AI	PD	PI
1									
2									
3									
4									
.									
.									

Tipo, lugar y número de ordeño

Tipo de ordeño				Numero de ordeños	
Manual		Mecánico		1	2
Lugar de ordeño					
Potrero	Establo	Potrero	Establo		

Prácticas de ordeño

Actividades del ordeño	Si	No
Lavado de ubre y pezones		
Secado		
Despunte (descarte de los primeros chorros antes de ordeñar)		
Uso de selladores (después de ordeño)		

Sistema de manejo

Cercos eléctricos	Pastoreo libre	Sogueo	otro

Anexo 2: Registro fotográfico para el análisis de las muestras de leche de vaca

Figura 5

Vacas en producción de la raza Brown Swiss evaluadas



Figura 6

Análisis de la leche de vaca por cada cuarto mamario a través de la Prueba de Mastitis de California (CMT)



Figura 7

Registro de datos de cada propietario y de las vacas muestreadas

**Figura 8**

Recolección de muestra de leche vaca por cada cuarto mamario



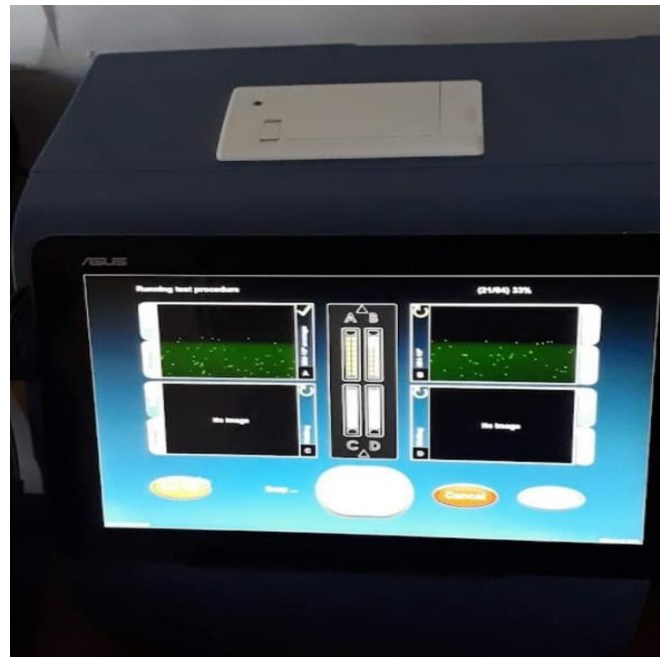
Figura 9

Material lactochip para colocar la muestra de leche y hacer la lectura en el LACTOSCAN SCC



Figura 10

Equipo LACTOSCAN SCC para el recuento de células somáticas (RCS)

**Figura 11**

Adición de la muestra de la leche al lactochip para determinar recuento de células somáticas (RCS) con el equipo LACTOSCAN SCC



Figura 12

Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la leche con el equipo LACTOSCAN MCCWS



Anexo 3: Propiedades Físicoquímicas de la leche de vacas con mastitis subclínica

N° de muestra	N° de vaca	Nombre	CM	Densidad (g/ml)	Punto de Congelación (-°C)	Conductividad eléctrica	pH	Grasa (%)	Sólidos no grasos (%)	Lactosa (%)	Sales minerales (%)	Proteína (%)	Sólidos totales (%)
1	1	Lucero	AI	1.0258	-0.53	5.58	7.36	5.98	8.14	4.48	0.68	2.97	14.12
2			PD	1.0258	-0.53	5.58	7.36	5.98	8.14	4.48	0.68	2.97	14.12
3	2	Roxana	AI	1.0258	-0.53	5.58	7.36	5.98	8.14	4.48	0.68	2.97	14.12
4			PD	1.0258	-0.53	5.58	7.36	5.98	8.14	4.48	0.68	2.97	14.12
5	3	Kissi	IA	1.0186	-0.444	5.5	7.28	8.07	6.71	3.69	0.57	2.43	14.78
6			PD	1.0291	-0.515	5.79	7.27	2.4	8.22	4.52	0.67	3.01	10.62
7	4	Keisi	AD	1.0319	-0.551	5.11	7.4	1.69	8.81	4.85	0.72	3.23	10.5
8	5	Yasmín	AD	1.0258	-0.53	5.58	7.36	5.98	8.14	4.48	0.68	2.97	14.12
9	6	Carla	PD	1.0286	-0.579	5.23	7.52	5.64	8.81	4.85	0.73	3.21	14.45
10			PI	1.0283	-0.563	5.55	7.48	5.22	8.64	4.75	0.72	3.15	13.86
11	7	Brisa	PD	1.0222	-0.525	4.43	7.34	8.63	7.79	4.28	0.66	2.82	16.42
12			PI	1.0277	-0.531	5.75	7.37	4.27	8.27	4.55	0.68	3.02	12.54
13	8	Haydi	PI	1.0213	-0.497	5.12	7.45	8.2	7.44	4.09	0.63	2.7	15.64
14	9	Llallina	AD	1.0134	-0.458	4.46	7.29	13.27	6.48	3.56	0.57	2.32	19.75
15			PD	1.0117	-0.431	4.46	7.3	13.56	6.1	3.35	0.54	2.18	19.66
16	10	Rosario	PI	1.0286	-0.573	4.65	7.25	5.41	8.76	4.82	0.73	3.2	14.17
17	11	Nely	PI	1.0229	-0.504	5.41	7.4	7.13	7.64	4.2	0.64	2.78	14.77
18	12	Sulma	AI	1.0282	-0.539	5.61	7.33	4.27	8.39	4.61	0.69	3.07	12.66
19			PI	1.0289	-0.538	5.64	7.46	3.57	8.44	4.64	0.69	3.09	12.01
20	13	Rita	AD	1.0251	-0.53	5.76	7.33	6.45	8.06	4.43	0.67	2.93	14.51
21			AI	1.0273	-0.536	6	7.25	4.85	8.3	4.56	0.69	3.03	13.15
22			PI	1.0269	-0.534	6	7.2	5.08	8.25	4.53	0.68	3.01	13.33

N° de muestra	N° de vaca	Nombre	CM	Densidad (g/ml)	Punto de Congelación (-°C)	Conductividad eléctrica	pH	Grasa (%)	Sólidos no grasos (%)	Lactosa (%)	Sales minerales (%)	Proteína (%)	Sólidos totales (%)
23	14	Corina	PD	1.0307	-0.586	5.63	7.37	4.28	9.06	4.98	0.75	3.31	13.34
24	15	Teresa	AD	1.0230	-0.615	5.71	7.3	6.07	9.27	5.1	0.77	3.38	15.34
25	16	Laura	AD	1.0249	-0.519	6.01	7.33	6.15	7.94	4.36	0.66	2.89	14.09
26	17	Lucy	PD	1.0275	-0.539	6.22	7.44	4.79	8.34	4.59	0.69	3.04	13.13
27	18	Érica	AI	1.0267	-0.529	5.19	7.22	7.8	8.79	4.83	0.74	3.2	16.59
28			PI	1.0291	-0.597	5.75	7.26	6.07	9.03	4.96	0.79	3.29	15.1
29	19	Sandra	AD	1.0244	-0.539	5.69	7.43	7.46	8.1	4.45	0.68	2.94	15.56
30	20	Rosa	AI	1.0316	-0.543	6.05	7.21	1.54	8.71	4.79	0.71	3.19	10.25
31	21	Silvia	PD	1.0329	-0.571	6.03	7.31	1.73	9.09	5	0.74	3.33	10.82
32	22	Chío	AI	1.0315	-0.56	6.21	7.32	2.41	8.87	4.88	0.72	3.25	11.28
33	23	Nadia	AI	1.0281	-0.523	5.77	7.29	3.54	8.23	4.52	0.68	3.01	11.77
34	24	Lucero	AI	1.0285	-0.52	7.08	7.62	3.07	8.22	4.52	0.67	3.01	11.29
35	25	Lola	PD	1.0225	-0.499	6.08	7.73	7.23	7.55	4.15	0.64	2.74	14.78
36			PI	1.0123	-0.411	5.8	7.69	12.11	5.94	3.27	0.53	2.13	18.05
37	26	Susy	PD	1.0257	-0.531	5.01	7.35	6	8.12	4.46	0.68	2.96	14.12
38	27	Lolita	PD	1.0239	-0.572	5.56	7.14	9.25	8.36	4.6	0.71	3.03	17.61

Anexo 4: Propiedades Físicoquímicas de la leche de vacas sin mastitis subclínica

N° de muestra	N° de vaca	Identificación	CM	Densidad (g/ml)	Punto de Congelación (-°C)	Conductividad eléctrica	pH	Grasa (%)	Solidos no grasos (%)	Lactosa (%)	Sales minerales (%)	Proteína (%)	Solidos totales (%)
1	1	Vaquilla sin nombre	AI	1.0332	-0.588	5.19	7.19	2.28	9.29	5.11	0.76	3.4	11.57
2			PD	1.0304	-0.552	5.08	7.26	3.01	8.7	4.78	0.71	3.18	11.71
3	2	Morena	AI	1.0317	-0.582	5.47	7.18	3.24	9.1	5	0.75	3.33	12.34
4			PD	1.0330	-0.592	5.47	7.22	2.68	9.31	5.12	0.76	3.41	11.99
5	3	Merly	AI	1.036	-0.69	5.08	7.22	4.33	10.48	5.76	0.86	3.83	14.81
6			PD	1.0353	-0.69	5.07	7.21	4.89	10.42	5.73	0.86	3.81	15.31
7	4	Naty	AD	1.0298	-0.583	5.63	7.26	4.85	8.95	4.92	0.74	3.27	13.8
8	5	Paty	AD	1.0299	-0.522	5.34	7.21	5.39	8.04	4.42	0.67	2.93	13.43
9	6	China	PD	1.0335	-0.575	5.91	7.33	1.45	9.18	5.05	0.74	3.37	10.63
10			PI	1.0339	-0.58	5.94	7.37	1.36	9.26	5.09	0.75	3.4	10.62
11	7	Yuri	PD	1.0302	-0.57	5.47	7.24	3.94	8.87	4.87	0.73	3.24	12.81
12			PI	1.0312	-0.58	5.42	7.18	3.56	9.04	4.97	0.74	3.31	12.6
13	8	Patricia	PI	1.0317	-0.577	5.64	7.2	3	9.06	4.98	0.74	3.32	12.06
14	9	Nora	AD	1.0292	-0.605	5.29	7.22	6.25	9.12	5.01	0.76	3.32	15.37
15			PD	1.0227	-0.544	5.24	7.22	9.08	8	4.4	0.68	2.9	17.08
16	10	Gimena I	PI	1.0198	-0.478	5.11	7.27	8.57	7.14	3.93	0.16	2.59	15.71
17	11	Paty	PI	1.0347	-0.626	5.69	7.34	2.68	9.78	5.37	0.8	3.58	12.46
18	12	Juana	AI	1.0293	-0.573	5.39	7.16	4.84	8.81	4.84	0.73	3.22	13.65
19			PI	1.0237	-0.53	5.07	7.29	7.66	7.95	4.37	0.67	2.89	15.61
20	13	Diana	AD	1.0306	-0.589	5.11	7.67	4.44	9.08	4.99	0.75	3.32	13.52
21			AI	1.0293	-0.577	5.55	7.37	4.99	8.86	4.87	0.73	3.23	13.85
22			PI	1.0301	-0.583	5.38	7.24	4.58	8.99	4.94	0.74	3.28	13.57

N° de muestra	N° de vaca	Identificación	CM	Densidad (g/ml)	Punto de Congelación (-°C)	Conductividad eléctrica	pH	Grasa (%)	Solidos no grasos (%)	Lactosa (%)	Sales minerales (%)	Proteína (%)	Solidos totales (%)
23	14	Negra	PD	1.034	-0.615	5.69	7.33	2.82	9.62	5.29	0.79	3.52	12.44
24	15	Nene	AD	1.0337	-0.578	5.11	7.29	1.41	9.23	5.07	0.75	3.39	10.64
25	16	Blanca I	AD	1.0345	-0.594	5.21	7.35	1.52	9.45	5.2	0.77	3.47	10.97
26	17	Susy	PD	1.0321	-0.586	5.57	7.23	3.13	9.17	5.04	0.75	3.36	12.3
27	18	Korina	AI	1.0355	-0.629	5.89	7.32	2.15	9.88	5.43	0.8	3.62	12.03
28			PI	1.0357	-0.626	5.94	7.31	1.92	9.86	5.42	0.8	3.62	11.78
29	19	Veri	AD	1.0338	-0.606	5.14	7.37	2.54	9.51	5.23	0.78	3.48	12.05
30	20	July	AI	1.0286	-0.526	5.92	7.58	3.32	8.29	4.56	0.68	3.03	11.77
31	21	Bomba	PD	1.0311	-0.581	5.21	7.26	3.71	9.04	4.97	0.74	3.31	12.75
32	22	Rosalía	AI	1.0357	-0.631	5.4	7.47	2.14	9.91	5.45	0.81	3.63	12.05
33	23	Tania	AI	1.0316	-0.609	5.3	7.17	4.53	9.35	5.14	0.77	3.42	13.88
34	24	Vianca	AI	1.0292	-0.57	5.16	7.28	4.74	8.78	4.83	0.73	3.21	13.52
35	25	Gimena II	PD	1.0198	-0.485	4.76	7.29	8.97	7.21	3.96	0.62	2.61	16.18
36			PI	1.0228	-0.515	4.87	7.26	7.74	7.73	4.25	0.65	2.81	15.47
37	26	Pilar	PD	1.0317	-0.628	4.93	7.19	5.21	9.54	5.25	0.79	3.48	14.75
38	27	Dina	PD	1.0206	-561	5.19	7.38	11.49	8	4.4	0.69	2.89	19.49

Anexo 5: Prueba de Kolmogórov-Smirnov para propiedades fisicoquímicas

	N	Estadístico de prueba	P
Densidad (g/ml)	76	0.118	0.011
Punto de congelación (-°C)	76	0.087	0.200
Conductividad eléctrica (mS/cm)	76	0.076	0.200
pH	76	0.156	0.000
Grasa (%)	76	0.108	0.028
SNG (%)	76	0.091	0.189
Lactosa (%)	76	0.088	0.200
Sales minerales (%)	76	0.190	0.000
Proteína (%)	76	0.092	0.177
Sólidos totales (%)	76	0.089	0.200
RCS (CS/mL)	76	0.177	0.000

Interpretación:

Según el resultado de la tabla los valores obtenidos fueron mayores e inferiores al nivel de significancia (0.05), para las variables y dimensiones, se consideró la escala de Kolmogorov-Smirnov (para muestras mayor a 50 individuos), dado que el resultado demuestra que la data obtenida proviene de una distribución normal y no normal. Asimismo, este resultado obtenido establece que aplicará una prueba paramétrica (T de Student) y No paramétrica (U Mann Whitney) para comprobar las hipótesis.

Anexo 6: Análisis de datos en SPSS con las pruebas estadísticas de U de Mann Whitney y T Student para propiedades fisicoquímicas de la leche cruda.

[ConjuntoDatos1] G:\Escritorios 31.01.23\GIOVANA VARGAS PUMA TESIS\Ultimos datos corregido 28.11.22\Giovana Vargas Puma data corr_28.11.22.sav

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Densidad (gr/ml) Mastis Subclínica es la misma entre categorías de Efecto de la Mastitis Subclínicas.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes

Densidad(gr/ml) Mastis Subclínica entre Efecto de la Mastitis Subclínicas

Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes

N total	76
U de Mann-Whitney	1165,000
W de Wilcoxon	1906,000
Estadístico de prueba	1165,000
Error estándar	96,243
Estadístico de prueba estandarizado	4,603
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Prueba U de Mann-Whitney para muestras ...

Efecto de la Mastitis Subclínicas

	Con mastitis Subclínica	Sin mastitis Subclínica
N	38	38
Rango promedio	26.84	50.16

1.04 | 1.04

*Resultado1 [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Registro
- Pruebas no paramétricas
 - Título
 - Notas
 - Conjunto de datos
 - Resumen de contenidos
 - Prueba U de Mann-Whitney
 - Título
 - Densidad (gráfico)
 - Título
 - Resumen
 - Prueba U
 - Información de caso
 - Información de caso
- Registro
- Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Estadísticas de grupo
 - Prueba de muestras independientes

0

Con mastitis Subclínica Sin mastitis Subclínica

Efecto de la Mastitis Subclínicas

```
T-TEST GROUPS=Efect_mat_subclini(1 2)
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=Punto_congela
/CRITERIA=CI (.95).
```

→ **Prueba T**

Estadísticas de grupo

	Efecto de la Mastitis Subclínicas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Punto de congelación(-* C) Mastitis Subclínica	Con mastitis Subclínica	38	-,5320	,04318	,00700
	Sin mastitis Subclínica	38	-,5823	,04491	,00729

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Punto de congelación(-* C) Mastitis Subclínica	Se asumen varianzas iguales	,074	,786	4,976	74	,000	,05029	,01011	,03015	,07043
	No se asumen varianzas iguales			4,976	73,886	,000	,05029	,01011	,03015	,07043

*Resultado1 [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

Pruebas no paramétricas

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de pH Mastis Subclínica es la misma entre categorías de Efecto de la Mastitis Subclínicas.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,002	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes

pH Mastis Subclínica entre Efecto de la Mastitis Subclínicas

Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes

N total	76
U de Mann-Whitney	418,500
W de Wilcoxon	1159,500
Estadístico de prueba	418,500
Error estándar	96,168
Estadístico de prueba estandarizado	-3,156
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,002

Prueba U de Mann-Whitney para muestras ...

Efecto de la Mastitis Subclínicas

Con mastitis Subclínica	Sin mastitis Subclínica
8.00	18.00

Resultado [documentos] - IBM SPSS Statistics v19.0

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Registro
- Pruebas no paramétricas
 - Título
 - Notas
 - Conjunto de datos
 - Resumen de contenidos
 - Prueba U de Mann-Whitney
 - Título
 - Densidad (gr)
 - Título
 - Resumen
 - Prueba U
 - Información de caso
 - Información de caso
- Registro
- Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Estadísticas de grupo
 - Prueba de muestra
- Registro
- Pruebas no paramétricas
 - Título
 - Notas
 - Resumen de contenidos
 - Prueba U de Mann-Whitney
 - Título
 - pH Mastitis Subclínica
 - Título
 - Resumen
 - Prueba U
 - Información de caso
 - Información de caso
- Registro
- Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Estadísticas de grupo
 - Prueba de muestra

0

Con mastitis Subclínica Sin mastitis Subclínica

Efecto de la Mastitis Subclínicas

T-TEST GROUPS=Efect_mat_subclini(1 2)
 /MISSING=ANALYSIS
 /VARIABLES=conducti
 /CRITERIA=CI (.95).

→ Prueba T

Estadísticas de grupo

	Efecto de la Mastitis Subclínicas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Conductividad Mastis Subclínica	Con mastitis Subclínica	38	5,5832	,52728	,08554
	Sin mastitis Subclínica	38	5,3639	,31077	,05041

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas	prueba t para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Conductividad Mastis Subclínica	Se asumen varianzas iguales	2,687	,105	2,208	74	,030	,21921	,09929	,02138	,41704
	No se asumen varianzas iguales			2,208	59,937	,031	,21921	,09929	,02060	,41782

*Resultado1 [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

→ **Pruebas no paramétricas**

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Grasa(%) Mastitis Subclínica es la misma entre categorías de Efecto de la Mastitis Subclínicas.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,003	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes

Grasa(%) Mastitis Subclínica entre Efecto de la Mastitis Subclínicas

Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes

N total	76
U de Mann-Whitney	439,500
W de Wilcoxon	1180,500
Estadístico de prueba	439,500
Error estándar	96,243
Estadístico de prueba estandarizado	-2,935
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,003

Prueba U de Mann-Whitney para muestras ...

	Efecto de la Mastitis Subclínicas Con mastitis Subclínica	Sin mastitis Subclínica
N = 38	N = 38	N = 38
Rango promedio = 45.93	Rango promedio = 31.07	

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Pruebas no paramétricas

Prueba U de Mann-Whitney

Prueba T

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

prueba t para la igualdad de medias

		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Conductividad Mastitis Subclínica	Se asumen varianzas iguales	2,687	,105	2,208	74	,030	,21921	,09929	,02138	,41704
	No se asumen varianzas iguales			2,208	59,937	,031	,21921	,09929	,02060	,41782

T-TEST GROUPS=Efect_mat_subclini(1 2)
 /MISSING=ANALYSIS
 /VARIABLES=sng
 /CRITERIA=CI (.95).

Efectúe una doble pulsación para activar

➔ Prueba T

Estadísticas de grupo

Efecto de la Mastitis Subclínicas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
SNG(%) Mastitis Subclínica	38	8,1429	,77123	,12511
Sin mastitis Subclínica	38	9,0000	,76823	,12462

Prueba de muestras independientes

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

prueba t para la igualdad de medias

		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
SNG(%) Mastitis Subclínica	Se asumen varianzas iguales	,121	,728	-4,854	74	,000	-,85711	,17659	-1,20897	-,50525
	No se asumen varianzas iguales			-4,854	73,999	,000	-,85711	,17659	-1,20897	-,50524

*Resultado1 [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
SNG(%) Mastis Subclinica	Se asumen varianzas iguales	,121	,728	-4,854	74	,000	-,85711	,17659	-1,20897	-,50525
	No se asumen varianzas iguales			-4,854	73,999	,000	-,85711	,17659	-1,20897	-,50524

prueba t para la igualdad de medias

T-TEST GROUPS=Efect_mat_subclini(1 2)
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=lactosa
/CRITERIA=CI(.95).

→ Prueba T

Estadísticas de grupo

Efecto de la Mastitis Subclínicas		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Lactosa(%) Mastis Subclinica	Con mastitis Subclínica	38	4,4774	,42466	,06889
	Sin mastitis Subclínica	38	4,9476	,42218	,06849

Prueba de muestras independientes

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Lactosa(%) Mastis Subclinica	Se asumen varianzas iguales	,114	,737	-4,841	74	,000	-,47026	,09714	-,66382	-,27671
	No se asumen varianzas iguales			-4,841	73,997	,000	-,47026	,09714	-,66382	-,27671

prueba t para la igualdad de medias

Resultado1 [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Pruebas no paramétricas

Pruebas no paramétricas

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Sales(%) Mastitis Subclínica es la misma entre categorías de Efecto de la Mastitis Subclínicas.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000	Rechaza la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes

Sales(%) Mastitis Subclínica entre Efecto de la Mastitis Subclínicas

Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes

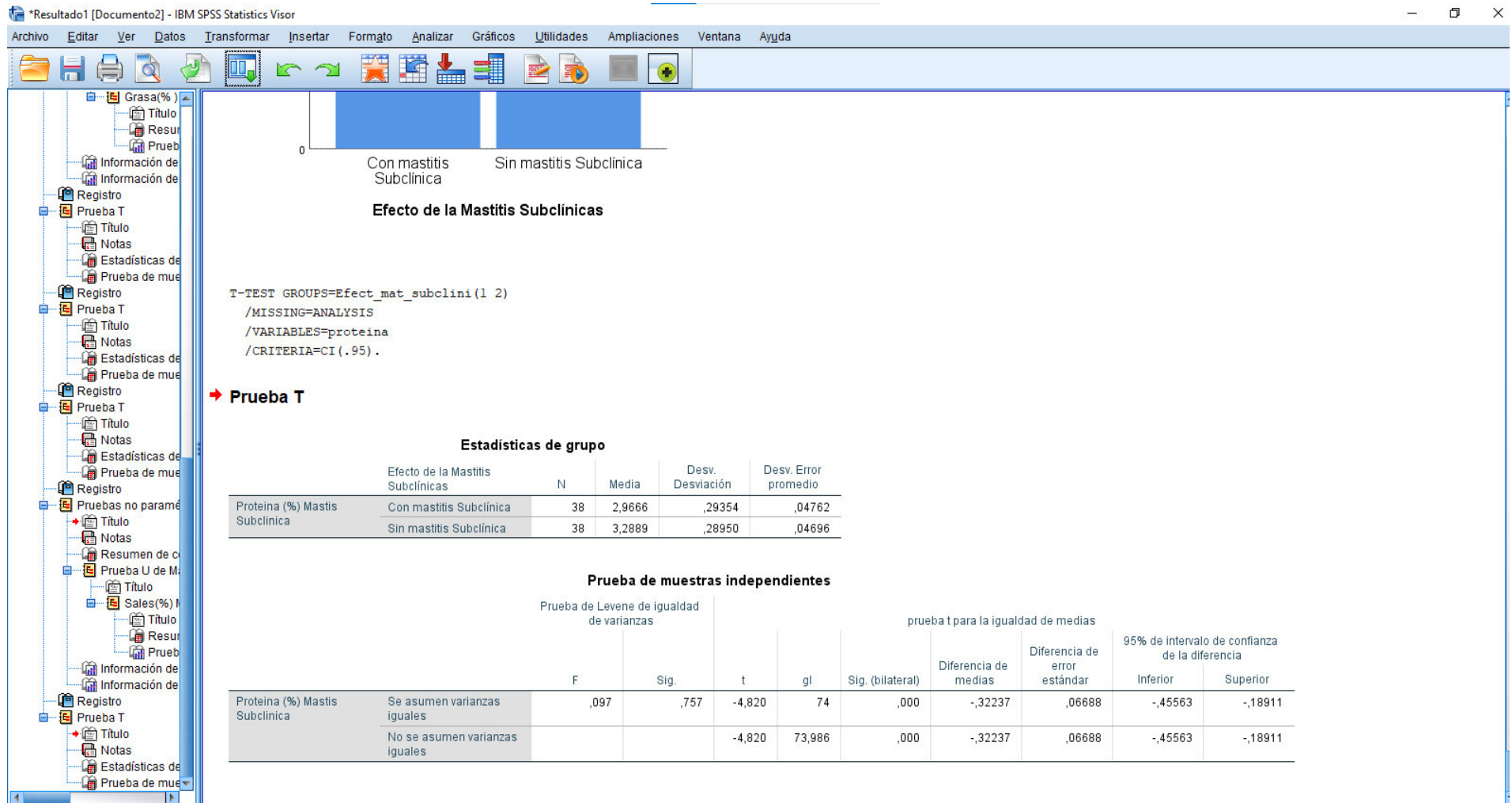
N total	76
U de Mann-Whitney	1157,000
W de Wilcoxon	1898,000
Estadístico de prueba	1157,000
Error estándar	95,912
Estadístico de prueba estandarizado	4,535
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Prueba U de Mann-Whitney para muestras ...

Efecto de la Mastitis Subclínicas

	Con mastitis Subclínica	Sin mastitis Subclínica	
1,20	N = 38 Rango promedio = 27,05	N = 38 Rango promedio = 49,95	1,20

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode:ON



SPSS Statistics 20.0.0.0 - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Registro Prueba T Título Notas Estadísticas de Prueba de mue...

Registro Prueba T Título Notas Estadísticas de Prueba de mue...

Registro Prueba T Título Notas Estadísticas de Prueba de mue...

Registro Pruebas no paramé... Título Notas Resumen de c... Prueba U de M... Título Sales (%) Mastis Subclínica Título Resur... Prueb... Información de Información de

Registro Prueba T Título Notas Estadísticas de Prueba de mue...

Registro Prueba T Título Notas Estadísticas de Prueba de mue...

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Proteína (%) Mastis Subclínica	Se asumen varianzas iguales	,097	,757	-4,820	74	,000	-,32237	,06688	-,45563	-,18911
	No se asumen varianzas iguales			-4,820	73,986	,000	-,32237	,06688	-,45563	-,18911

prueba t para la igualdad de medias

Efectúe una doble pulsación para activar

T-TEST GROUPS=Efect_mat_subclini(1 2)
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=solidos_totales
/CRITERIA=CI(.95).

→ Prueba T

Estadísticas de grupo

Efecto de la Mastitis Subclínicas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Solidos totales (%) Con mastitis Subclínica	38	14,1195	2,29521	,37233
Mastis Subclínica Sin mastitis Subclínica	38	13,3308	1,94520	,31555

Prueba de muestras independientes

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Solidos totales (%) Mastis Subclínica	Se asumen varianzas iguales	,135	,715	1,616	74	,110	,78868	,48806	-,18380	1,76117
	No se asumen varianzas iguales			1,616	72,063	,110	,78868	,48806	-,18424	1,76160

**Anexo 7: Resultados estadísticos de comparación promedio y desviación estándar (DE)
de las propiedades fisicoquímicas**

	Efecto de la Mastitis Subclínicas					P valor
	n	Con mastitis Subclínica		Sin mastitis Subclínica		
		Media	DE	Media	DE	
Densidad (g/ml)	38	1.0258	0.0050	1.0305	0.0007	0.000**
Punto de congelación (-°C)	38	-0.5320	0.00700	-0.5823	0.00729	0.000*
Conductividad eléctrica (mS/cm)	38	5.5832	0.08554	5.3639	0.05041	0.031*
pH	38	7.3613	0.02023	7.2876	0.01743	0.002**
Grasa (%)	38	5.9766	0.46121	4.3266	0.39151	0.003**
SNG (%)	38	8.1429	0.12511	9.0000	0.12462	0.000**
Lactosa (%)	38	4.4774	0.06889	4.9476	0.06849	0.000**
Sales (%)	38	0.6789	0.00885	0.7303	0.01750	0.000**
Proteína (%)	38	2.9666	0.04762	3.2889	0.04696	0.000**
Solidos totales (%)	38	14.1195	0.37233	13.3308	0.31555	0.110
RCS (CS/mL)	38	328421.05	15106.056	5068.21	6514.685	0.000**

n: Numero de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: probabilidad

*: Significativo $\alpha = 0.05$

** : Significativo $\alpha = 0.01$

Anexo 8: Resultados estadísticos de comparación promedio y desviación estándar (DE) de las propiedades fisicoquímicas por cuanto

mamario

Estadísticos																				
Cuarto Mamario																				
AD					AI					PD					PI					
Efecto de la Mastitis Subclínicas					Efecto de la Mastitis Subclínicas					Efecto de la Mastitis Subclínicas					Efecto de la Mastitis Subclínicas					
Con mastitis Subclínica		Sin mastitis Subclínica			Con mastitis Subclínica		Sin mastitis Subclínica			Con mastitis Subclínica		Sin mastitis Subclínica			Con mastitis Subclínica		Sin mastitis Subclínica			
N	Media	DE	Media	DE	N	Media	DE	Media	DE	N	Media	DE	Media	DE	N	Media	DE	Media	DE	
densidad (g/ml)	7	1.0251	0.0022	1.0317	0.0009	10	1.0272	0.0012	1.0320	0.0009	12	1.0255	0.0016	1.0295	0.0016	9	1.0251	0.0019	1.0293	0.0192
Punto de congelación (-°C)	7	-0.5346	0.01753	-0.5824	0.01082	10	-0.5317	0.01181	-0.5975	0.01415	12	-0.5340	0.01227	-0.5816	0.01440	9	-0.5276	0.01802	-0.5661	0.01652
Conductividad eléctrica (mS/cm)	7	5.4743	0.19781	5.2614	0.07005	10	5.8570	0.16574	5.4350	0.09067	12	5.4667	0.16921	5.2992	0.09568	9	5.5189	0.13738	5.4511	0.12781
pH	7	7.3486	0.01945	7.3386	0.05978	10	7.3240	0.03691	7.2940	0.04497	12	7.3742	0.04171	7.2633	0.01671	9	7.3956	0.04992	7.2733	0.02068
Grasa (%)	7	6.7243	1.29209	3.7714	0.73250	10	4.7510	0.69648	3.6560	0.36999	12	6.2892	0.91655	5.0317	0.90266	9	6.3400	0.85889	4.5633	0.91272
SNG (%)	7	8.1143	0.32823	9.0543	0.18515	10	8.2500	0.19168	9.2750	0.20714	12	8.1433	0.22905	8.9217	0.24755	9	8.0456	0.31281	8.7567	0.31320
Lactosa (%)	7	4.4614	0.18147	4.9771	0.10202	10	4.5360	0.10530	5.0990	0.11371	12	4.4783	0.12648	4.9050	0.13645	9	4.4233	0.17150	4.8133	0.17147
Sales (%)	7	0.6786	0.02304	0.7457	0.01360	10	0.6830	0.01430	0.7620	0.01611	12	0.6808	0.01598	0.7383	0.01770	9	0.6722	0.02210	0.6722	0.06618
Proteína (%)	7	2.9514	0.12580	3.3114	0.07022	10	3.0130	0.07223	3.3920	0.07639	12	2.9642	0.08756	3.2567	0.09379	9	2.9300	0.11823	3.2000	0.11867
Sólidos totales (%)	7	14.8386	1.03397	12.8257	0.63794	10	13.0010	0.61157	12.9470	0.35394	12	14.4325	0.73990	13.9533	0.75666	9	14.3856	0.60261	13.3200	0.62526
RCS (CS/mL)	7	259857.14	22154.682	42571.43	9198.491	10	345800.00	22825.814	55200.00	17294.701	12	351000.00	29079.567	58500.00	10544.638	9	332333.33	37179.744	41555.56	13109.699

N: Numero de cuartos mamaros

DE: Desviación estándar

AD: Anterior derecho

AI: Anterior izquierdo

AD: Anterior derecho

Se han analizado las propiedades físicas de la leche en vacas tanto con mastitis subclínica como en vacas sanas, desglosando los resultados por cuarto mamario (consultar Tablas). Comparación de propiedades físicas de la leche, con y sin mastitis subclínica en vacas Brown Swiss, cuarto mamario AD

Propiedades físicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
Densidad (g/mL)	7	1.0251	0.0022	1.0317	0.0009	0.026*
Punto de congelación (-°C)	7	-0.535	0.018	-0.582	0.011	0.039*
Conductividad eléctrica (mS/cm)	7	5.47	0.20	5.26	0.07	0.330

n: Numero de cuartos mamaros

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

*: Significativo $\alpha = 0.05$

En esta tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario AD, tiene efecto significativo sobre la densidad y punto de congelación de la leche ($p < 0.05$). No habiendo diferencias en conductividad eléctrica.

Los valores de densidad (g/ml) y punto de congelación (-°C) para la leche con mastitis subclínica fueron: 1.0251 y -0.535 respectivamente. Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fueron: 1.0317 y -0.582 consecutivamente.

Comparación de propiedades físicas de la leche, con y sin mastitis subclínica en vacas Brown Swiss, cuarto mamario AI

Propiedades físicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
Densidad (g/mL)	10	1.0272	0.0012	1.0320	0.0009	0.001**
Punto de congelación (-°C)	10	-0.532	0.012	-0.598	0.014	0.002**
Conductividad eléctrica (mS/cm)	10	5.86	0.17	5.44	0.09	0.038*

n: Numero de cuartos mamaros

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

*: Significativo $\alpha = 0.05$

** : Significativo $\alpha = 0.01$

En la tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario (AI), tiene efecto altamente significativo sobre la densidad y el punto de congelación de la leche ($p < 0.05$).

Los valores de densidad (g/ml), punto de congelación ($^{\circ}\text{C}$) y conductividad para la leche con mastitis subclínica fueron: 1.0272; -0.532 y 5.86 respectivamente. Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fueron: 1.0320; -0.598 y 5.44 correspondientemente.

Propiedades físicas de la leche de vacas con y sin mastitis subclínica, Cuarto mamario PD

Propiedades físicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
Densidad (g/ml)	12	1.0255	0.0016	1.0295	0.0016	0.052
Punto de congelación ($^{\circ}\text{C}$)	12	-0.534	0.012	-0.582	0.014	0.020*
Conductividad eléctrica (mS/cm)	12	5.47	0.17	5.30	0.10	0.398

n: Numero de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

*: Significativo $\alpha = 0.05$

En la tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario PD, tiene efecto significativo sobre el punto de Congelación de la leche ($p < 0.05$). No habiendo diferencias en la densidad y conductividad.

Los valores de punto de congelación ($^{\circ}\text{C}$) para la leche con mastitis subclínica fue: -0.534.

Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fue: -0.582 y correspondientemente.

Efecto de la mastitis subclínica en las propiedades físicas según Cuarto mamario PI

Propiedades físicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
Densidad (g/ml)	9	1.0251	0.0019	1.0293	0.0192	0.094
Punto de congelación ($^{\circ}\text{C}$)	9	-0.528	0.018	-0.566	0.017	0.134
Conductividad eléctrica (mS/cm)	9	5.52	0.14	5.45	0.13	0.723

n: Numero de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

En la tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario PI, no tiene efecto sobre las propiedades físicas de la leche ($p > 0.05$). Los valores de punto de densidad (g/ml), punto de congelación ($^{\circ}\text{C}$) y conductividad para la leche con mastitis subclínica fueron: 1.0251; -0.528;

y 5.52 correspondientemente. Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fueron: 1.0293; -0.566; y 5.45 respectivamente.

Propiedades químicas de la leche de vacas con y sin mastitis subclínica, cuarto mamario AD

Propiedades químicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
pH	7	7.35	0.02	7.34	0.06	0.318
Grasa (%)	7	6.72	1.29	3.77	0.73	0.038*
SNG (%)	7	8,11	0,33	9,05	0,19	0.028*
Lactosa (%)	7	4.46	0.18	4.98	0.10	0.029*
Sales minerales (%)	7	0.68	0.02	0.75	0.01	0.053
Proteína (%)	7	2.95	0.13	3.31	0.07	0.028*
Solidos totales (%)	7	14.84	1.03	12.83	0.64	0.123

n: Numero de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

*: Significativo $\alpha = 0.05$

En la tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario AD, tiene efecto sobre las propiedades químicas de la leche ($p < 0.05$). No habiendo diferencias en pH y en % de sales minerales y solidos totales.

Los valores de grasas (%), SNG (%), lactosa (%) y proteína (%) para la leche con mastitis subclínica fueron: 6.72; 8.11; 4.46 y 2.95 respectivamente. Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fueron: 3.77; 9.05; 4.98 y 3.31 respectivamente.

Propiedades químicas de la leche de vacas con y sin mastitis subclínica, cuarto mamario AI

Propiedades químicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
pH	10	7.32	0.04	7.29	0.04	0.353
Grasa (%)	10	4.75	0.70	3.66	0.37	0.280
SNG (%)	10	8.25	0.19	9.28	0.21	0.002**
Lactosa (%)	10	4.54	0.11	5.10	0.11	0.002**
Sales minerales (%)	10	0.68	0.01	0.76	0.02	0.001**
Proteína (%)	10	3.01	0.07	3.39	0.08	0.002**
Solidos totales (%)	10	13.00	0.61	12.95	0.35	0.940

n: Numero de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

** : Significativo $\alpha = 0.01$

En la tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario AI, tiene efecto sobre el contenido de solidos no grasos, lactosa, sales minerales y proteína de la leche ($p < 0.05$). No habiendo diferencias en pH, el % de grasa y solidos totales.

Los valores de SNG (%), lactosa (%), sales minerales (%) y proteína (%) para la leche con mastitis subclínica fueron: 8.25; 4.54; 0.68 y 3.01 respectivamente. Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fueron: 9.28; 5.10; 0.76 y 3.39 consecutivamente.

Propiedades químicas de la leche de vacas con y sin mastitis subclínica, cuarto mamario PD.

Propiedades químicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
pH	12	7.37	0.04	7.26	0.02	0.008**
Grasa (%)	12	6.29	0.92	5.03	0.90	0.242
SNG (%)	12	8.14	0.23	8.92	0.25	0.031*
Lactosa (%)	12	4.48	0.13	4.91	0.14	0.032*
Sales minerales (%)	12	0.68	0.02	0.74	0.02	0.017*
Proteína (%)	12	2.96	0.09	3.26	0.09	0.033*
Solidos totales (%)	12	14.43	0.74	13.95	0.76	0.655

n: Numero de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

*: Significativo $\alpha = 0.05$

En la tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario PD, tiene efecto sobre el pH, en el contenido de SNG, lactosa, sales minerales y proteína de la leche ($p < 0.05$). No habiendo diferencias en el % de grasa y solidos totales. Los valores de pH, SNG (%), lactosa (%), sales minerales (%) y proteína (%) para la leche con mastitis subclínica fueron: 7.37; 8.14; 4.48; 0.68 y 2.96 respectivamente. Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fueron: 7.26; 8.92; 4.91; 0.74 y 3.26 correspondientemente.

Propiedades químicas de la leche de vacas con y sin mastitis subclínica, cuarto mamario PI

Propiedades químicas	Con mastitis Subclínica			Sin mastitis Subclínica		P valor
	n	Media	DE	Media	DE	
pH	9	7.40	0.05	7.27	0.02	0.063
Grasa (%)	9	6.34	0.86	4.56	0.91	0.161
SNG (%)	9	8.05	0.31	8.76	0.31	0.128
Lactosa (%)	9	4.42	0.17	4.81	0.17	0.127
Sales minerales (%)	9	0.67	0.02	0.67	0.07	0.161
Proteína (%)	9	2.93	0.12	3.20	0.12	0.127
Solidos totales (%)	9	14.39	0.60	13.32	0.63	0.238

n: Numero de cuartos mamarios

DE: Desviación estándar

P valor: Probabilidad

En la tabla, se observa que, la mastitis subclínica en el cuarto mamario PI, no tiene efecto sobre las propiedades químicas de la leche ($p>0.05$).

Los valores de pH, grasa (%), SNG (%), lactosa (%), sales minerales (%), proteína (%) y sólidos totales (%) para la leche con mastitis subclínica fueron: 7.40; 6.34; 8.05; 4.42; 0.67; 2.93 y 14.39 respectivamente. Mientras que para la leche sin mastitis subclínica fueron: 7.27; 4.56; 8.76; 4.81; 0.67; 3.20 y 13.32 correspondientemente.