



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL
MAESTRÍA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**IDENTIFICACIÓN DE AGENTES BACTERIANOS CAUSANTES DE MASTITIS EN UNA GRANJA
CAPRINA EN LA LOCALIDAD DE TEQUISQUIAPAN, QUERÉTARO**

DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PRESENTA:

M.V.Z MARIBEL ESPERANZA LÓPEZ MARTÍNEZ

TUTOR PRINCIPAL

M.V.Z. MC. YAZMÍN IVONNE ARRIAGA AVILÉS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

MIEMBROS COMITÉ TUTOR

DRA. ROCÍO ANGÉLICA RUÍZ ROMERO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DR. VÍCTOR MANUEL DÍAZ SANCHEZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. ABRIL, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A las dos personas más importantes de mi vida,
gracias por estar conmigo en cada paso que doy.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología (CONAHCYT) por su apoyo para la realización de este proyecto.

A la FMVZ-UNAM, por haberme permitido formarme como profesionista, desde la licenciatura hasta el posgrado. Así como también a los diferentes médicos que durante los dos años de maestría, me compartieron sus conocimientos con la mejor disposición. Al departamento de Rumiantes, principalmente al Laboratorio de Enseñanza e Investigación por abrirme las puertas para la realización de este proyecto. A la FMVZ-UAQ Campus Amazcala por prestarme sus instalaciones para el procesamiento de las muestras.

Al MVZ Abel Manuel Trujillo, por abrirme las puertas (una vez más) de Granja del Carmen; sobre todo, gracias por siempre tener la mejor disposición para compartir de su experiencia en el mundo de las cabras.

A mi tutora, la MVZ Yazmín Ivonne Arriaga Avilés y a los miembros del comité tutor la Dr. Rocío Angélica Ruiz Romero y el Dr. Victor Manuel Díaz Sanchez, por sus aportaciones durante la realización de este proyecto.

Finalmente, pero no menos importante, a los miembros del jurado, a la Dra. Angélica María Terrazas García, M. en C. Alan Olazabal Fenochio y a la MVZ. MEP Erika Georgina Hernández Rojas, por sus comentarios y correcciones.

ÍNDICE

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. Marco Teórico	13
1.1. Producción de leche caprina	13
1.2. Características de la leche caprina	13
1.2.1. Grasa	15
1.2.2. Proteína	15
1.2.3. Carbohidratos	16
1.3. Mastitis	16
1.3.1. Mastitis clínica	16
1.3.2. Mastitis subclínica	17
1.4. Agentes etiológicos	18
1.4.1. <i>Staphylococcus spp</i>	18
1.4.2. <i>Streptococcus spp</i>	19
1.5. Factores predisponentes	20
1.5.1. Estado de lactación	20
1.5.2. Infecciones virales	20
1.5.3. Conformación de la glándula mamaria	21
1.5.4. Higiene e instalaciones	22
1.5.5. Ordeño y máquina de ordeño	22
1.6. Transmisión	24
1.7. Diagnóstico	25
1.7.1. Examen físico	25
1.7.2. Evaluación visual de la leche	25
1.7.3. Conteo de células somáticas	26
1.7.4. Prueba de California	26
1.7.5. Evaluación bacteriológica	27

1.8. Tratamiento	28
1.9. Prevención y control	29
Justificación	31
Objetivos	31
Objetivo general	31
Objetivos específicos	31
Hipótesis	32
2. Materiales y Métodos	33
2.1. Lugar de trabajo	33
2.2. Cabras seleccionadas y toma de muestras	33
2.3. Prueba de California	34
2.4. Análisis fisicoquímico	34
2.4.1. Lactoscan MCC [®]	34
2.5. Conteo de células somáticas	35
2.5.1. Ekomilk Scan [®]	35
2.6. Análisis bacteriológico	35
2.7. Análisis estadístico	36
2.7.1. Variables	36
2.7.2. Análisis de datos	36
3. Resultados	37
3.1. Análisis bacteriológico	37
3.2. Conteo de células somáticas y prueba de California	37
3.3. Relación análisis bacteriológico con el conteo de células somáticas	39
3.4. Características fisicoquímicas de la leche	39
4. Discusión	41
5. Conclusiones	44
Referencias	45
Anexos	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores promedio de los principales nutrientes presentes en la leche de cabra	14
Cuadro 2. Propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra en comparación con la de vaca	14
Cuadro 3. Valores para el equipo de ordeña en cabras lecheras	24
Cuadro 4. Interpretación de la prueba de California con respecto al conteo de células somáticas por mL de leche	27
Cuadro 5. Descripción de las puntuaciones de la prueba de California realizada a las cabras del estudio	39
Cuadro 6. Número de observaciones, media \pm desviación estándar del contenido (%) de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conteo de Células Somáticas (%) por mL de leche evaluada mediante Ekomilk Scan®	38
Figura 2. Representación (%) de las puntuaciones obtenidas en la prueba de California	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de resultados para la prueba de California	50
Anexo 2. Identificación bacteriana mediante tinción de gram y pruebas bioquímicas	50
Anexo 3. Resultados de las pruebas bioquímicas obtenidas al usar el sistema Api-Staph®	51

ABREVIACIONES

AGCC: Ácidos grasos de cadena corta.

AGCL: Ácidos grasos de cadena larga.

AG: Ácidos grasos.

CCS: Conteo de células somáticas.

CMT: Prueba de California.

SCN: *Staphylococcus* coagulasa-negativo.

SCP: *Staphylococcus* coagulasa-positivo.

TGA: Triacilglicéridos

RESUMEN

La inflamación de la glándula mamaria se denomina mastitis; se caracteriza por cambios físicos, químicos, bacteriológicos y patológicos. La leche de cabra está compuesta por grasa (3.8%), proteína (3.5%), lactosa (4.1%) y sólidos totales (12.2%). La mastitis representa pérdidas económicas debido a la disminución en la producción y desecho de leche. En pequeños rumiantes, la presentación subclínica es la más común, con una prevalencia de 9-50%. Los *Staphylococcus* son las bacterias comúnmente identificadas, destacando los *S. coagulasa-negativo*. El diagnóstico recae sobre la identificación bacteriana y el conteo de células somáticas (CCS). El objetivo del estudio fue identificar las bacterias presentes en muestras de leche de cabra, el CCS mediante la Prueba de California (CMT) y Ekomilk Scan® y la evaluación fisicoquímica con Lacto Scan MCC®. Se trabajó con 20 cabras de la raza Alpino Francés y Toggenburg, ubicadas en Tequisquiapan, México. Las bacterias identificadas fueron *S. chromogenes* y *S. warneri*. Se encontró una asociación estadística entre el crecimiento bacteriano y la CMT ($P < 0.05$). No hubo diferencia estadística entre el CCS por Ekomilk Scan® y los resultados de la CMT ($P > 0.05$); al igual que no hubo variaciones entre los componentes de la leche ($P > 0.05$).

Palabras claves: Mastitis subclínica, Cabras, CMT, *Staphylococcus coagulasa-negativo*, Salud glándula mamaria.

ABSTRACT

Mastitis is a term which refers to inflammation of the mammary gland. Mastitis involves physical, chemical, bacteriological, and pathologic changes. Goat milk contains fat (3.8%), protein (3.5%), lactose (4.1%), and solids-not-fat (12.2%). Mastitis represents economic losses due to the reduction of production and milk waste. Subclinical mastitis is one of the most common forms in small ruminants. Prevalence rates range from 9 to 50%. *Staphylococci* are commonly isolated, especially *Staphylococci coagulase-negative*. Diagnosis is based on bacteriological identification and somatic cell count. This work goal was the bacteriological identification in goat milk samples, somatic cell count with California Mastitis Test and Ekomilk Scan[®], and physico-chemical evaluation with Lactoscan MCC[®]. This study employs 20 goats of French Alpine and Toggenburg breeds; the flock is in Tequisquiapan, México. *S. chromogenes* and *S. warneri* were the bacterial agents isolated in milk samples. An association was found between bacteriological growth and the California Mastitis Test result ($P < 0.05$). However, there was no correlation between the California Mastitis Test and Ekomilk Scan[®] results ($P > 0.05$). Milk components weren't altered ($P > 0.05$).

Keywords: Subclinical mastitis, Goats, CMT, *coagulase-negative Staphylococci*, Udder health.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche de cabra ha ido ganando terreno en los últimos años (Amigo & Fontecha, 2022); en México, en la última década, la producción de leche de cabra pasó de 150 toneladas a un poco más de 166 toneladas al año (FAO, 2021). Factores como la producción para el autoconsumo, el aumento en la demanda de subproductos y el interés en los beneficios a la salud asociados a su consumo han favorecido el incremento de dicha producción (Amigo & Fontecha, 2022).

Los principales componentes de la leche son grasa, proteína, lactosa y sólidos totales. En promedio, la leche de cabra está compuesta por 3.8% de grasa, 3.5% de proteína, 4.1% de lactosa y 12.2% de sólidos totales (Amigo & Fontecha, 2022); sin embargo, dichos valores pueden presentar variaciones asociadas a la raza, alimentación, factores ambientales, etapa de lactación, parto, estación del año y salud de la glándula mamaria (Amigo & Fontecha, 2022; Bidot, 2017).

Para asegurar la producción de leche de calidad, es esencial mantener un buen estado de salud dentro del rebaño (Mendoza López et al., 2018); la mastitis es una enfermedad importante que tiene un impacto económico, asociado a los cambios físicos y químicos en la leche, además de los cambios en la glándula mamaria (Singh et al., 2018); es frecuente que las producciones sufran pérdidas debido a la falta de un diagnóstico integral y oportuno (Mendoza López et al., 2018).

La mastitis es resultado de la inflamación de la glándula mamaria; siendo las infecciones intramamarias la causa más común, convirtiéndola en una enfermedad prevalente en los hatos lecheros (Ferreira et al., 2013). Comúnmente se clasifica en mastitis clínica y subclínica; la mastitis clínica se caracteriza por la presencia de signos clínicos y alteraciones en la leche, mientras que la mastitis subclínica presenta una infección intramamaria sin signos clínicos, a menudo acompañada por un incremento en el conteo de células somáticas (CCS) (Marogna et al., 2012); las células somáticas (CS) son células presentes de manera

normal en la leche, provenientes del tejido secretor mamario (células epiteliales) y de los leucocitos. Dichas células son usadas para la evaluación de la salud de la glándula mamaria y la calidad de la leche (Alhussien & Dang, 2018). La incidencia de mastitis clínica en pequeños rumiantes es menor del 5% (Plummer & Plummer, 2012); en el caso de la mastitis subclínica, se estima que la prevalencia ronda entre 9 – 50% (Marogna et al., 2012).

La mastitis subclínica es la presentación más común en cabras, la detección de animales positivos recae sobre el análisis bacteriológico. Son varios los agentes patógenos que se pueden encontrar involucrados; los *Staphylococcus* (*S. aureus* y *S. coagulasa-negativo*) es el principal género identificado en casos de mastitis en pequeños rumiantes (Ferreira et al., 2013), no obstante, también se ha llegado a identificar la presencia de *Streptococcus* spp, Coliformes (*Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*), *Pseudomonas aeruginosa*, *Mannheimia haemolytica* y *Mycoplasma* spp (Menzies, 2021).

El CCS es una herramienta diagnóstica que se ha utilizado debido a que ayuda a evidenciar la presencia de células en la leche, tales como leucocitos y células epiteliales (De Souza et al., 2012). La prueba de California (CMT) es un método diagnóstico cualitativo que requiere el uso de un reactivo compuesto por un detergente (alquil aril sulfonato de sodio) y un indicador de pH (púrpura de bromocresol); la reacción se produce al momento de mezclar leche con el reactivo; la lisis celular permite la liberación de ADN y proteínas, resultando en un cambio visible en la viscosidad (Adkins & Middleton, 2018).

El presente estudio tiene como objetivo general la identificación de los agentes bacterianos presentes en leche de cabra asociados a problemas de mastitis en una unidad de producción en Tequisquiapan, Querétaro.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA

El inventario nacional caprino en México asciende a cerca de 8.7 millones de cabezas; que producen más de 166 toneladas de leche (SIAP, 2021); siendo la Alpina Francesa, Toggenburg y Saanen las principales razas lecheras (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017). En México, la producción de leche se localiza principalmente en zonas áridas y semiáridas del país (La Laguna, centro y El Bajío), donde el cabrito es considerado como un subproducto (Zamora et al., 2021). La crianza de ganado caprino es rentable por la obtención de carne destinada a venta y consumo, mientras que la producción de leche es destinada para su consumo y transformación en subproductos (queso y dulces) (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017).

Actualmente, la producción de cabras sigue asociada a la subsistencia, sin embargo, el sector empresarial dedicado a la producción de leche es cada vez mayor (Andrade-Montemayor, 2017); es decir, la cabra aporta una fuente de ingresos para estas regiones, favoreciendo el incremento en la producción de leche y su transformación (Zamora et al., 2021).

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE CAPRINA

La producción de leche de cabra ha ido ganando terreno en los últimos años; datos oficiales de la FAO (2021) indican que, en la última década, en México, la producción de leche de cabra pasó de 150 toneladas a un poco más de 166 toneladas al año, debido a factores como la producción para el autoconsumo, el aumento en la demanda de subproductos, especialmente quesos, el consumo por grupos de personas con intolerancia a los lácteos de origen bovino, aunado al interés en los beneficios a la salud. Para la industria láctea caprina es importante conocer la calidad y medir los parámetros fisicoquímicos, la leche debe de

ser de buena calidad, ya sea para el consumo como leche fluida o para su transformación en subproductos (Amigo & Fontecha, 2022; Bidot, 2017).

La leche es el producto obtenido a través de la glándula mamaria; es rica en nutrientes y fácil de contaminar si no se obtiene de forma inocua. En general, la leche de cabra es un líquido de color blanco mate, ligeramente viscoso, cuya composición y características fisicoquímicas varían; dichas variaciones se deben a factores como raza, alimentación, medio ambiente, periodo de lactación, parto, estacionalidad y estado de salud de la glándula mamaria. La grasa, proteína, carbohidratos y sólidos totales son componentes básicos de la leche, en el *Cuadro 1* se encuentran los valores de referencia para la leche caprina. En el *Cuadro 2* se muestra la comparación entre la leche de cabra y vaca con respecto a los valores de densidad, viscosidad, punto de congelación y pH (Amigo & Fontecha, 2022; Bidot, 2017; Turkmen, 2017;).

Cuadro 1. Valores promedio de los principales nutrientes presentes en la leche de cabra.
(tomado de Amigo & Fontecha, 2022)

COMPOSICIÓN	VALORES PROMEDIO	RANGO
Grasa (%)	3.8	2.46 – 7.76
Proteína (%)	3.4	2.49 – 5.06
Lactosa (%)	4.1	3.62 – 6.30
Sólidos totales (%)	12.2	9.95 – 21.5

Cuadro 2. Propiedades físicas de la leche de cabra en comparación con la de vaca.
(tomado de Amigo & Fontecha, 2022)

PROPIEDADES	CABRA	VACA
Gravedad específica (Densidad)	1.029 – 1.039	1.0231 – 1.0398
Viscosidad	2.12	2.0
Punto de congelación (°C)	0.540 – 0.573	0.530 – 0.570
pH	6.5 – 6.8	6.65 – 6.71

1.2.1. Grasa

La grasa es el componente más importante en términos de costo, nutrición y características físico-sensoriales de la leche; es la fracción más variable y su síntesis puede verse afectada por factores nutricionales. Los lípidos se encuentran en forma de glóbulos. Una característica importante de la leche de cabra es que dichos glóbulos de grasa son más pequeños que los glóbulos de grasa de la leche de vaca. Los glóbulos de grasa tienen un diámetro promedio de 2.76 μm , característica que representa una ventaja en la digestibilidad y eficiencia en el metabolismo de los lípidos (Amigo & Fontecha, 2022).

La leche de cabra es rica en ácidos grasos de cadena corta (AGCC): caproico (C6:0), caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0) y en ácidos grasos de cadena media (AGCM): ácido laúrico (C12:0); dichos ácidos grasos (AG) son los responsables del sabor característico de los quesos de cabra. Los AGCC representan alrededor del 15 – 18% de los AG totales presentes en la leche; a los AG de cadena corta y media se les atribuye la facilidad en la digestión y absorción de los lípidos en leche; actividad realizada por la enzima lipasa, la cual tiene una mejor efectividad en este tipo de AG (Amigo & Fontecha, 2022; Turkmen, 2017).

1.2.2. Proteína

La caseína es la principal proteína (α_{S1} -CN, α_{S2} -CN, β -CN y κ -caseína), seguida de las proteínas del suero: β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina; las inmunoglobulinas, la albúmina sérica y lactoferrina se encuentran en bajas concentraciones (Turkmen, 2017). En la leche de cabra, las micelas de caseína tienen un tamaño promedio de 260 μm ; la β -caseína representa la mayor fracción con el 54.8% de la caseína total, mientras que la α -caseína representa tan solo el 5.6%; sin embargo, la proporción de los cuatro tipos de caseína varía ampliamente entre individuos debido a la variabilidad genética de la proteína (Amigo & Fontecha, 2022; Turkmen, 2017).

1.2.3. Carbohidratos

La lactosa es el principal carbohidrato presente en la leche (4.1% - 4.7%); su contenido es menor en leche caprina en comparación con la de vaca aproximadamente entre 0.2 – 1%. La lactosa es un disacárido formado por glucosa y galactosa; otros carbohidratos que también se encuentran son los oligosacáridos, glicopéptidos, glicoproteínas y nucleótidos; se considera que los oligosacáridos tienen propiedades antigénicas y anti-inflamatorias asociadas a la estimulación del crecimiento de la flora intestinal en recién nacidos; mientras que los nucleótidos son donadores glicosil para la glicosil transferasa en leche y glándula mamaria, además de ser precursores de las glicoproteínas, glicolípidos y oligosacáridos (Amigo & Fontecha, 2022).

1.3. MASTITIS

La mastitis se define como la inflamación de la glándula mamaria, caracterizada por cambios físicos, químicos y bacteriológicos en la leche, además de cambios patológicos en la ubre (Bedolla-Cedeño et al., 2012). Es una enfermedad común, responsable de pérdidas económicas considerables para el productor (Guzmán-Téllez, 2013) debido a la disminución en la producción y desecho de la leche (Bedolla-Cedeño et al., 2012); esta puede dividirse en mastitis clínica o subclínica (Arteche-Villasol et al., 2022).

1.3.1. Mastitis clínica

La mastitis clínica se caracteriza por presentar secreción anormal y signos clínicos en glándula mamaria debido al proceso inflamatorio (Singh et al., 2018); en pequeños rumiantes, la prevalencia de la enfermedad suele ser menor al 5% (Plummer & Plummer, 2012).

Los cambios que se presentan están asociados a la consistencia del tejido, como sería la dureza, fibrosis, abscesos y tamaño de la glándula o en la apariencia de la leche, pudiéndose encontrar grumos, material purulento o cambios de color (Menzies & Ramanoon, 2001).

En los casos subagudos, el cuadro clínico incluye depresión, fiebre que evoluciona a hipotermia, deshidratación, anorexia, inflamación y decoloración de la glándula (Menzies & Ramanoon, 2001); la piel de la glándula afectada pasa de un color rojizo a morado, con una sensación fría al tacto (Menzies & Ramanoon, 2001). En cuanto a la leche, también se presentan alteraciones como serían coágulos, descamaciones, secreciones similares al suero e inclusive puede llegar a tener gas (Bedolla-Cedeño et al., 2012; Menzies & Ramanoon, 2001).

En alrededor del 80% de los casos de mastitis clínica en caprinos, el principal agente involucrado es *Staphylococcus aureus*; sin embargo, también es posible encontrar *Staphylococcus* coagulasa negativos, como *S. epidermidis*, coliformes como *Pseudomonas* spp y *Pasteurella* spp (Menzies & Ramanoon, 2001). El diagnóstico es directo, mediante la examinación clínica (Fragkou et al., 2014).

1.3.2. Mastitis subclínica

Los animales con mastitis subclínica se caracterizan por presentar una infección intramamaria con ausencia de signos clínicos (Arteche-Villasol et al., 2022; Marogna et al., 2012); la mastitis suele persistir entre lactaciones, llegando a pasar desapercibida (Bedolla Cedeño et al., 2012) debido a que solo hay afectación en la producción, acompañada por el incremento de las células somáticas (Marogna et al., 2012). Se estima que la prevalencia en pequeños rumiantes oscila entre el 9 – 50% (Marogna et al., 2012); mientras que, en México, se han reportado prevalencias de entre 20 a 58% (Castro et al., 2022).

Los *Staphylococcus* coagulasa-negativos son los principales agentes asociados a los casos de mastitis subclínica, siendo *S. epidermidis* el más común, seguido por *S. caprae*, *S. simulans*, *S. chromogenes* y *S. xylosus* (Marogna et al., 2012). El diagnóstico es realizado mediante el conteo de células somáticas y la subsecuente identificación de los agentes presentes en la leche (Arteche-Villasol et al., 2022).

1.4. AGENTES ETIOLÓGICOS

Los agentes etiológicos causantes de mastitis en cabras son numerosos, con diferentes capacidades patogénicas y mecanismos de penetración (Bedolla-Cedeño et al., 2012); dichos agentes son similares a los encontrados en bovinos (Machado, 2018).

Considerando la fuente de infección y la vía de transmisión, los agentes se pueden clasificar en contagiosos y ambientales (Machado, 2018). Los contagiosos son transmitidos durante el ordeño, provenientes de glándulas infectadas (Bedolla-Cedeño et al., 2012), los microorganismos penetran la glándula mamaria, ocasionando una respuesta inflamatoria (Machado, 2018); entre los patógenos contagiosos, se encuentra los *Staphylococcus* spp y *Streptococcus* spp (Bedolla-Cedeño et al., 2012; Machado, 2018); por otro lado, los ambientales están presentes en la materia orgánica como tierra, heces, material de cama, agua y aire (Machado, 2018); la infección ocurre durante el periodo entre ordeños, cuando los animales se echan o entran en contacto con dichos materiales (Bedolla-Cedeño et al., 2012); E. coli es el agente más importante de este grupo (Machado, 2018).

En el caso de las cabras, los agentes responsables de los casos de mastitis clínica y subclínica están bien caracterizados (Plummer & Plummer, 2012), siendo los *Staphylococcus* (*S. aureus* y *S. coagulasa-negativo*) el principal género identificado (Ferreira et al., 2013), no obstante, también se ha llegado a identificar la presencia de *Streptococcus* spp, Coliformes (*Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*), *Pseudomonas aeruginosa*, *Mannheimia haemolytica* y *Mycoplasma* spp (Menzies, 2021).

1.4.1. *Staphylococcus* spp

Son cocos Gram positivos con un diámetro aproximado de 1µm; se presentan en agrupaciones en forma de racimos, son anaerobios facultativos, inmóviles, no esporulados, catalasa positiva y oxidasa negativa (Quinn et al., s.f.). Los *Staphylococcus* se clasifican en

dos grupos, dependiendo si producen o no la enzima coagulasa: *Staphylococcus* coagulasa-positivo (SCP) y *Staphylococcus* coagulasa-negativo (SCN) (Bedolla-Cedeño et al., 2012).

Staphylococcus aureus puede ser causante de mastitis subclínicas, crónicas e infecciones de por vida (Arteche-Villasol et al., 2022); es considerado como el agente infeccioso más patógeno para la glándula mamaria (Machado, 2018). Contribuye en la pérdida de leche, disminución de la calidad e infecciones crónicas (Bedolla-Cedeño et al., 2012). A nivel de glándula mamaria, produce una disminución en la actividad secretora, debido a la atrofia de los alvéolos, ocasionada por el daño a las células epiteliales y a la infiltración neutrofílica (Arteche-Villasol et al., 2022); las toxinas ocasionan trombosis vascular, gangrena y desprendimiento del tejido (Machado, 2018).

Los *Staphylococcus* coagulasa-negativo son un grupo amplio de diferentes especies bacterianas, considerados como patógenos menores (Bedolla-Cedeño et al., 2012). Los SCN han sido clasificados como los agentes más importantes para la mastitis subclínica en cabras (Plummer & Plummer, 2012); acompañados por un incremento significativo de células somáticas en leche (Marogna et al., 2012). En cabras, *S. caprae* y *S. epidermidis* presentan una mayor frecuencia de aislamiento (Machado, 2018), sin embargo, también se han identificado a *S. simulans*, *S. xylosus* y *S. chromogenes* (Bedolla-Cedeño et al., 2012; Menzies, 2021).

1.4.2. *Streptococcus* spp

Son cocos Gram positivos con un diámetro aproximado de 1µm; se agrupan en pares o cadenas de longitud variable. Son anaerobios facultativos, inmóviles, no esporulados y catalasa negativa (Quinn et al., s.f.). Los principales agentes causantes de mastitis son *S. agalactiae*, *S. dysgalactiae* y *S. uberis* (Bedolla-Cedeño et al., 2012); siendo *S. dysgalactiae* y *S. uberis* los más comunes (Machado, 2018). En cabras, los *Streptococcus* son poco aislados y se consideran agentes

medioambientales; tienen una prevalencia menor al 3% (Gelasakis et al., 2015; Menzies & Ramanoon, 2001).

1.5. FACTORES PREDISPONENTES

1.5.1. Estado de lactación

Los riesgos de infección aumentan al inicio-final de la lactancia y en periodos de secado largos, viéndose más afectadas las hembras multíparas (Bedotti & Rossanigo, 2011), es decir, que las cabras viejas presentan una mayor probabilidad a desarrollar mastitis (Menzies, 2021). La edad está asociada a que individuos viejos han estado más expuestos a una mayor variedad de patógenos, sin embargo, también se asocia a mastitis crónicas en lactaciones previas, las cuales no fueron atendidas o no se resolvieron completamente (Novac & Andrei, 2020). Es común que los casos de mastitis en cabras persistan a través de la lactación y el periodo de secado (Plummer & Plummer, 2012).

El estado de lactación también tiene influencia sobre el CCS, y la composición de la leche (Novac & Andrei, 2020).

1.5.2. Infecciones virales

El lentivirus de los pequeños rumiantes induce una infección sistémica, afectando órganos blancos, como serían: pulmón, sistema nervioso central, glándula mamaria y articulaciones (Minguijón et al., 2015).

Para la mastitis, el lentivirus no es considerado como un patógeno clásico (Machado, 2018); sin embargo, es importante tenerlo en cuenta como diferencial para el diagnóstico (Minguijón et al., 2015). A nivel de glándula mamaria, el virus afecta el epitelio alveolar, ocasionando una inflamación linfocítica intersticial, resultando en daño crónico (Menzies, 2021); el daño a las células epiteliales por el proceso inflamatorio da origen a la disminución

en la producción de leche (Minguijón et al., 2015). Los signos clínicos son difíciles de detectar, la glándula mamaria muestra endurecimiento sin dolor y tumefacción; la palpación es un método de diagnóstico (Minguijón et al., 2015). Otros signos que se pueden observar son la disminución en la producción, elevación moderada de las células somáticas y la atrofia progresiva de la glándula mamaria con tendencia a la induración (Arteche-Villasol et al., 2022; Menzies, 2021).

1.5.3. Conformación de la glándula mamaria

La mala conformación de la glándula mamaria, la incorrecta ubicación y tamaño de los pezones, son factores que interfieren con el ordeño; el tamaño inapropiado reduce la producción de leche; mientras que las complicaciones con el ligamento suspensorio favorecen que los pezones estén caídos, haciéndolos susceptibles a lesiones (Menzies, 2021).

El sistema de valoración lineal es una evaluación de los caracteres morfológicos de la glándula mamaria; el método se basa en la valoración de dichos caracteres en una escala de 1 a 9 puntos, considerando la puntuación de 5, como una morfología de valor medio (Venegas-García, 2013). Los caracteres por considerar son:

- **Profundidad:** distancia entre la inserción posterior de la ubre y la base, tomando como referencia el corvejón. Poca profundidad (puntuación 1 – 3), profundidad media (puntuación 4 – 6), profundidad alta (puntuación 7 – 9) (Venegas-García, 2013).
- **Inserción:** perímetro de la base de sujeción de la glándula mamaria a la pared abdominal. Lo óptimo es el máximo perímetro de inserción (puntuación 9) (Venegas-García, 2013).
- **Verticalidad:** ángulo de inserción del pezón; la verticalidad máxima es en ángulo de 0° con una puntuación de 9, siendo la verticalidad mínima un ángulo de 90° con una puntuación de 1 (Venegas-García, 2013). La glándula mamaria debe tener un ángulo

y posición adecuada, evitando así, la acumulación de leche en la cisterna al final del ordeño (Džidić et al., 2019).

- **Tamaño de los pezones:** longitud; los pezones pequeños se consideran en una puntuación 1 – 3, los medianos en una puntuación 4 – 6, y los grandes en una puntuación 7 – 9; siendo la puntuación óptima la 5 (Venegas-García, 2013).

1.5.4. Higiene e instalaciones

La higiene juega un papel importante en la disminución de la carga bacteriana, y, por ende, en la prevención de casos de mastitis (Cannas et al., 2019); es indispensable mantener un ambiente limpio, seco y confortable (National Mastitis Council, 2020).

La limpieza debe realizarse correctamente, para garantizar la remoción de la mayor cantidad de microorganismos, depósitos e incrustaciones de materia orgánica en el equipo (Cannas et al., 2019); dicho manejo busca mejorar la limpieza de los pezones y glándula mamaria, por lo que los animales deben ser inspeccionados previo al ordeño, en los corrales o agostaderos y antes de la colocación de las pezoneras (Manning et al., 2021). El manejo higiénico tiene un impacto en la calidad sanitaria de los productos que se están obteniendo (Cannas et al., 2019).

Factores como la densidad poblacional, la falta de ventilación, el exceso de humedad y la falta de lotificación en las cabras son situaciones que también implican un riesgo (Menzies, 2021).

1.5.5. Ordeño y máquina de ordeña

El ordeño es un aspecto crítico en el estado de salud de la glándula mamaria (Gelasakis et al., 2015), influyendo en la salud de la glándula y en la calidad de la leche (Cannas et al., 2019). La rutina de ordeño debe seguir un protocolo y ser realizado por personal capacitado (Gelasakis et al., 2015).

Previo al ordeño, es importante asegurarse que la preparación de la glándula se realizó adecuadamente. En *A Guide to Udder Health for Dairy Goats (Guía para la salud de la glándula mamaria en cabras lecheras)*, elaborado por la Universidad de Guelph, en 2016, propone la siguiente rutina de ordeño:

- **Limpieza:** es esencial limpiar, desinfectar y secar tanto los pezones, como la ubre previo al ordeño. El objetivo es minimizar la contaminación de la leche y el equipo, además de evitar la entrada de bacterias causantes de mastitis.
- **Limpieza de las manos:** es esencial la limpieza y desinfección de las manos antes del ordeño, ya que están en contacto directo con los pezones. Las manos son un factor de riesgo para la transmisión de bacterias.
En comparación con los bovinos, las cabras almacenan grandes cantidades de leche en la cisterna, en vez de en los alvéolos (Manning et al., 2021); debido a la cantidad de leche almacenada, la bajada de la misma es inducida con el inicio del ordeño, evitando así la pre-estimulación (Džidić et al., 2019).
- **Pre-sellado:** se realiza para reducir el riesgo de transmisión de bacterias después de la limpieza. Hay que utilizar productos aprobados.
- **Evaluación de la primera leche:** examinación de la consistencia y color de la leche. Es posible emplear el tazón con filtro, que permite el paso de la leche, en el caso de mastitis, la leche es detenida en el filtro; por otro lado, el tazón de fondo oscuro muestra los grumos o cambios en el color de la leche. En este punto es posible realizar pruebas como la CMT.
- **Colocación de las pezoneras:** importante evitar prácticas de subordeño o sobreordeño (Plummer & Plummer, 2012).
- **Remoción de las pezoneras:** antes de retirarlas hay que asegurarse que el vacío esté cerrado (National Mastitis Council, 2020).
- **Sellado:** al final de la ordeña con soluciones a base de yodo o clorhexidina (Machado, 2018).

La máquina de ordeño representa un riesgo importante en el desarrollo y transmisión de infecciones intramamarias (Cannas et al., 2019); actúa como vector en la propagación de la infección entre animales, mediante la entrada de bacterias a través del canal del pezón; **el** sobre ordeño, los periodos largos de ordeño y las manos de los ordeñadores también pueden ocasionar lesiones, aumentando la susceptibilidad de la glándula a las infecciones (Menzies, 2021; Neijenhuis, 2011).

La calibración incorrecta y la falta de mantenimiento en el equipo dañan el pezón, incrementando el riesgo de ocasionar mastitis (Manning et al., 2021); es necesario verificar los parámetros operativos de la máquina, tales como el nivel de vacío y la frecuencia de las pulsaciones (Gelasakis et al., 2015); en el *Cuadro 3* se encuentran los valores recomendados en cabras.

El mantenimiento de la máquina de ordeña es esencial para asegurar la obtención de leche de calidad (A Guide to Udder Health for Dairy Goats, 2016); es decir, brindarle servicio, mantenimiento y evaluaciones periódicas para asegurar su correcto funcionamiento de acuerdo con lo establecido por el fabricante (National Mastitis Council, 2020).

Cuadro 3. Valores recomendados para el equipo de ordeña en cabras lecheras.
(tomado de Menzies, 2021)

PARÁMETRO	VALOR
Pulsaciones	60 – 120 ciclos/min (90 ciclos/min)
Presión de vacío	35 – 39 kPa (10 – 11.5 Hg)

1.6. TRANSMISIÓN

En los rebaños, la transmisión se puede presentar de manera vertical u horizontal (Machado, 2018); en la mayoría de los casos, la entrada de las bacterias se origina mediante el canal del pezón (Mavrogianni et al., 2011). Las infecciones contagiosas se transmiten de animal a animal, comúnmente durante el ordeño o por el amamantamiento de los cabritos;

las infecciones ambientales se pueden adquirir en cualquier momento (Manning et al., 2021). Los patógenos pueden ser eliminados mediante leche, heces, orina y secreciones oronasales, teniendo como vía de transmisión las manos de los ordeñadores, el equipo de ordeña, vectores y fómites (Machado, 2018).

1.7. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico oportuno permite la aplicación de tratamientos efectivos para minimizar las lesiones en glándula mamaria y restaurar la salud en el animal (Fragkou et al., 2014).

1.7.1. Examen físico

El examen físico consiste en la inspección y palpación de la glándula mamaria, se debe realizar después del ordeño. En la inspección se observa la simetría de los medios, pezones, rafe medio y el ligamento suspensorio; el objetivo de dicha evaluación es detectar la presencia de lesiones a nivel de piel, cambios en la coloración y forma de la glándula. La palpación permite detectar la presencia de estructuras anormales, como nódulos o zonas endurecidas; los linfonodos supra mamarios también deben ser evaluados para detectar cualquier alteración en su tamaño o consistencia (Fragkou et al., 2014; Palma Sandoval, 2013).

1.7.2. Evaluación visual de la leche

Para la evaluación visual se emplea el tazón de fondo oscuro y se lleva a cabo con los primeros chorros de leche; permite determinar irregularidades: grumos, fibrina o cualquier material extraño (Palma Sandoval, 2013).

1.7.3. Conteo de células somáticas

El conteo de células somáticas está relacionado con la calidad y sanidad (Gómez-Gascón et al., 2022); se requiere para el establecimiento de los programas de control y calidad (De Souza et al., 2012). Un elevado conteo representa problemas para la industria lechera debido al impacto en la salud pública, siendo la mastitis subclínica uno de los factores que favorecen su incremento (Gómez-Gascón et al., 2022). Las células somáticas son componentes normales de la leche, predominando las células epiteliales y los leucocitos; es posible encontrar diferentes tipos de leucocitos en leche, tales como neutrófilos, macrófagos y linfocitos (Podhorecká et al., 2021). En los caprinos, el principal grupo celular son los neutrófilos, seguidos de los macrófagos y las células epiteliales (Plummer & Plummer, 2012).

Si bien es cierto que las infecciones intramamarias son la principal causa del incremento, también existen condiciones no patológicas que alteran el conteo: raza, número de parto, periodo de lactación, estrés, estro, tipo de ordeño y estación del año (Plummer & Plummer, 2012). La secreción de leche en cabras es apocrina por lo que la presencia de partículas citoplasmáticas es normal; situación que dificulta el conteo en comparación con otras especies (De Souza et al., 2012).

1.7.4. Prueba de California

La prueba de California (CMT por sus siglas en inglés), es un método diagnóstico cualitativo que estima el contenido de ADN presente en la leche, permitiendo la evaluación de cada medio de manera independiente (Adkins & Middleton, 2018; Moroni et al., 2018); es ampliamente utilizada porque se puede realizar a nivel de granja, tiene un bajo costo y es rápida (De Souza et al., 2012; Moroni et al., 2018). Para llevarla a cabo, se requiere el uso de un reactivo; el reactivo está compuesto por un detergente (alquil aril sulfonato de sodio) y un indicador de pH (púrpura de bromocresol); la reacción se produce al mezclar el reactivo

con la leche en cantidades iguales; la lisis celular ocasiona la liberación de ADN y proteínas, resultando en la formación de un gel. El grado de viscosidad se emplea para estimar la cantidad de células somáticas presentes en la muestra de leche; la lectura se hace utilizando una escala: negativo, trazas, 1+, 2+ y 3+; los valores aplicados para cabras, en cada nivel se encuentran enlistados en el *Cuadro 4* (Adkins & Middleton, 2018; Moroni et al., 2018). En las cabras se emplea como forma de evaluar la tendencia de la mastitis en el rebaño y/o para comparar los resultados entre cada medio (Plummer & Plummer, 2012).

Cuadro 4. Interpretación de la prueba de California con respecto al conteo de células somáticas por mL en leche de cabra (tomado de Romero, 2010).

PUNTUACIÓN PRUEBA DE CALIFORNIA	REACCIÓN	CÉLULAS SOMÁTICAS POR ML DE LECHE
Negativo	Sin reacción	0 – 480, 000
Trazas	Precipitación leve	< 750, 000
1+	Precipitación sin formación de gel	750, 000 – 2, 000, 000
2+	Formación de gel	>2, 000, 000
3+	Formación de gel denso	>10, 000, 000

1.7.5. Evaluación bacteriológica

Es importante motivar a los productores a tomar muestras de leche cuando se presentan problemas de mastitis clínica o un elevado CCS (Menzies, 2021). La recolección de muestras es la forma más confiable para identificar a los agentes etiológicos involucrados, así como determinar la antibioterapia adecuada y detectar cualquier tipo de resistencia a los antibióticos (Guzmán-Téllez, 2013).

El análisis bacteriológico es considerado la “prueba de oro” para establecer un diagnóstico; tiene como ventaja el demostrar el rol etiológico del organismo presente; sin embargo, hay

que tener en cuenta que es un método que requiere de tiempo y no puede realizarse directamente a nivel de granja (Fragkou et al., 2014).

1.8. TRATAMIENTO

La mastitis es una enfermedad importante, que plantea dificultades en el control y un alto impacto económico (Mavrogianni et al., 2011). Es la principal enfermedad en hatos lecheros asociada al uso de antibióticos; es importante recordar que su uso excesivo favorece el desarrollo de resistencia bacteriana (Cannas et al., 2019).

En pequeños rumiantes, no hay protocolos disponibles y detallados para su tratamiento, a diferencia de los bovinos (Mavrogianni et al., 2011); no obstante, la regla para el tratamiento es la combinación de velocidad y eficacia, es decir, que este debe comenzar inmediatamente después de la detección, usando antibióticos efectivos (Mavrogianni et al., 2011). La efectividad depende del diagnóstico microbiológico y del antibiograma (Cannas et al., 2019), además de la dosis, duración del tratamiento y el estado inmunológico del animal (Machado, 2018).

Los antibióticos están disponibles para tratamientos sistémicos o locales durante el periodo de secado (Cannas et al., 2019). Es posible instaurar tratamientos solo con aplicaciones intramamarias o complementando con terapia sistémica, esto cuando la enfermedad sea de curso rápido o se presenten signos sistémicos (Mavrogianni et al., 2011). En el caso de los pequeños rumiantes, son pocos los productos intramamarios disponibles, requiriéndose el uso de productos diseñados para bovinos (Mavrogianni et al., 2011). Previo al establecimiento del protocolo terapéutico, es importante considerar el periodo de retiro de la leche (Mavrogianni et al., 2011).

Para reducir la diseminación de bacterias resistentes, lo recomendable es promover la prevención mediante la aplicación de medidas de bioseguridad, buenas prácticas de higiene y programas de control (Cannas et al., 2019).

1.9. PREVENCIÓN Y CONTROL

Los programas de control de la mastitis deben estar enfocados en la higiene, la rutina de ordeño, el equipo y los protocolos implementados durante el periodo de secado (Plummer & Plummer, 2012); dichos programas proveen la reducción de pérdidas asociadas a la mastitis, mejorando la calidad de la leche y aumentando la producción (Machado, 2018).

Para el desarrollo e implementación de un programa integral, es necesario considerar los factores predisponentes generales y específicos de cada granja (Gelasakis et al., 2015). Los programas deben incluir medidas generales como: lavado de las manos de los ordeñadores, materiales y equipo, ordeñar primero a las cabras sanas, establecimiento de una línea de ordeño, implementación de pre-sello, uso diario del tazón de fondo oscuro para detección de cambios macroscópicos en la leche, sellado al final de la ordeña con soluciones a base de yodo o clorhexidina y el monitoreo de los casos de mastitis (Machado, 2018). La atención a los detalles durante el ordeño es crucial para el control de nuevos casos (Manning et al., 2021).

El monitoreo se puede mantener con el establecimiento de registros computarizados o manuales. Los registros proporcionan información que permite manejar los casos, y determinar la prevalencia e incidencia de la enfermedad; dicha información es útil para la toma de decisiones, evaluación de protocolos, tratamientos y manejo del rebaño (National Mastitis Council, 2020). Una opción de monitoreo es mediante la identificación del proceso inflamatorio; monitoreos mensuales de las células somáticas permiten a los productores detectar los cambios importantes que han ocurrido; también es posible monitorear al rebaño por medio de la leche de tanque, sin embargo, esta medición no es tan sensible en comparación a la evaluación individual (A Guide to Udder Health for Dairy Goats, 2016).

El periodo de secado permite que se lleve a cabo la involución de la glándula mamaria y la formación del calostro, previo al siguiente ciclo de lactación (Plummer & Plummer, 2012). Debido a la prevalencia elevada de infecciones en lactancias posteriores, es recomendado

el uso de antibióticos durante el secado, pero solo en los animales previamente identificados con una infección intramamaria (Manning et al., 2021). El manejo adecuado de este periodo brinda una excelente oportunidad para mejorar la salud de la glándula mamaria y tratar las infecciones intramamarias existentes (Plummer & Plummer, 2012).

JUSTIFICACIÓN

La producción de leche de cabra se ve afectada por aspectos genéticos, alimenticios, de manejo y sanitarios. En el rubro sanitario, la mastitis es la enfermedad que cobra más relevancia debido a las pérdidas económicas que representa para los productores, asociadas al manejo y tratamiento de los animales afectados y los cambios en la calidad de la leche que se está produciendo. La presente investigación tiene la finalidad de establecer los agentes bacterianos presentes en casos de mastitis subclínica en cabras y la relación con métodos diagnósticos a nivel de campo, como lo es la prueba de California, **a su vez, se busca** determinar si existen alteraciones en la composición de la leche.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar los agentes bacterianos presentes en leche de cabra asociados a problemas de mastitis en una unidad de producción en Tequisquiapan, Querétaro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar el estatus sanitario de las cabras durante el proceso de ordeño, a través de la Prueba de California y su correlación con la medición de células somáticas mediante Ekomilk Scan®.
2. Determinar la composición de la leche al someter las muestras a una evaluación en Lactoscan MCC®.
3. Identificar las bacterias presentes en muestras de leche de cabras clínicamente sanas con un resultado positivo en la Prueba de California, empleando análisis bacteriológicos tradicionales.

HIPÓTESIS

Con la aplicación de la prueba de California a nivel de campo se evaluará el estado sanitario de la glándula mamaria de las cabras estudiadas para comparar los resultados con el análisis bacteriológico y determinar una relación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LUGAR DE TRABAJO

La presente investigación se realizó en una unidad de producción de leche caprina en el municipio de Tequisquiapan, en el estado de Querétaro, México. En la región se presentan dos épocas al año: la temporada de lluvias de junio a octubre y la temporada seca de noviembre a mayo; el clima es templado con una temperatura media anual de 18 °C y una precipitación pluvial promedio de 570 mm anual (INEGI). El sistema de producción es semi-intensivo; consiste en la combinación de dos actividades principales: el pastoreo-ramoneo en los meses de julio – octubre con complemento en corral, y el resto del año, los animales son mantenidos en estabulación, proporcionándoles forraje y alimento balanceado.

Posteriormente, la evaluación de la composición fisicoquímica de la leche se realizó en el área de quesería de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus Amazcala. El análisis bacteriológico se llevó a cabo en el Laboratorio de Enseñanza e Investigación del Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2.2. CABRAS SELECCIONADAS Y TOMA DE MUESTRAS

Se trabajó con 20 cabras en producción de raza Alpino Francés y Toggenburg; todas las cabras estaban clínicamente sanas al momento de los muestreos, presentaban de 1 a 11 partos y tenían una condición corporal de 2.5/5. El ordeño se realiza de forma mecánica una vez al día.

En total, durante el estudio se obtuvieron 166 muestras de leche. De las cuales, 50 muestras provinieron de cabras positivas a la prueba de California, empleándose para análisis bacteriológico; 116 obtenidas por el total de muestreos, destinadas al análisis fisicoquímico y conteo de células somáticas mediante equipo especializado. Los muestreos se realizaron

de manera quincenal, comenzando 15 días posteriores al parto hasta el día 92 de lactación. Las muestras se tomaron directo de la glándula por ordeño manual, los pezones fueron desinfectados con torunda y alcohol al 70%; posteriormente, se realizó la prueba de California y se tomaron 50 mL de leche por cabra en frascos nuevos, estériles con tapa de rosca; también se tomó 50 mL de leche en frascos nuevos, estériles con tapa de rosca de cada medio que obtuvo un resultado en la lectura de la prueba de California superior a Grado 1 (7500, 000 CCS/mL).

Las muestras fueron transportadas en refrigeración y se mantuvieron congeladas hasta su análisis. El análisis fisicoquímico de la leche se realizó mediante Lactoscan MCC® y el conteo de células somáticas mediante Ekomilk Scan®.

2.3. PRUEBA DE CALIFORNIA

La prueba de California se realizó previo al ordeño, evaluando cada medio de forma individual. Se colectaron los tres primeros chorros de leche en la paleta diagnóstica, y se mezclaron con el reactivo de California. La lectura se realizó inmediatamente empleando la escala mencionada por Romero (2010). Los datos de cada muestreo se anotaron en un formato como se muestra en el *Anexo 1*.

2.4. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

2.4.1. Lactoscan MCC®

Las muestras se descongelaron gradualmente; para la evaluación fisicoquímica se utilizó el Lactoscan MCC® siguiendo las instrucciones del fabricante; el equipo analizó los siguientes componentes de la leche: grasa, sólidos no-grasos, densidad, lactosa, sólidos, proteínas, agua adicionada, temperatura de la leche, punto de congelación, pH y conductividad.

2.5. CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

2.5.1. Ekomilk Scan®

Las muestras se descongelaron gradualmente; la medición automática de las células somáticas mediante Ekomilk Scan® se realizó siguiendo las indicaciones del fabricante. El principio de medición del equipo es la evaluación del nivel de viscosidad de la leche, para lo cual se colocaron 5 mL de solución Ekoprim® (surfactante), más una muestra de leche de 10 mL. Automáticamente el equipo realizó la mezcla y midió el tiempo de flujo de la leche a través de un capilar, determinando así, el número de células somáticas presentes en la muestra.

2.6. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Las muestras de leche se sembraron en dos tipos de medios de cultivo: agar sangre y agar McConkey; se incubaron a 37°C durante 72 horas, pasado el tiempo se eliminaron los cultivos donde no se observó crecimiento. Las colonias con crecimiento en el agar fueron seleccionadas para llevar a cabo la tinción de Gram a fin de observar afinidad tintorial, morfología y agrupación de las bacterias, la prueba de catalasa para determinar si los crecimientos pertenecían al género *Staphylococcus* (catalasa positiva) o *Streptococcus* (catalasa negativa) y la prueba de coagulasa para establecer si pertenecen a los SCN; para dicha prueba se emplearon dos métodos: placa y tubo; en placa la lectura se hizo de manera inmediata, mientras que en tubo se incubó a 37°C por 24 horas.

La identificación de la especie de SCN se hizo mediante el sistema API Staph® siguiendo las indicaciones del fabricante. El sistema emplea pruebas bioquímicas para hacer la identificación: glucosa, fructosa, manosa, maltosa, lactosa, trehalosa, manitol, xilitol, melibiosa, nitrato, fosfatasa alcalina, Voges-Proskauer, rafinosa, xilosa, sacarosa, metil-D-glucopiranosida, N-acetil-glucosamina, L-arginina y urea.

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.7.1. Variables

- a. Bacterias aisladas de las cabras con mastitis subclínica.
- b. Porcentaje de cabras con mastitis subclínica.
- c. Análisis de los componentes físico químicos presentes en leche: grasa, proteína, lactosa y sólidos totales.
- d. Relación entre la presencia de mastitis subclínica con: prueba de California y conteo de células somáticas.

2.7.2. Análisis de datos

- a. Prevalencia:

$$P = \frac{d}{n} \times 100$$

Donde d: número de casos; n: total de individuos bajo riesgo.

- b. Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa IBM[®] SPSS Statistics Versión 25 para Windows por medio de la prueba exacta de Fisher, prueba de *Kruskal-Wallis*, cuadros de contingencia y *Chi cuadrada*. Las gráficas se realizaron en Microsoft Excel 365.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis bacteriológico

Durante el estudio, un total de 50 muestras fueron empleadas para el análisis bacteriológico. En 44 de 50 muestras (88%) los cultivos bacterianos fueron negativos, mientras que en 6 de 50 (12%), los cultivos fueron positivos; identificándose dos especies de *Staphylococcus* coagulasa-negativo; 5 de 6 muestras (10%) fueron identificadas como *Staphylococcus chromogenes* y 1 de 6 (2%) como *Staphylococcus warneri*. En el Cuadro 5 se presenta el resumen de los hallazgos.

3.2 Conteo de células somáticas y prueba de California.

La medición del CCS mediante Ekomilk Scan® se realizó en un total de 112 muestras. En 104 de 112 muestras (92.85%) se obtuvo un conteo <480,000 CS/mL, en 1 de 112 (0.89%) el conteo fue <750,000 CS/mL, en 2 de 112 (1.78%) el conteo estuvo entre 750,000 a 2,000,000 CS/mL, por último, en 5 de 112 muestras (4.46%) se obtuvo un conteo >2,000,000 CS/mL. Los datos anteriores se pueden ver en la Figura 1.

Con la prueba de California, se obtuvieron 116 resultados; de los cuales 78 de 116 (67.24%) fueron determinados como Trazas, 32 de 116 (27.58%) como Grado 1 y 6 de 116 (5.17%) como Grado 2; no se detectaron cabras con Grado 3. En la Figura 2 se puede observar las puntuaciones obtenidas, mientras que en el Cuadro 6 se muestra el comportamiento de las lecturas de la prueba a lo largo de los muestreos.

No hubo diferencia estadística entre el CCS por Ekomilk Scan® y los resultados de la CMT ($P>0.05$).

Figura 1. Conteo de células somáticas (%) por mL de leche mediante Ekomilk Scan®.

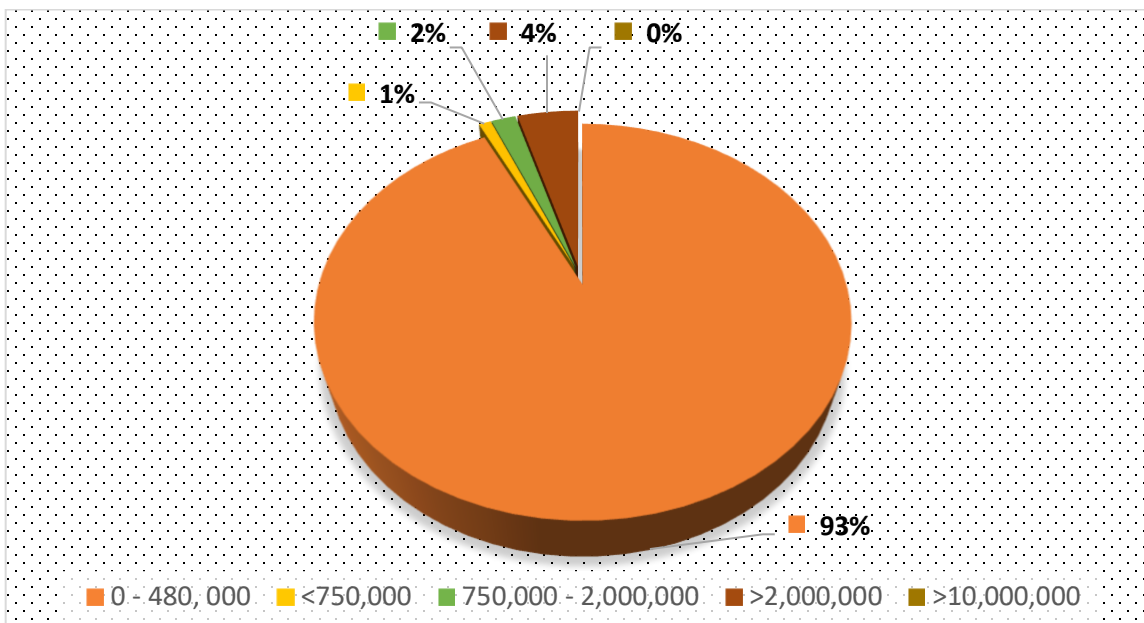
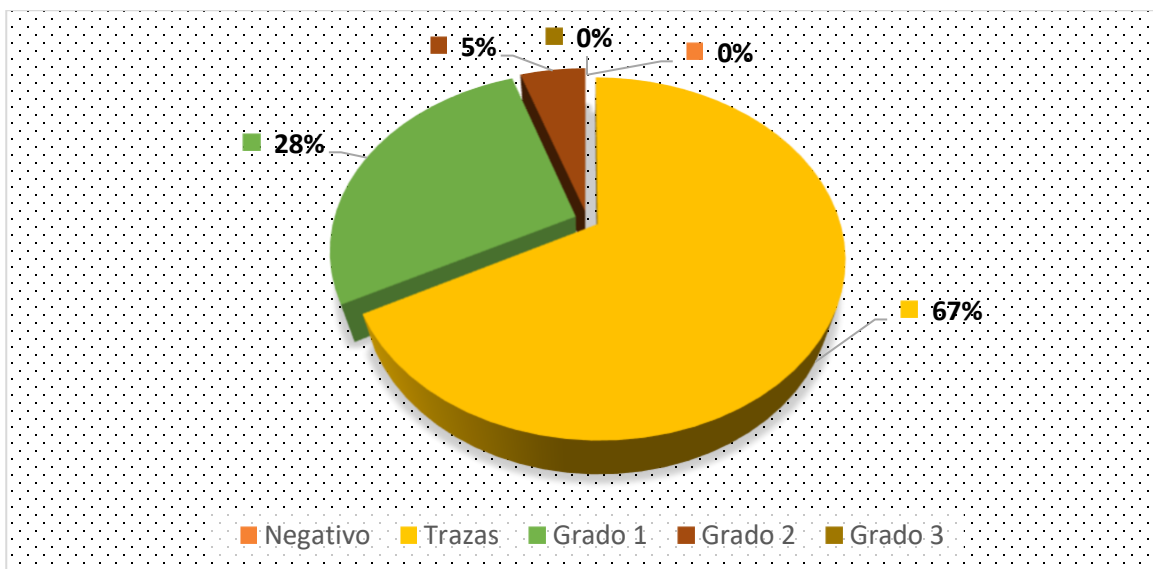


Figura 2. Representación (%) de las puntuaciones obtenidas en la prueba de California.



Cuadro 5. Descripción de las puntuaciones de la prueba de California aplicada en las cabras del estudio.

MES	N ¹	T ²	G.1 ³	G.2 ⁴	G.3 ⁵
Diciembre	-	26	10	2	-
Enero	-	27	10	1	-
Febrero	-	11	7	2	-
Marzo	-	14	5	1	-

¹ N- Negativo; ² T-Trazas; ³ G.1-Grado 1; ⁴ G.2-Grado 2; ⁵ G.3-Grado 3.

3.3 Relación análisis bacteriológico con el conteo de células somáticas.

Las cabras que obtuvieron una puntuación Grado 1 en la escala de la CMT, 5 de 32 (15.62%) dieron positivo a *Staphylococcus chromogenes*, y 2 de 5 (0.4%) obtuvieron un conteo >2,000,000 CS/mL; en el caso de las que obtuvieron Grado 2, 1 de 6 (16.66%) fue identificada como *Staphylococcus warneri*. La prevalencia de mastitis subclínica en este grupo de cabras fue del 30% (6/20). Estadísticamente se encontró que el crecimiento bacteriano está asociado con la puntuación en la CMT (P<0.05).

3.4 Características fisicoquímicas de la leche.

Mediante el Lactoscan MCC® se evaluó la composición fisicoquímica de 107 muestras de leche; los parámetros que se evaluaron fueron: grasa, proteína, lactosa y sólidos totales. La media y desviación estándar de cada parámetro se muestran en el Cuadro 7.

El análisis estadístico se realizó por medio de la prueba de *Kruskal-Wallis*, los componentes de la leche fueron comparados mensualmente; no se observaron diferencias estadísticas entre los diferentes componentes en las muestras de leche analizadas (P>0.05).

Cuadro 6. Número de observaciones, media \pm desviación estándar del contenido (%) de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales.

MES	<i>n</i>	GRASA	PROTEÍNA	LACTOSA	SÓLIDOS TOTALES
Diciembre	15	2.24 \pm 0.82	2.91 \pm 0.37	4.12 \pm 0.56	0.71 \pm 0.085
	18	2.03 \pm 1.23	2.93 \pm 0.14	4.16 \pm 0.21	0.72 \pm 0.034
Enero	18	1.86 \pm 0.50	2.92 \pm 0.15	4.15 \pm 0.22	0.72 \pm 0.035
	16	2.01 \pm 0.49	2.94 \pm 0.11	4.18 \pm 0.17	0.72 \pm 0.027
Febrero	20	2.04 \pm 0.63	2.88 \pm 0.22	4.16 \pm 0.17	0.72 \pm 0.026
Marzo	20	1.78 \pm 0.59	2.87 \pm 0.13	4.06 \pm 0.20	0.70 \pm 0.030

4. DISCUSIÓN

La mastitis es una enfermedad que constituye un problema serio en los rebaños lecheros con consecuencias económicas considerables para los productores (Arteche-Villasol et al., 2022). Se estima que la prevalencia de mastitis subclínica en cabras ronda entre el 9 – 50% (Marogna et al., 2012); en México, Bazan y col (2009) reportaron una prevalencia general de 30.5% en el estado de Michoacán; Álvarez & Avila (2017) en San Luis Potosí, observaron una prevalencia de 53%; posteriormente, en el 2022, Castro et al. (2022) reportaron una prevalencia del 52% en Baja California Sur. En el contexto internacional, también se han hecho reportes con diferentes valores; Akter et al. (2020) establecieron una prevalencia del 50% en Bangladesh; en Turquía (Goncagül, 2021) se reportó una prevalencia del 27.2%. En el presente estudio, la prevalencia que se observó fue de 30%; las diferencias en los porcentajes anteriormente mencionados, pueden ser resultado de la interacción de varios factores, tales como el manejo, la distribución geográfica, el estado de salud del rebaño, el medio ambiente, el estado nutricional y el tamaño de muestra (Danmallam & Pimenov, 2019).

La identificación de los agentes bacterianos ayuda en el entendimiento de la infección, y, por consiguiente, en el establecimiento de medidas necesarias para controlar los contagios (Silanikove et al., 2014). En los rebaños caprinos, son varios los géneros bacterianos que pueden ser responsables de los cuadros de mastitis, tanto clínica como subclínica; en diferentes estudios se ha considerado para la mastitis subclínica en cabras, los *Staphylococcus* coagulasa-negativo son los principales agentes involucrados (Bedolla Cedeño et al., 2012). En el presente estudio, se identificó un género bacteriano: SCN; los resultados coinciden con lo presentado por investigadores, quienes también identificaron a dicho género como agente principal en un porcentaje de 50.2%, 51.3% y 55.3% de los casos respectivamente (Dore et al., 2016; Gelasakis et al., 2015; Romero, 2018). Es importante resaltar que a pesar de que solo se analizaron 50 muestras, fue posible determinar dos tipos de SCN; las especies identificadas fueron *S. chromogenes* (10%) y *S. warneri* (2%); Marogna et al. (2012) reportaron una prevalencia de *Staphylococcus* spp del

73.5%, donde *S. chromogenes* representó el 3% y *S. warneri* el 1.7%; también es posible llegar a identificar otras especies, como: *S. caprae*, *S. epidermidis* y *S. simulans* (Silanikove et al., 2014), sin embargo, en este estudio no se aislaron.

Las infecciones intramamarias con SCN inducen una respuesta inflamatoria; la cual puede verse reflejada en el aumento de células somáticas (Silanikove et al., 2014); la detección puede realizarse mediante métodos indirectos (CMT) o directos (equipo automático) (Persson & Olofsson, 2011). Establecer un valor de células somáticas para el diagnóstico de mastitis en cabras a generado un debate entre los investigadores, algunos sugieren tomar como referencia 5×10^5 células/mL o 10^6 células/mL (Gelasakis et al., 2015); mientras que otros han propuesto considerar el Grado 2 en la lectura de la CMT como indicativo de glándulas infectadas (De Souza et al., 2012). Asimismo, es importante resaltar que, en caprinos, las infecciones intramamarias no son la única razón por la cual el CCS aumenta (Plummer & Plummer, 2012); hay que tener en cuenta que, debido al tipo de secreción de la leche, es normal la presencia de partículas citoplasmáticas; dichas partículas son similares a las células somáticas en tamaño, contenido de ARN y proteínas, sin embargo, carecen de ADN (De Souza et al., 2012); por consecuencia, el conteo celular se dificulta (Menzies, 2021). Para este estudio, el Grado 2 en la escala de CMT fue el valor a partir del cual se consideraron como positivas, siendo equivalente a $>2,000,000$ CS/mL (Romero, 2010). En este caso, los SCN identificados fueron de cabras que presentaron una CMT entre Grado 1 y Grado 2; información que coincide parcialmente con lo presentado por Goncagül (2021) quienes también procedieron con la CMT y la identificación bacteriana en 250 cabras Saanen; ellos reportaron infecciones mixtas de *Staphylococcus chromogenes*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus warneri* y *Streptococcus agalactiae* con una CMT entre Grado 2 y Grado 3; las diferencias entre ambos estudios pueden deberse al estado de salud de la glándula mamaria de los rebaños; también se obtuvo que la CMT puede ayudar en la identificación de cabras con infecciones intramamarias, coincidiendo con otro estudio (Persson & Olofsson, 2011); situación que beneficia a los productores, debido a que les

brinda una opción sencilla y económica para monitorear la glándula mamaria y por ende la calidad de la leche a nivel de granja.

La mayor parte de la leche de cabra producida es transformada a productos lácteos, principalmente quesos; situación que convierte la composición en un factor fundamental para su transformación, debido a que la calidad de los productos está asociada con la calidad de la leche. Si bien es cierto que existen diferentes factores que pueden alterarla, el más importante es el deterioro ocasionado por la mastitis subclínica (Silanikove et al., 2014). En bovinos se ha descrito que la leche con elevado conteo de células somáticas presenta un menor rendimiento quesero; esto se debe a que la leche proveniente de vacas con mastitis tiene menor contenido de grasa y proteína (Andrade et al., 2017). Por otro lado, Gelasakis et al. (2015) observaron en cabras una disminución en los niveles de grasa del 0.18% y en lactosa del 0.06%, aunado a un aumento en la proteína del 0.07%. A pesar de lo encontrado en la literatura, en este estudio, no se observaron cambios estadísticos ($P > 0.05$) en los diferentes componentes de la leche.

5. CONCLUSIONES

1. La prevalencia obtenida en el estudio fue del 30%; valor que cae dentro del rango mencionado en la literatura para la mastitis subclínica en caprinos. Información que permite denotar la amplia presencia de la enfermedad en los hatos lecheros.
2. Las especies de SCN con mayor prevalencia en las cabras muestreadas fueron *S. chromogenes* y *S.warneri*. Por lo general, dichas especies no suelen ser las predominantes en los rebaños caprinos.
3. De acuerdo con el análisis estadístico, se encontró una asociación entre el crecimiento bacteriano y la Prueba de California; situación que abre la puerta a la implementación de la prueba a nivel de campo como forma de orientar el diagnóstico y favorecer la detección de casos de mastitis.
4. Conforme al análisis estadístico, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales.

REFERENCIAS

1. Adkins, P. R., & 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>
2. Danmallam, F. A., & Pimenov, N. V. (2019). **Study on prevalence, clinical presentation, and associated bacterial pathogens of Goat mastitis in Bauchi, Plateau, and Edo States, Nigeria.** *Veterinary World*, 12(5), 638-645. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.638-645>
3. Akter, S., Rahman, M. M., Sayeed, M. A., Islam, M. N., Hossain, D., Hoque, M. A., & Koop, G. (2020). **Prevalence, aetiology and risk factors of subclinical mastitis in goats in Bangladesh.** *Small Ruminant Research*, 184, 106046. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106046>
4. Amigo, L., & Fontecha, J. (2022). **Goat milk.** En *Elsevier eBooks* (pp. 797-808). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818766-1.00126-4>
5. Andrade-Montemayor, H. (Ed.). (s. f.). **Producción de caprino en México.** En *Tierras Caprino*. <https://www.ces.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/07/Produccio%CC%81n-de-Caprino-en-Me%CC%81xico.pdf?fwd=no>
6. Andrade, R. M., Espinoza, M. M., Rojas, J. R. A., Tirado, P. O., Salas, R. G., & Falcón, V. V. (2017). **Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche.** *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(11), 1-16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653574004.pdf>
7. Alhussien, M. N., & Dang, A. K. (2018). **Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: an overview.** *Veterinary World*, 11(5), 562-577. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.562-577>
8. Alvarez Ibarra, M., & Avila Ramos, F. (2017). **Determinación de mastitis subclínica en cabras lecheras estabuladas.** *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 2(1), 53–56. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/997>
9. Artech-Villasol, N., Fernández, M. A., Gutiérrez-Expósito, D., & Pérez, V. P. (2022). **Pathology of the mammary gland in sheep and goats.** *Journal of Comparative Pathology*, 193, 37-49. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2022.02.007>
10. Bazan, R., Cervantes, E., Salas, G. y Segura-Correa, J. C. (2009). **Prevalencia de mastitis subclínica en cabras lecheras en Michoacán, México.** *Revista Científica, FCV-LUZ*, 19(4). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15471>

11. Bedolla Cedeño, C., Bedolla García, E., Castañeda Vázquez, H., Wolter, W., Castañeda Vázquez, M., & Kloppert, B. (2012). **Mastitis Caprina**. http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/9014/pdf/BedollaCedenoMastitis_Caprina2012.pdf
12. Bedotti, Daniel & Rossanigo, Carlos. (2011). **Manual de reconocimiento de enfermedades del caprino. Diagnóstico de las enfermedades más comunes en la región centro oeste del país**. [10.13140/RG.2.1.4257.1765](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4257.1765)
13. Bidot Fernández, Adela. (2017). **Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica**. *Revista de Producción Animal*, 29(2), 32-41. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200005&lng=es&tlng=e
14. Cannas, E., Dore, S., Lollai, S., Liciardi, M., & Addis, M. (2019). **Mastitis in Small Ruminants**. Instituto Zooprofiláctico Experimental de Cerdeña.
15. Castro, R. R., Resendiz, G. P., Aparicio, E. D., & De Jesús Medina Córdova, N. (2022). **Prevalencia de mastitis subclínica y determinación de los factores de riesgo en cabras ordeñadas de forma manual y mecanizada en rebaños de Comondú, Baja California Sur, México**. *Acta Universitaria*, 32, 1-10. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3268>
16. De Souza, F. N., Blagitz, M. G., Penna, C., Della Libera, A. M. M. P., Heinemann, M. B., & Cerqueira, M. M. O. P. (2012). **Somatic cell count in small ruminants: friend or foe?** *Small Ruminant Research*, 107(2-3), 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.04.005>
17. Dore, S., Liciardi, M., Amatiste, S., Bergagna, S., Bolzoni, G., Caligiuri, V., Cerrone, A., Farina, G., Montagna, C., Saletti, M. A., Scatassa, M. L., Sotgiu, G., & Cannas, E. A. (2016). **Survey on small ruminant bacterial mastitis in Italy, 2013–2014**. *Small Ruminant Research*, 141, 91-93. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.07.010>
18. Džidić, A., Rovai, M., Poulet, J., Leclerc, M., & Marnet, P. (2019). **Review: Milking routines and cluster detachment levels in small ruminants**. *Animal*, 13, s86-s93. <https://doi.org/10.1017/s1751731118003488>
19. **FAO (2021)**. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
20. Ferreira, A., Bislev, S. L., Bendixen, E., & Almeida, A. M. (2013). **The Mammary Gland in Domestic ruminants: A Systems Biology perspective**. *Journal of Proteomics*, 94, 110-123. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2013.09.012>

21. Fragkou, I., Boscos, C., & Fthenakis, G. C. (2014). **Diagnosis of clinical or subclinical mastitis in ewes.** *Small Ruminant Research*, 118(1-3), 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.015>
22. Gelasakis, A. I., Mavrogianni, V., Petridis, I., Vasileiou, N., & Fthenakis, G. (2015). **Mastitis in sheep – the last 10 years and the future of research.** *Veterinary Microbiology*, 181(1-2), 136-146. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.07.009>
23. Gómez-Gascón, L., Galán-Relaño, Á., Cardoso-Toset, F., Barrero-Domínguez, B., Astorga, R., Luque, I., Tarradas, C., & Gómez-Laguna, J. (2022). **Lactate dehydrogenase: detecting high bacterial and somatic cells counts in goats from whole milk samples.** *Small Ruminant Research*, 208, 106632. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106632>
24. Goncagül, G. (2021). **Antimicrobial susceptibility of bacteria isolated from goats with subclinical mastitis in the southern Marmara region of Turkey.** *Medycyna Weterynaryjna*. <https://doi.org/10.21521/mw.6527>
25. Guzmán Tellez, B. (2013). **Prevalencia de mastitis subclínica en cabras en lactación del Proyecto Maya de Seguridad Alimentaria (PROMASA II) en el municipio de Nebaj, Departamento del Quiché** [Tesis de licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
26. INEGI - <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/clima.aspx>
27. Machado GP (2018) **Mastitis in small ruminants.** *Animal husbandry, dairy and veterinary science* 2(4). <https://doi.org/10.15761/ahdvs.1000144>
28. Manning, A., Vasileiou, N. G. C., & Crilly, J. (2021). **Control of mastitis in dairy sheep and goats.** *Livestock*, 26(3), 161-168. <https://doi.org/10.12968/live.2021.26.3.161>
29. Marogna, G., Pilo, C., Vidili, A., Tola, S., Schianchi, G., & Leori, S. (2012). **Comparison of clinical findings, microbiological results, and farming parameters in Goat herds affected by recurrent infectious mastitis.** *Small Ruminant Research*, 102(1), 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.08.013>
30. Mavrogianni, V., Menzies, P. I., Fragkou, I., & Fthenakis, G. (2011). **Principles of mastitis treatment in sheep and goats.** *Veterinary Clinics of North America-food Animal Practice*, 27(1), 115-120. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.10.010>
31. Mendoza López, Y. S., Alfaro Cruz, R. I., Ruano Iraheta, C. E., & Castro Menjívar, J. A. (2018). **Diagnóstico de mastitis subclínica y calidad microbiológica de la leche de cabra comercializada en el centro histórico de la ciudad de San Salvador** [Tesis Licenciatura]. Universidad de El Salvador.

32. Menzies P. (2021). **Udder Health for Dairy Goats**. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 37(1), 149–174. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.12.002>
33. Menzies, P. I., & Ramanan, S. Z. (2001). **Mastitis of Sheep and Goats**. *Veterinary Clinics of North America-food Animal Practice*, 17(2), 333-358. [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30032-3](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30032-3)
34. Minguijón, E., Reina, R., Pérez, M., Polledo, L., Villoria, M., Ramírez, H., Leginagoikoa, I., Badiola, J. J., García-Marín, J., De Andrés, D., Luján, L., Amorena, B., & Juste, R. A. (2015). **Small ruminant lentivirus infections and diseases**. *Veterinary Microbiology*, 181(1-2), 75-89. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.08.007>
35. Moroni, P., Nydam, D., Ospina, P., Scillieri-Smith, J. C., Virkler, P., Watters, R., Welcome, F., Zurakowski, M. J., Ducharme, N. G., & Yeager, A. E. (2018). **Diseases of the teats and udder**. En *Elsevier eBooks* (pp. 389-465). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-39055-2.00008-5>
36. National Mastitis Council. (2020). **Recommended Mastitis Control Program**.
37. Neijenhuis, F. (2011). **Mastitis Therapy and Control | Role of Milking Machines in Control of Mastitis**. En *Encyclopedia of Dairy Sciences*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374407-4.00305-8>
38. Novac, C. Ş., & Andrei, S. (2020). **The impact of mastitis on the biochemical parameters, oxidative and nitrosative stress markers in Goat's milk: a review**. *Pathogens*, 9(11), 882. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110882>
39. Romero, R. A. R. (2010). **Desarrollo de una herramienta molecular (PCR multiplex) para la detección de los principales agentes de mastitis caprina** [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. http://132.248.9.195/ptb2011/enero/0665835/0665835_A1.pdf
40. Romero, R. A. R. (2018). **Identification of and antimicrobial resistance in bacteria causing caprine mastitis in three states and a city in central Mexico under manual and mechanical milking conditions**. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2018.07.00201>
41. Palma Sandoval, E. E. (2003). **Determinación de pérdidas económicas por mastitis clínica y subclínica en dos hatos de vacas Jerseys** [Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].

42. Persson, Y., & Olofsson, I. (2011). **Direct and indirect measurement of somatic cell count as indicator of intramammary infection in dairy goats.** *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53(1). <https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-15>
43. Plummer, P. J., & Plummer, C. (2012). **Diseases of the mammary gland.** En *Elsevier eBooks* (pp. 442-465). <https://doi.org/10.1016/b978-1-4377-2353-3.10015-0>
44. Podhorecká, K., Borková, M., Šulc, M., Seydlová, R., Dragounová, H., Švejcarová, M., Peroutková, J., & Elich, O. (2021). **Somatic cell count in goat milk: an indirect quality indicator.** *Foods*, 10(5), 1046. <https://doi.org/10.3390/foods10051046>
45. Quinn, P., Markey, B., Leonard, F., FitzPatrick, E., Fanning, S., & Harting, P. (s. f.). **Veterinary Microbiology and Microbial Disease** (2.a ed.). Wiley-Blackwell. (Obra original publicada 2011)
46. **SIAP (2021).**
47. Silanikove, N., Merin, U., & Leitner, G. (2014). **On effects of subclinical mastitis and stage of lactation on milk quality in goats.** *Small Ruminant Research*, 122(1-3), 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.07.018>
48. Singh, M., Kavitha, K., Bharti, D., Dixit, S., Mukherjee, R., Soni, S., & Gandhar, J. (2018). **Clinical management of mastitis in goat: A case report.** *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6, 1163-1165. https://www.researchgate.net/publication/329872734_Clinical_management_of_mastitis_in_goat_A_case_report
49. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017, 28 noviembre). **La caprinocultura en México.** <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>
50. Turkmen, N. (2017). **The nutritional value and health benefits of goat milk components.** En *Elsevier eBooks* (pp. 441-449). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809762-5.00035-8>
51. University of Guelph (2016) - **A Guide to Udder Health for Dairy Goats**
52. Venegas García, B. (2013). **Caracterización de la morfología mamaria y control lechero en un rebaño comercial de ovejas Guirras** [Tesis de maestría]. Universidad Politécnica de Valencia.
53. Zamora, G. M., López-Puga, J. C., Pineda, A. V., Kawas, J. R., Hernández-Martínez, S. P., Hernández, G. S., Costilla, D. S. R., & García, S. (2021). **Producción de leche de cabra en México y uso de aceites esenciales de plantas aromáticas en su producción.** *Tecnociencia Chihuahua*, 15(3), 234-245. <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v15i3.839>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de resultados para la prueba de California.

FECHA	IDENTIFICACIÓN	PRUEBA DE CALIFORNIA		OBSERVACIONES
		D	I	

ESCALA PARA PRUEBA DE CALIFORNIA

Negativo: Sin reacción

Trazas: Precipitación leve

Grado 1: Precipitación sin formación de gel.

Grado 2: Formación de gel.

Grado 3: Formación de gel denso.

Anexo 2. Identificación bacteriana mediante tinción de gram y pruebas bioquímicas.

TINCIÓN DE GRAM	PRUEBAS BIOQUÍMICAS		GÉNERO
	CATALASA	COAGULASA	
COCOS GRAM POSITIVOS	POSITIVA	NEGATIVA	<i>Staphylococcus spp</i>

Anexo 3. Resultados de las pruebas bioquímicas obtenidas al usar el sistema Api-Staph®.

IDENTIFICACIÓN	GLU	FRU	MNE	MAL	LAC	TRE	MAN	XLT	MEL	NIT	PAL	VP	RAF	XYL	SAC	MDG	NAG	ADH	URE
145	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		-	-	-	+	-	+	+	+
151	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		-	-	-	+	-	+	+	+
154	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		-	-	-	+	-	+	+	+
8130	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		-	-	-	+	-	+	+	+
8153	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		-	-	-	+	-	-	+	+

GLU. Glucosa; **FRU.** Fructosa; **MNE.** Manosa; **MAL.** Maltosa; **LAC.** Lactosa; **TRE.** Trehalosa; **MAN.** Manitol; **XLT.** Xilitol; **MEL.** Melibiosa; **NIT.** Nitratos; **PAL.** Fosfatasa Alcalina; **VP.** Voges-Proskauer; **RAF.** Rafinosa; **XYL.** Xilosa; **SAC.** Sacarosa; **MDG.** Metil-Glucopiranosa; **NAG.** N-Acetil-Glucosa; **ADH.** Arginina Dihidrolasa; **URE.** Urea

