



***Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae* bacterias predominantes en casos de mastitis en hatos lecheros del sur de La Guajira, Colombia**

David-Venegas, T.M.^{1,2} ; Rincón-Fernández, E.¹ ; Sánchez, J.² ;
Pedraza- Claros, B.¹ ; Fragoso Amaya, E.M.^{1*}

¹Universidad de Santander, Facultad ciencias Médicas y de la salud, Grupo de investigación Cienciaudes, Carrera 6 14 - 27 Centro, Valledupar, Colombia. ²Centro de Desarrollo Tecnológico del Cesar, CDT Cesar. Unidad de Investigación Ganadera, Grupo Investigación y Desarrollo en Sistemas Agropecuarios, Valledupar, Cesar, Colombia. ✉ el.fragoso@mail.udes.edu.co

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de mastitis bovina y su relación con las prácticas de ordeño, las bacterias patógenas y el recuento de células somáticas en hatos lecheros del sur de La Guajira, Colombia. Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se caracterizaron los factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche aplicando un instrumento de recolección de datos en siete hatos lecheros. Se recolectaron 104 muestras de leche y se determinó el recuento de células somáticas mediante citometría de flujo. Los microorganismos patógenos causantes de mastitis clínica y subclínica se identificaron mediante pruebas bacteriológicas. Los datos se analizaron utilizando estadística descriptiva y se evaluaron las asociaciones entre los factores relacionados con la mastitis y el recuento de células somáticas mediante la prueba de chi-cuadrado ($p < 0,05$). Ninguno de los hatos evaluados implementaba buenas prácticas de ordeño. Según el recuento de células somáticas, el 63 % de los cuartos mamarios se clasificaron como sanos (de 10.000 a <200.000 células/mL), el 18 % presentaba mastitis subclínica (200.000–500.000 células/mL), el 12 % mastitis clínica (500.000–1.000.000 células/mL) y el 7 % mostraba una infección grave con recuentos superiores a 1.000.000 de células/mL de leche. Se obtuvieron 19 aislamientos bacterianos, de los cuales 14 (73,6 %) se identificaron fenotípicamente como *Staphylococcus aureus* y 5 (26,4 %) como *Streptococcus agalactiae*. La falta de buenas prácticas de ordeño puede contribuir a la aparición tanto de mastitis clínica como subclínica. *S. aureus* fue el patógeno predominante, seguido de *S. agalactiae*, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer las buenas prácticas de ordeño y los programas de monitoreo de mastitis para mejorar la salud de la ubre y la calidad de la leche.

Palabras clave: bacterias, recuento de células somáticas, ganado bovino, leche cruda (Fuente: MeSH, DeCS).

***Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* predominate in mastitis cases in dairy herds from southern La Guajira, Colombia**

Abstract. The aim of this study was to determine the occurrence of bovine mastitis and its relationship with milking practices, pathogenic bacteria, and somatic cell count in dairy herds from southern La Guajira, Colombia. A descriptive cross-sectional study was conducted using non-probability convenience sampling. Factors influencing the hygienic and sanitary quality of milk were characterized by applying a data collection instrument in seven dairy herds. A total of 104 milk samples were collected, and somatic cell counts were determined by flow cytometry. Pathogenic microorganisms causing clinical and subclinical mastitis were identified through bacteriological tests. Data were analyzed using descriptive statistics, and associations between mastitis-related factors and somatic cell count were evaluated using the chi-square test ($p < 0.05$). None of the evaluated herds implemented good milking practices. Based on somatic cell count, 63 % of mammary quarters were classified as healthy (10,000 to <200,000 cells/mL), 18 % had subclinical mastitis (200,000–500,000 cells/mL), 12 % had clinical mastitis (500,000–1,000,000 cells/mL), and 7% showed severe infection with counts exceeding 1,000,000 cells/milk. Nineteen bacterial isolates were obtained, of which 14 (73.6 %) were phenotypically identified as *S. aureus* and 5 (26.4 %) as *S. agalactiae*. The lack of good milking practices may contribute to the occurrence of both clinical and subclinical mastitis. *S. aureus* was the predominant pathogen, followed by *S. agalactiae*, highlighting the need to strengthen good milking practices and mastitis monitoring programs to improve udder health and milk quality.

Keywords: Bacteria, somatic cell count, cattle, raw milk (Source: MeSH, DeCS).

INTRODUCCIÓN

La mastitis bovina es una enfermedad infecciosa que ocupa un papel importante en la investigación veterinaria, debido a que tiene efectos no solo en la salud del animal y en la disminución de la producción, sino por los gastos que debe asumir el sector lechero en la prevención y el tratamiento (Li X et al. 2023). Dicha patología es recurrente durante la vida productiva de la hembra bovina debido a patógenos presentes, afectando su producción láctea. La mastitis clínica (MC) puede cursar con episodios subclínicos (MSC) y clínicos en la misma infección o con el regreso de la infección después de la resolución de la enfermedad (Cobirka et al. 2020).

Un método indicado para la detección de la MSC es el recuento de células somáticas en la leche (RCS). Dichas células corresponden a la respuesta inmune generada por el huésped (vaca) ante la invasión de bacterias patógenas a la glándula mamaria. Producto de esto son liberadas citocinas por parte de las células mamarias lesionadas, atrayendo de esta forma a leucocitos, en mayor proporción neutrófilos polimorfonucleares del torrente sanguíneo, los cuales, se encuentran en la leche al momento del diagnóstico. El resultado del RCS elevado al momento de la toma de la muestra se asocia con las alteraciones de las proteínas de la leche, el contenido mineral, la composición de los ácidos grasos y la lactosa (Schwarz et al. 2020). Sus formas de presentación ya sea clínica o subclínica, advierten de su incidencia; la primera se caracteriza por cambios aparentes en la leche y en la ubre, con síntomas en el estado general del animal. La segunda, no evidencia signo alguno. Sin embargo, el RCS orienta hacia el diagnóstico (Zalewska et al. 2025) "ISSN": "1806-2636", "abstract": "The somatic cell count (SCC. En ambos casos, se traduce en pérdidas, puesto que su costo total puede llegar a representar, hasta un 16 % de los ingresos brutos diarios de un establecimiento lechero y por el proceso infeccioso hasta el 26 % de la producción total. La etiología multifactorial de la enfermedad se les atribuye no solo a las características relacionadas con el animal, sino al ambiente en el que se manipula la leche, por lo que cobra importancia el periodo de lactancia, el número de partos, producción individual y las prácticas de ordeño (Ng'ang'a et al. 2025).

Actualmente, existe una limitada disponibilidad de información sobre la calidad de la leche cruda en el departamento de La Guajira, así como sobre el impacto de diversos factores de la producción primaria en su composición. Aunque el sistema vigente de pago por calidad en Colombia no incluye el recuento de células somáticas (RCS) como uno de sus criterios obligatorios (MADR 2012), este parámetro es ampliamente reconocido a nivel internacional como un indicador esencial del estado sanitario de la glándula mamaria y de las condiciones higiénicas durante el ordeño. Su inclusión permitiría no solo mejorar la trazabilidad sanitaria del producto, sino también incentivar buenas prácticas en los sistemas productivos (Esguerra et al. 2018).

Entre los patógenos de mayor prevalencia en los casos de mastitis en los hatos lecheros a nivel mundial están el *S.*

agalactiae y *S. aureus*, generando impactos negativos en la productividad y calidad de la leche, además del incremento en el recuento de células somáticas (mastitis subclínica) (Gao et al. 2017; Vakkamäki et al. 2017). La principal forma de contagio de estos patógenos se da de vaca a vaca, por lo cual las vacas infectadas se comportan como reservorios de estas bacterias. El *S. aureus* es el más contagioso, siendo caracterizada la epidemiología del patógeno causante de la mastitis cuando es determinado un genotipo predominante (Capurro et al. 2010, Klaas y Zadoks 2018). La variedad en los niveles de prevalencia en los hatos es dada por las diferencias en la patobiología de ambos patógenos en las lecherías de diferentes países desarrollados (Keefe 2012).

La contaminación cruzada durante el ordeño es la principal vía de transmisión de la mayor parte de las cepas de *S. agalactiae* y *S. aureus* (Barlow et al. 2013). El control del *S. aureus* representa un desafío debido a que múltiples de sus cepas no responden a los programas sanitarios (Graber et al. 2009). Por otra parte, se considera que el *S. agalactiae* posiblemente tenga reservorios ambientales, lo cual dificulta aún más su control (Jørgensen et al. 2016).

En regiones como La Guajira Colombia, aunque no se cuenta con datos precisos sobre el nivel de conocimiento de los proveedores respecto a las regulaciones y procedimientos de muestreo, es razonable suponer que factores como la falta de capacitación, el acceso limitado a tecnología y las brechas en competencias técnicas dificultan la implementación de sistemas de aseguramiento de calidad, particularmente en lo que respecta a prácticas higiénicas fundamentales. Aunque se han realizado estudios en Colombia para analizar la calidad higiénico - sanitaria y composicional de la leche, son escasos los datos publicados en cuanto al análisis de factores de riesgo relacionados con mastitis y el recuento de células somáticas (Salamanca et al. 2023).

La realización de estudios que enfaticen en factores de riesgo relacionados con mastitis y el mejoramiento de las técnicas de diagnóstico, pueden coadyuvar a reducir las infecciones intramamarias, junto con el tratamiento antimicrobiano apropiado, y la implementación de las buenas prácticas de ordeño (Lavor et al. 2019).

Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo principal, determinar mastitis bovina e identificar factores de la producción primaria, bacterias patógenas y recuento de células somáticas, con la finalidad de aportar con el conocimiento de elementos que pueden afectar la calidad de la leche en hatos de La Guajira, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Información general. Estudio transversal descriptivo, con muestreo no probabilístico por conveniencia. En la zona de estudio no se encuentran hatos con exclusividad a la producción de leche. Se reportaron aproximadamente 93 hatos medianos con un inventario promedio de 120 vacas, con el 45 % en ordeño diario. Para la presente investigación, se escogieron 7 hatos medianos del sur del departamento de La Guajira, Colombia (Entre ~10.5 °N–11.2 °N y 72.8 °W–73.0 °W) con ordeño manual, cuyos criterios de selección fueron el fácil acceso y, el consentimiento

por escrito y voluntario de los propietarios para aplicar el cuestionario y tomar las muestras de leche. Para la inclusión de los animales al estudio, se seleccionaron 104 bovinos hembra de raza cebuina, en edad reproductiva, en periodo de lactancia y sin tratamientos con antibiótico. La investigación se desarrolló respetando los principios éticos relacionados con el bienestar animal y la confidencialidad de la información. La toma de muestras de leche se realizó mediante procedimientos rutinarios de ordeño, minimizando el estrés y el riesgo para los animales.

En cuanto a bioseguridad, la recolección, transporte y procesamiento de las muestras se efectuaron siguiendo protocolos de buenas prácticas de laboratorio. Se emplearon elementos de protección personal y técnicas asépticas. Los residuos biológicos generados fueron gestionados conforme a la normativa institucional vigente para minimizar riesgos para el personal, los animales y el medio ambiente.

Aplicación de cuestionario. Se aplicó el cuestionario, encaminado a identificar los factores influyentes en la calidad sanitaria y la aplicación de Buenas Prácticas de Ordeño (BPO). Se analizaron variables relacionadas con las instalaciones para el ordeño, manejo animal, condición del ordeñador, condiciones higiénico-sanitarias del local de ordeño, periodo de lactancia y número de partos. Los datos del cuestionario fueron recolectados mediante la observación de las instalaciones y el seguimiento de la rutina de ordeño. La información de las capacitaciones, periodo de lactancia y número de partos se tomó de lo informado por el administrador del hato. Se verificó la certificación de sanidad animal mediante la revisión del documento emitido por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Recuento de Células Somáticas. Inicialmente, se verificó el estado de las glándulas en las 104 vacas. Luego en cada vaca se verificó la presencia de variaciones aparentes en la ubre y en la leche, lo que se clasificó como mastitis clínica. Para el diagnóstico de mastitis subclínica, por la ausencia de signos se empleó la prueba California Mastitis Test (CMT) en cada glándula y luego se comparó con el recuento de células somáticas realizado por técnica de citometría de flujo. Para ello, se tomaron muestras de las cuatro glándulas y se conformó una muestra compuesta por cada vaca evaluada.

Las muestras de leche cruda se recolectaron durante el primer ordeño matutino y bajo la eliminación de los primeros chorros. Se tomaron 60 mL de leche vaca a vaca, de los cuatro cuartos de la ubre. Se vertieron en recolectores tipo clic, con capacidad de 70 mL que contenía una pastilla del conservante bronopol (bactericida). Se rotularon según el sistema de identificación del animal. Se llevaron a conservación en neveras con geles refrigerantes a 4°C. Seguidamente se embalaron y transportaron al Laboratorio de Calidad e Inocuidad de la Leche Universidad de Antioquia para el recuento de células somáticas. El tiempo entre la toma y recepción no excedió las 48 horas con el fin de ser procesadas a nivel de laboratorio. El seguimiento de las muestras se testeó a través de un formato de cadena de custodia.

Independiente del diagnóstico de mastitis, se realizó el recuento de células somáticas a la totalidad de las muestras, por citometría de flujo: Método normalizado ISO 13366-2-IDF 148-2:2006 en el Laboratorio Calidad e Inocuidad de la Leche Universidad de Antioquia, acreditado para pago por calidad de la leche cruda ante el ONAC en ISO 17025.

Cultivo bacteriológico y tipificación bacteriana.

A partir de los resultados de la prueba CMT (positiva) en campo, se recolectaron 10 mL de leche en tubos de ensayo tapa rosca estériles, se refrigeraron y se transportaron al laboratorio de alimentos de la Universidad de Santander, campus Valledupar donde fueron procesadas de forma inmediata para la determinación microbiológica. Las muestras fueron sembradas con asa bacteriológica calibrada de 10 ul sobre el medio agar sangre (Oxoid GmbH), se incubaron a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ entre 18 y 24 h. Posteriormente se realizó la coloración de Gram para observar la morfología celular y caracterizar las bacterias como Gram positivos o Gram negativos. A los aislamientos de cocos Gram positivos se les aplicaron pruebas bioquímicas diferenciales: prueba de la catalasa y prueba de la coagulasa, lo que permitió clasificar los aislamientos como *Staphylococcus coagulasa* positivos pudiéndose relacionar con la presencia de cepa de *S. aureus* o coagulasa negativos (SCN). Para los cocos Gram positivos catalasa negativos, se realizaron repiques en agar sangre y pruebas complementarias como la prueba de CAMP y la hidrólisis de esculina, a fin de identificar con mayor precisión especies del género *Streptococcus* y *Enterococcus*.

Análisis de los datos. Se llevó a cabo un análisis descriptivo de los resultados de la aplicación del cuestionario, identificación microbiológica y del recuento de células somáticas. Los resultados se presentaron en números absolutos y porcentajes. Asimismo, las estimaciones estadísticas entre los factores asociados a mastitis con el recuento de células somática; se realizaron mediante la prueba *chi cuadrado* (significancia $<0,05$). Los datos fueron tabulados y graficados en el programa Excel. Para el análisis de los datos se empleó el software SPSS versión 25.0.

RESULTADOS

Se presentan las variables relacionadas con las prácticas de ordeño. Para los factores que hacen referencia a las instalaciones, el 100 % no cumplen con estos requisitos. En relación con las actividades que se realizan en el manejo del animal durante el ordeño se observó que, en la práctica la limpieza de ubre el 58,3 % no la realiza. En cuanto a, la inmovilización y estimulación del animal son más quienes no lo llevan a cabo con un 57 %, frente a un 43 % que llevó a cabo “maneado”. Para la actividad de sellado, el 71 % lo efectuó, mientras que el 29 % lo hizo con el ternero. En relación con el lavado de manos durante y después de cada ordeño, el 71 % no realizó esta actividad durante este proceso. Con respecto al atuendo y a las capacitaciones, se observó un incumplimiento del 71 % y 100 %, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Variables relacionadas con las Prácticas de Ordeño en los hatos (n = 7)

Variables	Cumple (n, %)	No cumple (n, %)
Instalaciones		
Local de ordeño con piso de cemento	0 (0 %)	7 (100 %)
Local de ordeño con techo (teja o zinc)	0 (0 %)	7 (100 %)
Reservorio de agua	0 (0 %)	7 (100 %)
Manejo animal		
Limpieza y desinfección de la ubre antes del ordeño	3 (43 %)	4 (57 %)
Inmovilización y estimulación de las vacas	3 (43 %)	4 (57 %)
Sellado	5 (71 %)	2 (29 %)
Arreado del animal con tranquilidad y buen trato	7 (100 %)	0 (0 %)
Condición del ordeñador		
Lavado de mano antes, durante y después de cada ordeño	2 (29 %)	5 (71 %)
Atuendo adecuado para realizar el ordeño	2 (29 %)	5 (71 %)
Capacitaciones	0 (0 %)	7 (100 %)
Condición higiénico-sanitaria		
Certificación de sanidad animal ICA	7 (100 %)	0 (0 %)
Limpieza y desinfección adecuada de los utensilios de trabajo (Yogos, filtros de aluminio, baldes plásticos)	7 (100 %)	0 (0 %)

El 44,2% de las vacas se encontró en un periodo de lactancia de 4 – 6 meses, seguido del 4,6% que estaba entre los 7 – 9 meses, por encima del 13,46% que se encontró entre 1–3 meses (Tabla 2).

Tabla 2. Periodo de lactancia de las vacas por meses (n = 104)

Periodo de lactancia (meses)	Número de vacas, %
1-3	14 (13,46 %)
4-6	46 (44,23 %)
7-9	44 (42,30 %)

Tabla 3. Número de partos (n = 104)

Número de partos	Número de vacas, %
1	35 (33,65 %)
2	61 (58,65 %)
3	8 (7,69 %)

A 61 vacas (58,65%) le fueron registrados 2 partos. El 33,65% tuvo un solo parto y el 7,69% tres o más partos (Tabla 3).

De 104 vacas, 65 (63%) presentaron cuartos sanos con recuentos menores a 200.000 células/mL. Diecinueve vacas (18%) presentaron mastitis subclínica con recuentos entre 200.000 – 500.000 células/mL. Trece vacas (12%) presentaron mastitis clínica con recuentos de 500.000 – 1.000.000 células/mL y siete vacas (7%) presentaron infección severa con recuentos mayores a 1.000.000 de células/mL (Figura 1). El recuento de células presentó asociación estadística con la presencia de mastitis ($p = 0,001$). Del mismo modo, la limpieza de la ubre ($p = 0,01$), el lavado de manos ($p = 0,004$) y el número de partos ($p = 0,003$).

Se obtuvieron 39 muestras de leche correspondientes a los recuentos mayores a 200.000 células/mL, con bacterias aisladas en el 48,71% (19) de las muestras. Los análisis microbiológicos permitieron determinar que el 100% fueron bacterias Gram positivas, de las cuales 14 (73,68%) fueron catalasa y coagulasa positivos clasificándose como *S. aureus*. Adicionalmente, se encontró que 5 aislamientos (26,32%), mostraron actividad betahemolítica en agar sangre, catalasa negativa, morfología de cocos cadenas cortas, CAMP (positivo) y bilis esculina (positivo), clasificándose como *S. agalactiae* (Figura 2).

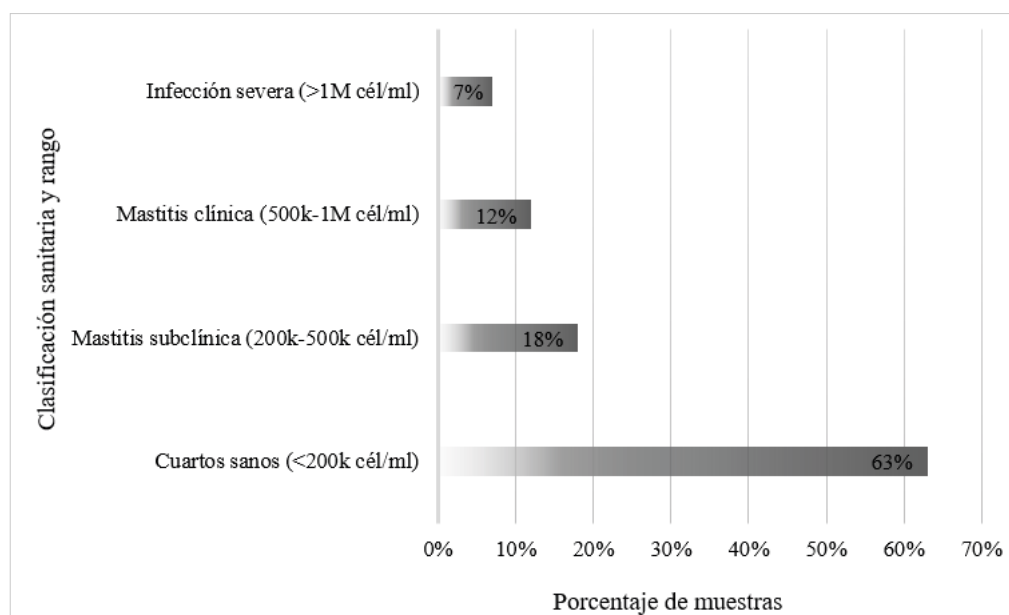


Figura 1. Mastitis con recuento de células somáticas por citometría de lujo: Método normalizado ISO 13366-2- IDF 148-2:2006

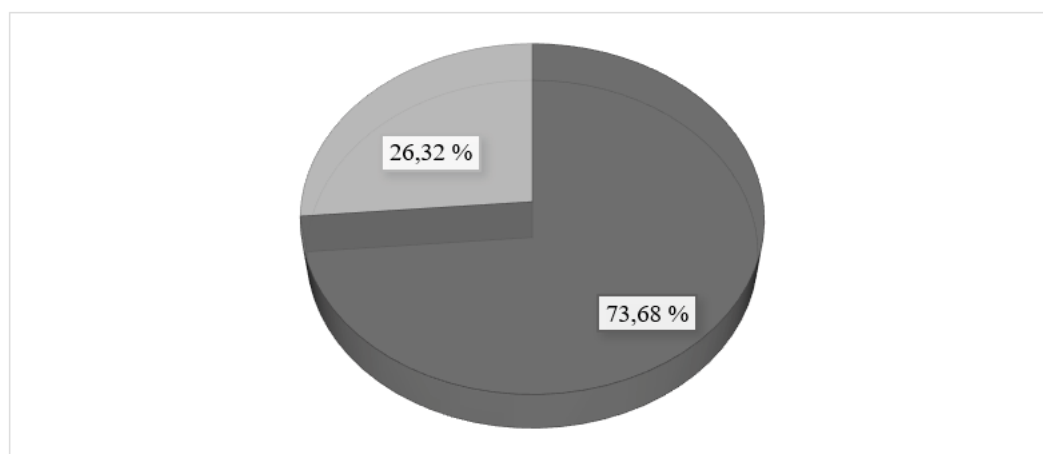


Figura 2. Resultados de la identificación bacteriológica de las muestras con mastitis

DISCUSIÓN

El manejo sanitario en el hato es una variable que se relaciona de manera estrecha con el rendimiento de la producción en la actividad ganadera, dada su influencia en el estado de salud animal, y la presencia de factores de riesgo para mastitis y microorganismos patógenos (Juozaitienė et al. 2024).

El no cumplimiento de estas variables de limpieza de utensilios influye en la contaminación microbiológica de las glándulas mamarias del bovino y ocasiona pérdidas en el volumen de la producción lechera, y aunque se cumplan con algunos, si no se aplican todos los requisitos en los hatos, puede ocasionar mastitis. Estas condiciones de higiene inadecuadas, también disminuyen la calidad de la leche cruda, lo que puede conllevar a riesgos por la transmisión de microorganismos que causan infecciones (Lind et al. 2025).

En el estudio no hubo significancia estadística entre el periodo de lactancia y la presencia de mastitis. En contraste,

otros autores han reportado que las características de los episodios de mastitis de las lactancias anteriores influyen en las lactancias posteriores. Se ha encontrado que mastitis clínicas y promedios altos de RCS de lactancias anteriores incrementaron las probabilidades de mastitis clínica hasta 60 días posterior al parto y a su vez impactaron negativamente en el RCS a los 30 y 60 días (McDougall y Castle 2021).

Otra asociación encontrada ha sido que cuartos que presentaron al menos un caso de mastitis, tuvieron 4.2 veces más probabilidades de presentar nuevamente mastitis clínica en la siguiente lactancia, en comparación con aquellos cuartos que no presentaron mastitis clínica en la lactancia previa (Hertl et al. 2023).

Sin embargo, si hubo diferencia significativa con el número de partos, semejante a lo hallado por Shikder et al. (2024), quienes encontraron la paridad como factor de riesgo para mastitis en el contexto del predio lechero. En ese sentido, Zhou et al. (2025) observaron que a medida que aumenta el orden de parto se incrementa la prevalencia

de mastitis con mayor proporción en el segundo con respecto al primero y concluyeron que vacas que sufren mastitis durante una lactancia, tienen mayor probabilidad de contagiarse en la siguiente, que aquellas que no se enfermaron. Por su parte Kitila et al. (2021), atribuyen que el aumento de la prevalencia de mastitis con los partos coincide con el aumento de la edad. En el presente estudio se consideró positividad para mastitis, recuentos de células somáticas superiores a 200.000 células/mL; de acuerdo con referencias internacionales este parámetro es un indicativo orientado a la calidad higiénica y a la salud de la ubre en vacas lecheras y suele mostrar valores diferentes, sujetos al patógeno causante de la inflamación de la glándula mamaria (Moctezuma et al. 2025).

La prevalencia de mastitis clínica fue de 12% superior a lo reportado en Antioquia (1,7%) (Ramírez et al. 2011), Argentina (Richardet et al. 2016) y por Labor et al. (2019), en granjas pequeñas (0,8%). El 18% resultó con mastitis subclínica, por debajo de lo encontrado en Perú, con una prevalencia de mastitis subclínica de 57,2 % a nivel de vaca y 35,8 % a nivel de cuarto mamario (Turpo et al. 2024). Las diferencias entre hallazgos estarían relacionadas a los múltiples factores de riesgo que se encuentran en el manejo, la alimentación y salud de cada hato (Ferronato et al. 2025). Estos hallazgos se relacionan con los resultados obtenidos en las variables de Buenas Prácticas de Ordeño, donde se observaron falencias en todos los hatos incluidos en el estudio. Se han relacionado factores de riesgo que pueden contribuir a mastitis subclínica por ejemplo, una alta proporción de malas prácticas de higiene de la ubre, (limpieza de la ubre $p = 0,01$, lavado de manos $p = 0,004$), variables que coinciden con el presente estudio y una mayor frecuencia de vacas en paridad tardía y en etapas tardías de lactancia (Zhou et al. 2025).

En el presente estudio, el 48,71% de los casos de En el presente estudio, el 48,71% de los casos de mastitis fue de origen bacteriano, lo que indica una etiología distinta para el resto. Cuando se observan recuentos de células somáticas superiores a 200.000 células/mL y los cultivos bacteriológicos son negativos, no necesariamente debe concluirse que no existe mastitis. La evidencia científica indica que pueden existir agentes no bacterianos, infecciones no detectadas por los métodos convencionales o procesos inflamatorios no infecciosos. La ausencia de crecimiento bacteriano en muestras de leche provenientes de animales con signos clínicos o subclínicos de mastitis, no excluye la presencia de la enfermedad, ya que diversos agentes no bacterianos, como micoplasmas (Gelgie et al. 2024), virus (Wellenberg et al. 2002), hongos (Panchal et al. 2024), algas del género *Prototheca* (Marques et al. 2008), así como factores traumáticos o inflamatorios no infecciosos (Pantoja et al. 2020), pueden desencadenar procesos en la glándula mamaria con características clínicas y citológicas similares a las observadas en la mastitis bacteriana. En cuanto a los microorganismos relacionados con la presencia de mastitis en los hatos, *S. aureus* fue el microorganismo aislado con mayor frecuencia (73,68 %) y muy superior a lo encontrado en Antioquia (10,3 %) (Trujillo et al. 2011).

Para *S. agalactiae* se tuvo un menor porcentaje de aislamientos (26,32%) diferente a lo reportado en vacas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia, Colombia, donde encontraron a *S. agalactiae*

como el aislamiento más frecuente (Ramírez et al. 2011). De igual forma, se ha reportado el hallazgo de ambos microorganismos, en cultivos bacteriológicos realizados a partir de muestras de leche de vacas con mastitis (Villa et al. 2017).

En un estudio realizado en Colombia, fue identificado el *S. aureus* como la bacteria predominante en los casos de mastitis. A su vez se hace énfasis en la capacidad de mutación de este patógeno generando variabilidad de cepas resistentes al sistema inmune lo que permite el avance a infecciones crónicas, que empeoran las probabilidades de curación debido a la resistencia a los antibióticos aplicados. Dichas cepas receptan material genético de cualquier tipo, lo cual incrementa su patogénesis y su adaptación a nuevos huéspedes, permitiendo así la propagación de nuevas cepas (Torres et al. 2020).

En el presente estudio no se aislaron bacterias Gram negativas en las muestras analizadas. Este hallazgo podría explicarse por varios factores epidemiológicos y biológicos. En primer lugar, las bacterias Gram negativas, particularmente *Escherichia coli* y *Klebsiella spp.*, son reconocidas principalmente como patógenos ambientales asociados con cuadros de mastitis clínica aguda, mientras que las infecciones subclínicas y persistentes suelen estar relacionadas con microorganismos Gram positivos de carácter contagioso, como *S. aureus*, *Staphylococcus coagulasa negativos* y *Streptococcus* (Sharun et al. 2021).

Asimismo, la ausencia de Gram negativos podría estar relacionada con la naturaleza transitoria de las infecciones causadas por *Escherichia coli*. Se ha documentado que este microorganismo produce infecciones predominantemente agudas y de corta duración, generalmente entre 10 y 30 días, con una elevada probabilidad de resolución espontánea o eliminación rápida por la respuesta inmune del hospedero. En consecuencia, la probabilidad de aislar estos agentes disminuye cuando el muestreo se realiza fuera del periodo de máxima excreción bacteriana (Goulart y Mellata, 2022).

Adicionalmente, diversos autores han señalado que los patógenos Gram negativos se asocian con mayor frecuencia a mastitis clínicas moderadas o severas, caracterizadas por signos sistémicos y una intensa respuesta inflamatoria, mientras que las mastitis subclínicas suelen estar dominadas por microorganismos Gram positivos capaces de establecer infecciones intramamarias más prolongadas (Cheng y Han, 2020).

También debe considerarse que la ausencia de aislamiento no necesariamente implica ausencia del microorganismo. Los cultivos bacteriológicos pueden producir resultados falsamente negativos debido a bajas cargas bacterianas, eliminación intermitente de los agentes etiológicos, uso previo de antimicrobianos o limitaciones inherentes a la sensibilidad de los métodos diagnósticos empleados. Por ello, algunos casos de mastitis con cultivo negativo podrían corresponder a infecciones no detectadas durante el análisis microbiológico (Malcata et al. 2020).

Por otra parte, los patógenos ambientales tales como *Enterobacter spp.*, *Serratia spp.*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas spp.* y *Proteus spp.*, y algunas bacterias Gram positivas como *S. dysgalactiae* y *S. uberis* tienen la capacidad de adaptación a la ubre permitiéndoles evadir el sistema inmune, logrando estar presente en la glándula mamaria, a diferencia de patógenos como *S. agalactiae*,

Corynebacterium sp., *Mycoplasma* spp. y *S. aureus*, que tienen como hábitat la glándula mamaria, facilitando su transmisión durante el ordeño de ubre a ubre debido a malas prácticas. La presencia de microorganismos patógenos en la leche se genera principalmente por la no aplicación de medidas eficientes en el ordeño (Brisuela et al. 2018).

Las bacterias que se identificaron son patógenos conocidos por su alta virulencia a nivel de hato. Su transmisión puede ocurrir en el momento del ordeño por malas prácticas (Villa et al. 2017). También, han sido relacionados con un incorrecto control de la mastitis infecciosa, lo que puede afectar la calidad y producción de la leche (Tong et al. 2025).

Un factor importante es la capacitación del personal vinculado al ordeño que para el presente estudio fue 0 %. Otros investigadores han determinado que, los conocimientos y la capacitación de este talento humano, puede influir en la calidad final de la leche en tanque, por lo que han recomendado la implementación de programas de instrucción en este campo (Rodríguez et al. 2025).

En un estudio realizado en Colombia, fue identificado el *S. aureus* como la bacteria predominante en los casos de mastitis. A su vez se hace énfasis en la capacidad de mutación de este patógeno generando variabilidad de cepas resistentes al sistema inmune lo que permite el avance a infecciones crónicas, que empeoran las probabilidades de curación debido a la resistencia a los antibióticos aplicados. Dichas cepas receptan material genético de cualquier tipo, lo cual incrementa su patogénesis y su adaptación a nuevos huéspedes, permitiendo así la propagación de nuevas cepas (Torres et al. 2020).

La recolección de información en forma de cuestionarios, ayuda a comprender los factores que influyen en la incidencia de casos de mastitis en los hatos lecheros, con el objetivo de tomar medidas correctivas para su disminución (Niemi et al. 2022).

Un punto importante que influencia el bajo RCS en rebaños en donde no se hace una terapia antibiótica generalizada en el hato, son las buenas prácticas de manejo realizadas en el periodo seco y lactancia anterior (Krattley et al. 2021), siendo observado que hubo una asociación de un alto RCS a los 60 días anteriores al secado y una mayor paridad en la anterior lactancia con un alto RCS en la sucesiva lactancia (Mondini et al. 2023).

En el presente estudio, el 100% de cultivos fueron bacterias Gram positivas. Aunque no se establecieron relaciones causales dado el tipo de diseño, las bajas temperaturas pueden haber afectado la proporción de bacterias gramnegativas aisladas. Resultados de otros investigadores, han soportado que, utilizando una combinación de incubación en caldo y congelación más incubación puede aumentar la tasa de aislamiento de especies de *Staphylococcus*, sobre todo si *S. aureus*, es el patógeno de la ubre con mayor interés (Sol et al. 2002).

CONCLUSIONES

De acuerdo con el conteo de células somáticas, se detectó mastitis clínica en el 12 % de las vacas lactantes y subclínica en el 18 %. Con base en estos resultados y en

las características del hato, es necesario realizar controles lecheros de forma periódica mediante análisis de leche del tanque y de cada vaca en producción, debido a que este comportamiento puede estar asociado con la presencia de animales afectados.

En el ámbito de la ganadería, la mastitis es reconocida como una problemática que refleja el estado de salud integral de la vaca, las condiciones ambientales y el nivel higiénico-sanitario del entorno y de los procedimientos de ordeño. Estos factores favorecen la presencia de microorganismos altamente patógenos, como *S. aureus*, *S. agalactiae* y los coliformes, los cuales afectan el tejido glandular mamario a mediano y largo plazo, generando disminución en la producción láctea y riesgos para la salud pública.

Asimismo, se deben implementar programas de prevención y control a nivel de los hatos lecheros, fortaleciendo la aplicación de las Buenas Prácticas de Ordeño, ya que este proceso constituye una de las principales fuentes de contaminación y de ingreso de microorganismos a la glándula mamaria.

Para futuras investigaciones, se recomienda el uso de técnicas moleculares orientadas a profundizar en la caracterización genotípica de los microorganismos identificados.

Agradecimientos. Al Laboratorio Calidad de Leche, del Centro de Desarrollo Tecnológico del Cesar (CDT), por facilitar el procedimiento para la toma de muestra.

Contribuciones de los autores. DVTM y FAEM: Diseño del estudio; RFE: Muestreos de campo. RFE, DVTM, SJ y PCB: Procesamiento de datos y análisis estadístico; FAEM: Redacción del borrador original. Todos los autores participaron en la revisión y aprobaron la versión final del manuscrito.

Conflicto de intereses. Los autores declaran que no hubo conflicto de intereses en la realización del trabajo.

Disponibilidad de los datos. Los datos estarán disponibles previa solicitud.

ORCID

David-Venegas T. M.  <https://orcid.org/0000-0001-8035-6637>

Rincón-Fernández E. P.  <https://orcid.org/0000-0003-1878-9356>

Sánchez J.  <https://orcid.org/0000-0001-7527-3300>

Pedraza-Claros B.  <https://orcid.org/0000-0003-2200-7951>

Fragoso-Amaya E. M.  <https://orcid.org/0000-0002-2922-6789>

REFERENCIAS

1. Barlow, J. W., Zadoks R. N, Schukken Y. H. Effect of lactation therapy on *Staphylococcus aureus* transmission dynamics in two commercial dairy

- herds. BMC Vet. Res. 2013. 9:28. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-28>.
2. Brisuela Raygosa J, Palacios Torres J, López Valencia G, Hori-Oshima S, Herrera Ramírez JC, Pujol Manríquez LC, Angulo Valadez CE, Rentería Evangelista TB, Medina Basulto GE. Identificación molecular y frecuencia de patógenos aislados de mastitis bovina en establos de la Península de Baja California, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias. 2018 (4):754-68. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i4.4365>.
3. Capurro, A., Aspán, A., Unnerstad, H.E., Waller, K.P., Artursson, K. Identification of potential sources of *Staphylococcus aureus* in herds with mastitis problems. J. Dairy Sci. 2010. 93, 180–191. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2471>.
4. Cheng WN, Han SG. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments - A review. Asian-Australas J Anim Sci. 2020 Nov;33(11):1699-1713. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0156>.
5. Cobirka M, Tancin V, Slama P. Epidemiology and classification of mastitis. Animals. 2020; 10(12):2212. <https://doi.org/10.3390/ani10122212>.
6. Esguerra JC, Cassoli LD, Múnera-Bedoya OD, Cerón-Muñoz MF, Machado PF. Milk quality: Milking personnel associated factors. Rev MVZ Cordoba. 2018;23(1):6461–6473. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1241>.
7. Ferronato G, Simonetto A, Gilioli G, Zecconi A. Modeling Mastitis Risk Management Effects on Dairy Milk Yield and Global Warming Potential. Animals. 2025; 15(1):50. <https://doi.org/10.3390/ani15010050>.
8. Gao J, Barkema HW, Zhang L, Liu G, Deng Z, Cai L, Shan R, Zhang S, Zou J, Kastelic JP, Han B. Incidence of clinical mastitis and distribution of pathogens on large Chinese dairy farms. Journal of Dairy Science. 2017; 100(6):4797-806. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12334>.
9. Gelgie AE, Desai SE, Gelalcha BD, Kerro Dego O. Mycoplasma bovis mastitis in dairy cattle. Frontiers in Veterinary Science. 2024; 11:1322267. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1322267>.
10. Goulart DB, Mellata M. Escherichia coli Mastitis in Dairy Cattle: Etiology, Diagnosis, and Treatment Challenges. Front Microbiol. 2022. Jul 7;13:928346. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.928346>.
11. Graber HU, Naskova J, Studer E, Kaufmann T, Kirchhofer M, Brechbühl M, Schaeren W, Steiner A, Fournier C. Mastitis-related subtypes of bovine *Staphylococcus aureus* are characterized by different clinical properties. Journal of dairy science. 2009; 92(4):1442-51. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1430>.
12. Hertl J, Schukken YH, Tauer LW, Welcome FL, Gröhn YT. Effects of pathogen-specific clinical mastitis occurrence in the first 100 days of lactation 1 on future mastitis occurrence in Holstein dairy cows: An observational study. JDS Commun. 2023;20;4(4):288-292. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0354>.
13. Jørgensen HJ, Nordstoga AB, Sviland S, Zadoks RN, Sølværd L, Kvitle B, Mørk T. *Streptococcus agalactiae* in the environment of bovine dairy herds—rewriting the textbooks?. Veterinary microbiology. 2016;184:64-72. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.12.014>.
14. Jukna V, Meškinytė E, Antanaitis R, Juozaitienė V. Association of Dry Period Length with Automatic Milking System, Mastitis, and Reproductive Indicators in Cows. Animals. 2024; 14(14), 2065. <https://doi.org/10.3390/ani14142065>.
15. Juozaitienė V, Jonikė V, Mardosaitė-Busaitienė D, Gričiuvienė L, Kaminskienė E, Radzijeuskaja J, Venskutonis V, Riškevičius V, Paulauskas A. Application of cold plasma therapy for managing subclinical mastitis in cows induced by *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis* and *Escherichia coli*. Veterinary and Animal Science 2024.; 25:100378. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2024.100378>.
16. Keefe G. Update on control of *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* for management of mastitis. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2012;28(2):203-16. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.010>.
17. Kitila G, Kebede B, Wakgari M. Prevalence, aetiology and risk factors of mastitis of dairy cows kept under extensive management system in west Wollega, western Oromia, Ethiopia. Veterinary medicine and science. 2021; 7(5):1593-9. <https://doi.org/10.1002/vms3.503>.
18. Klaas, I.C., Zadoks, R.N. An update on environmental mastitis: challenging perceptions. Transbound. Emerg. Dis. 2018. 65 (Suppl 1), 166–185. <https://doi.org/10.1111/tbed.12704>.
19. Krattley B, Huybens LJ, Nielen M, Van Werven T. Dry period management and new high somatic cell count during the dry period in Dutch dairy herds under selective dry cow therapy. J Dairy Sci. 2021;104(6):6975-6984. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19133>.
20. Lavor UL, Guimarães FF, Salina A, Mioni MS, Langoni H. Bacterial identification, somatic cell count, antimicrobial profile and toxigenic *Staphylococcus* strains search from mastitic cow milk samples on small farms properties. Pesquisa Veterinária Brasileira. 2019;39:715-22. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5523>.
21. Li X, Xu C, Liang B, Kastelic JP, Han B, Tong X, Gao J. Alternatives to antibiotics for treatment of mastitis in dairy cows. Frontiers in veterinary science. 2023; 10:1160350. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1160350>.
22. Lind N, Hansson H, Emanuelson U, Lagerkvist CJ. Healthy cows, happy farmers? Exploring the dynamics of mastitis and farmer well-being. J Dairy Sci. 2025;108(4):4016–4029. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25506>.
23. MADR. Resolución 0017 de 2012. Por la cual se establece el sistema de pago de la leche cruda a proveedor.2012;1-18. https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_17_de_2012_ministerio_de_agricultura_y_desarrollo_rural.aspx#.
24. Malcata F.B, Pepler P.T, O'reilly E.L, Brady N, Eckersall P.D, Zadoks R.N and Viora L. Point-of-care

- tests for bovine clinical mastitis: what do we have and what do we need?. *Journal of Dairy Research*. 2020; 87(S1), pp.60-66. <https://doi.org/10.1017/S002202992000062X>.
25. Marques S, Silva E, Kraft C, Carvalheira J, Videira A, Huss VA, Thompson G. Bovine mastitis associated with *Prototheca blaschkeae*. *Journal of Clinical Microbiology*. 2008 ;46(6):1941-5. <https://doi.org/10.1128/jcm.00323-08>.
 26. McDougall S, Castle R. Cow-level risk factors for clinical mastitis in the dry period in cows treated with an internal teat sealant alone at the end of lactation. *N Z Vet J*. 2021;69(6):327-336. <https://doi.org/10.1080/00480169.2021.1938269>.
 27. Moctezuma CR, Pineda J, Figueroa D, Macedo RJ, García JL. Conteo de células somáticas en leche producida en hatos bovinos doble propósito de la región costera del estado de Colima, México. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*. 2025;2(2):5-10. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v2i2.25>.
 28. Mondini S, Gislon G, Zucali M, Sandrucci A, Tamburini A, Bava L. Risk factors of high somatic cell count and differential somatic cells in early lactation associated with selective dry cow therapy. *Animal*. 2023;17(10):100982: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100982>.
 29. Ng'ang'a EK, VanLeeuwen J, Gitau GK, McKenna SL, Heider LC, Keefe GK. Investigating compliance with cow comfort and mastitis control recommendations on mastitis outcomes in smallholder dairy farms in Central Kenya. *Research in Veterinary Science*. 2025;1;183:105469. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105469>.
 30. Niemi RE, Hovinen M, Rajala-Schultz PJ. Selective dry cow therapy effect on milk yield and somatic cell count: A retrospective cohort study. *J Dairy Sci*. 2022;105(2):1387-1401. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20918>.
 31. Panchal J, Patel A, Patel S, Goswami D. Understanding mastitis: Microbiome, control strategies, and prevalence - A comprehensive review. *Microb Pathog*. 2024;187:106533. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106533>.
 32. Pantoja JC, Correia LB, Rossi RS, Latosinski GS. Association between teat-end hyperkeratosis and mastitis in dairy cows: A systematic review. *Journal of dairy science*. 2020; 103(2):1843-55. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16811>.
 33. Ramírez Vásquez N, Arroyave Henao O, Cerón-Muñoz M, Jaramillo M, Cerón J, Palacio LG. Factores asociados a mastitis en vacas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia, Colombia. *Rev Med Vet* . 2011;(22):31-42. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542011000200004&lng=en&nrm=iso.
 34. Richardet M, Castro S, Tirante L, Vissio C, Larriestra AJ. Magnitud y variación de la mastitis clínica y sus costos asociados en rodeos lecheros de Argentina. *Arch Med Vet*. 2016;48(2):153-158. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000200004>.
 35. Rodriguez Z, Lopez-Benavides M, Gentilini MB, Ruegg PL. Impact of training dairy farm personnel on milking routine compliance, udder health, and milk quality. *Journal of Dairy Science*. 2025; 108(2):1615-24. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25609>.
 36. Salamanca-Carreño A, Vélez-Terranova M, Barajas-Pardo DP, Tamasaukas R, Jáuregui-Jiménez R, Parés-Casanova PM. Environmental and Breed Risk Factors Associated with the Prevalence of Subclinical Mastitis in Dual-Purpose Livestock Systems in the Arauca Floodplain Savannah, Colombian Orinoquia. *Animals*. 2023; 13(24): 3815. <https://doi.org/10.3390/ani13243815>.
 37. Schunig R, Busanello M, Nogara KF, Zopollatto M. Cow-level risk factors associated with the increase in somatic cell count and the occurrence of subclinical mastitis in Brazilian Holstein and Jersey dairy cows. *Prev Vet Med*. 2024; 227:106208. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2024.106208>.
 38. Schwarz D, Santschi DE, Durocher J, Lefebvre DM. Evaluation of the new differential somatic cell count parameter as a rapid and inexpensive supplementary tool for udder health management through regular milk recording. *Preventive Veterinary Medicine*. 2020; 181:105079. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105079>.
 39. Sharun K, Dhama K, Tiwari R, Gugjoo MB, Iqbal Yatoo M, Patel SK, Pathak M, Karthik K, Khurana SK, Singh R, Puvvala B. Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review. *Veterinary quarterly*. 2021; 41(1):107-36. <https://doi.org/10.1080/01652176.2021.1882713>.
 40. Shikder, M. K., Hasan, M. M., Sarder, M. J. U., Jahan, S. S., Islam, M. A. Prevalence and Risk Factors of Mild Mastitis in Crossbred Dairy Cows. *Livestock Research*. 2024; 2(1):1-7. <https://doi.org/10.25163/livestock.2110127>.
 41. Sol J, Sampimon OC, Hartman E, Barkema HW. Effect of preculture freezing and incubation on bacteriological isolation from subclinical mastitis samples. *Vet Microbiol*. 2002;85(3):241-249. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(01\)00507-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(01)00507-7).
 42. Tong X, Barkema HW, Nobrega DB, Xu C, Han B, Zhang C, Yang J, Li X, Gao J. Virulence of bacteria causing mastitis in dairy cows: A literature review. *Microorganisms*. 2025; 13(1):167. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13010167>.
 43. Torres G, Vargas K, Cuesta-Astroz Y, Reyes-Vélez J, Olivera-Angel M. Phenotypic Characterization and Whole Genome Analysis of a Strong Biofilm-Forming *Staphylococcus aureus* Strain Associated With Subclinical Bovine Mastitis in Colombia. *Front Vet Sci*. 2020;7:1-11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00530>.
 44. Trujillo CM, Gallego AF, Ramírez N, Palacio LG. Prevalencia de mastitis en siete hatos lecheros del oriente antioqueño. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2011; 24:11-18. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902011000100003&lng=en&nrm=iso.

45. Turpo JS, Obregón-Cruz AB, Delgado-Castro A. Prevalencia, agentes bacterianos y factores de riesgo asociados a mastitis subclínica en bovinos (MSB) del caserío Montevideo, Chaglla, Huánuco. *Salud y Tecnología Veterinaria*. (2024);13(2). <https://doi.org/10.20453/stv.v13i2.7128>.
46. Vakkamäki J, Taponen S, Heikkilä AM, Pyörälä S. Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2017; 59(1):33. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0301-4>.
47. Villa-Arcila NA, Duque-Madrid PC, Lasso-Rojas L, Sánchez-Arias S, Ceballos-Márquez A. Etiología de las infecciones intramamarias subclínicas al secado y en el postparto en vacas lecheras en Caldas, Colombia. *Rev Cient la Fac Ciencias Vet la Univ del Zulia*. 2017; 27(4): 227-234. <https://www.redalyc.org/journal/959/95953011005/html/>.
48. Wellenberg GJ, van der Poel WH, Van Oirschot JT. Viral infections and bovine mastitis: a review. *Veterinary microbiology*. 2002; 88(1):27-45. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(02\)00098-6](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(02)00098-6).
49. Zalewska M, Brzozowska P, Rzewuska M, Kawecka-Grochocka E, Urbańska DM, Sakowski T, Bagnicka E. The quality and technological parameters of milk obtained from dairy cows with subclinical mastitis. *J Dairy Sci*. 2025;108(2):1285–1300 <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25346>.
50. Zhou Q, Geng Z, Lian S, Wang J, Wu R. Analysis of Lactation Performance and Mastitis Incidence in High-and Low-Yielding Dairy Cows Using DHI Data. *Animals*. 2025; 15(17):2495. <https://doi.org/10.3390/ani15172495>.