

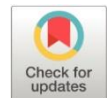


Factores de riesgo durante el ordeño asociado a mastitis subclínica bovina por *Staphylococcus Aureus* Meticilino Resistente (MRSA)

Risk factors during milking are associated with bovine subclinical mastitis due to Methicillin-Resistant Staphylococcus Aureus (SAMR)

- ¹ Jonathan Daniel Toscano Ponce  <https://orcid.org/0009-0004-9961-9133>
Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias,
jtoscano9152@uta.edu.ec
- ² Ana Rafaela Burgos Mayorga  <https://orcid.org/0000-0001-9676-1952>
Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias,
ar.burgos@uta.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 18/11/2024

Revisado: 16/12/2024

Aceptado: 07/01/2025

Publicado: 07/02/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i1.3248>

Cítese: Toscano Ponce, J. D., & Burgos Mayorga, A. R. (2025). Factores de riesgo durante el ordeño asociado a mastitis subclínica bovina por *Staphylococcus Aureus* Meticilino Resistente (MRSA). *Anatomía Digital*, 8(1), 135-158. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i1.3248>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

MRSA,
Staphylococcus
aureus, mastitis,
factores de riesgo,
resistencia
prevalencia, ordeño

Keywords:

SARM,
Staphylococcus
aureus, mastitis, risk
factors, resistance,
prevalence, milking

Resumen

Introducción. La mastitis es una enfermedad relevante en el sector ganadero, que afecta la productividad y el bienestar de las vacas. Se presenta en forma clínica, subclínica y crónica, siendo la subclínica la más común y difícil de detectar. En Ecuador, el 50% de la leche se comercializa informalmente, con un alto riesgo de residuos de antibióticos y células somáticas. *Staphylococcus aureus*, un patógeno resistente, es un factor clave en las mastitis subclínicas y puede desarrollar resistencia a la meticilina debido al uso indebido de antibióticos. **Objetivo.** Describir los factores de riesgo durante el ordeño asociados a mastitis subclínica bovina por *Staphylococcus aureus* meticilino resistente. **Metodología.** Se realizó una búsqueda crítica para recolectar documentación de factores de riesgo durante el ordeño asociado a mastitis subclínica bovina por *Staphylococcus aureus* meticilino resistente (MRSA). Se utilizaron 45 artículos en inglés, español y portugués desde 2019 hasta 2024. **Discusión.** El principal factor de riesgo es la falta de higiene en todo el proceso del ordeño, que, junto a otros factores como la falta de limpieza de las manos del ordeñador, el tipo de ordeño, el uso inadecuado de toallas para secado y antisépticos, la diferente conformación de la ubre y el pezón, el número de lactancias, el periodo de transición, el estrés, entre otros, van a incrementar la incidencia y la prevalencia de la enfermedad por MRSA. **Conclusión.** El principal factor de riesgo es la falta de higiene en los pasos del ordeño, que, combinado con otros factores va a facilitar el ingreso del agente causando mastitis subclínica. **Área de estudio general:** Medicina Veterinaria. **Área de estudio específica:** Ciencias veterinarias **Tipo de estudio:** Artículo de Revisión Bibliográfica.

Abstract

Introduction. Mastitis is a significant disease in the dairy that affects the productivity and welfare of cows. It manifests in clinical, subclinical, and chronic forms, of them, subclinical is the most common and difficult to detect. In Ecuador, 50% of milk production is sold without quality control, posing an elevated risk of antibiotic residues and high counts of somatic cells. Besides, *Staphylococcus aureus*, a resistant pathogen, is

a key factor in subclinical mastitis and can develop methicillin resistance due to the misuse of antibiotics. **Objective.** The aim of this review is to describe risk factors during milking associated with subclinical bovine mastitis caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (SAMR). **Methodology.** A critical search was conducted to gather documentation on risk factors during milking related to subclinical bovine mastitis caused by MRSA. A total of 45 articles in English, Spanish, and Portuguese published from 2019 to 2024 were utilized. **Results and Discussion.** The main risk factor is lack of hygiene throughout the milking process. This, combined with other factors such as dirty milker's hands, milking method, misused of drying towels and antiseptics, differences in udder and teat conformation, number of lactations, transition period, and stress, increases incidence and prevalence of MRSA-related mastitis. **Conclusion.** The main risk factor is the lack of hygiene in the milking steps, which, when combined with other factors, facilitates the entry of the pathogen causing subclinical mastitis. **General Study Area.** Veterinary Medicine. **Specific Study Area.** Veterinary Sciences. **Type of Study.** Review Article.

1. Introducción

La mastitis es una enfermedad de gran relevancia en el sector ganadero, ya que afecta tanto a la productividad como a la economía, además de comprometer la salud y el bienestar de las vacas (1). Esta enfermedad se caracteriza por la inflamación del tejido mamario y se presenta en tres formas: clínica, subclínica y crónica. De estas la Mastitis Subclínica (SMC) es significativamente más prevalente que la forma clínica, con una incidencia de 15 a 40 veces mayor (2).

A diferencia de la mastitis clínica, la forma subclínica no presenta signos visibles, como inflamación del tejido mamario o cambios evidentes en la leche, esto la hace más difícil de detectar a simple vista (3). Sin embargo, su presencia puede ser confirmada mediante pruebas de campo como la prueba de CMT (California Mastitis Test), que gelifica proteínas de células somáticas del sistema inmune en leche (4). Aunque estas pruebas son útiles para detectar la enfermedad, no permiten identificar el agente patógeno responsable de la infección, para ello es necesario realizar cultivos microbiológicos en laboratorio,

que pueden identificar microorganismos específicos, como al *Staphylococcus aureus*, una de las bacterias más comunes en las infecciones subclínicas (5, 6).

En Ecuador, se encontró que el 50% de la leche se comercializa informalmente, sin los controles sanitarios necesarios, lo que representa un riesgo considerable para la salud pública (7). En Pichincha, se determinó que un 28,46% de la leche comercializada informalmente contiene residuos de antibióticos y un 22,77% presentó altos niveles de células somáticas, lo que indica un manejo inadecuado en la producción, y una alta probabilidad de que la leche provenga de vacas afectadas por mastitis subclínica (7, 8).

Uno de los principales factores de riesgo para la mastitis subclínica en bovinos es la presencia de *S. aureus*, que se distribuye a nivel mundial, encontrándose comúnmente en la mucosa y la piel de los mamíferos (9). Esta bacteria es muy resistente y cuenta con diversos factores que potencian su virulencia, como mecanismos de adhesión, invasión, anti-inmunitarios, producción de toxinas y resistencia a antibióticos, lo que le permite infectar diferentes tejidos (1, 10). Además, *S. aureus* posee genes que incrementan su patogenicidad, incluidos aquellos que codifican proteínas de adhesión y colonización, producción de toxinas, invasión y diseminación, así como genes de resistencia a múltiples antibióticos (11). Se transmite a través del contacto directo entre el ordeñador y las ubres durante el ordeño, el contacto de las ubres con el suelo, o cuando el canal del pezón está abierto (5).

S. aureus puede generar resistencia a la meticilina debido al uso indebido de antibióticos, lo que dificulta los tratamientos y representa un serio problema para la producción lechera, incluso causando el descarte de los animales afectados (12, 13). Existen varios factores que pueden contribuir al aumento de la presencia del agente causal y a la prevalencia de la enfermedad, lo cual representa un problema significativo en la producción lechera (4). Entre estos factores se encuentran la etapa de lactancia, el manejo inadecuado de las instalaciones, infecciones previas de mastitis, sistemas de producción intensiva y afecciones en los cuartos mamarios (14). A menudo, estos factores interactúan entre sí, incrementando la exposición al *Staphylococcus aureus* y elevando la probabilidad de que el patógeno desarrolle resistencia a diversos antibióticos (15). En granjas lecheras de Perú, se ha demostrado que esta combinación de factores de riesgo puede aumentar la prevalencia de mastitis subclínica entre un 20% a 40% (10).

El propósito de esta revisión bibliográfica es describir los factores de riesgo que contribuyen al desarrollo de mastitis subclínica provocada por *Staphylococcus aureus* meticilino resistente, con un enfoque particular en el ordeño. Dado que esta bacteria representa un desafío significativo para la salud animal y la eficiencia en la producción lechera, es crucial entender cómo las prácticas y condiciones durante el ordeño favorecen su aparición y proliferación en el ganado bovino. Esta revisión servirá como una guía para futuras investigaciones, proporcionando una base para el desarrollo de estrategias

preventivas más efectivas que mitiguen el riesgo de infecciones por MRSA en la producción lechera.

2. Metodología

En el presente trabajo se realizó una indagación de información crítica y descriptiva, permitiendo recolectar documentación de factores de riesgo durante el ordeño asociado a mastitis subclínica bovina por *Staphylococcus aureus* Meticilino Resistente (MRSA). Las fuentes de información científica que se utilizaron para la revisión bibliográfica fueron: Readlyc, PubMed, Dialnet, SciELO, SCOPUS, Dovepress, Taylor y Francis, Elseiver, MDPI.

Se identificó 350 artículos escritos en inglés, español y portugués. De estos, se descartaron 290 artículos que no estaban relacionados con el tema o contenían información insuficiente del tema. Se leyeron 60 artículos, de los cuales se descartaron 16 artículos, debido a la similitud de su contenido. La selección se centró en artículos publicados en los últimos cinco años, desde 2019 hasta 2024. Para la búsqueda de documentos, se utilizaron las siguientes palabras claves: “*Staphylococcus aerues*”, “risk factors”, “bovine subclinical mastitis”, “Methicillin resistant”, “milking techniques”, “microbial resistance”, “virulence factors”. Al final del proceso, se seleccionaron cuarenta y cuatro artículos.

3. Discusión

La investigación de los factores de riesgo asociados a mastitis subclínica bovina provocada por MRSA, evidencia un impacto significativo en el sector lechero y la salud animal. Mediante la revisión de literatura, se ha identificado múltiples factores que contribuyen al aumento de la prevalencia e incidencia de esta enfermedad, destacándose, entre ellos, la falta de higiene en el proceso del ordeño. Por lo tanto, a través de un análisis crítico de la información recopilada, se discutirá la complejidad de estos factores que influyen en la aparición y propagación de mastitis subclínica bovina por MRSA.

3.1. *Staphylococcus aureus* meticilino resistente (MRSA)

El *Staphylococcus aureus* es una bacteria Gram positiva, inmóvil y de forma esférica (cocos), se agrupa en racimos (como racimos de uvas) y se la puede considerar una bacteria oportunista (16). Se ha demostrado que el 94% de las cepas de *S. aureus* poseen marcadores de resistencia a penicilina y pueden liberar la enzima penicilanasas generando resistencia a los antibióticos beta-lactámicos (17). Esta bacteria principalmente afecta la membrana mucosa, en los animales puede causar gastroenteritis, mastitis, afecciones cutáneas, septicemia y afecciones respiratorias, en humanos puede causar infecciones cutáneas, infecciones del tracto respiratorio, gastroenteritis, septicemia y endocarditis, ya que el agente puede viajar por el torrente sanguíneo (16 - 18).

Estas cepas resistentes, presentan un gen denominado *mecA* que causa la resistencia a meticilina, también se ha identificado un gen *mecC* en algunas cepas (11). Ambos genes se localizan en un elemento genético móvil llamado *SCCmec* (Staphylococcal Cassette Chromosome *mec*), que permite transmitir el gen en la proliferación bacteriana (12). El gen codifica una proteína llama PBP2 α (proteína fijadora de penicilina 2-alfa) que impide que los antibióticos betalactámicos puedan inhibir la síntesis de la pared celular de la bacteria, permitiendo que se siga replicando en la presencia del antibiótico (11, 17, 19).

Según (20) a nivel geográfico las cepas de *Staphylococcus spp.* resistentes a antibióticos betalactámicos presentan una prevalencia variable en dependencia de su cepa circulante. En Estados Unidos y Europa se ha demostrado que las cepas de *Staphylococcus spp.* resistentes a meticilino representan menos del 50% del total (17, 20). Por el contrario, la prevalencia de resistencia a penicilina es mayor en China (80%) y en Sudáfrica (50,3%), en América del Sur la prevalencia de resistencia a penicilina y ampicilina es alta, se ha informado que la prevalencia de estas bacterias en vacas de México es mayor al 85%, en Argentina de un 50%, y en Colombia se ha identificado un 26% de estas bacterias con el gen *mecA*. (16, 17, 20).

Existen microbiomas donde hay un aumento en la proliferación de MRSA, debido a que, poseen las condiciones adecuadas para su crecimiento como un pH adecuado (4 - 10), temperatura (30-37°C), humedad y nutrientes. Los microbiomas pueden ser pequeños y grandes, pueden estar en el espacio alrededor de una célula o de un grupo de células, el suelo, equipos, entre otros (21, 22). Las condiciones que se presentan en los sectores lecheros y granjas facilitan la formación de microambientes y microbiomas, ya que al momento del ordeño hay gotas o chorros de leche que tienen contacto con el suelo, las paredes y las extremidades de los animales, permitiendo que haya un aumento de bacterias (21). Se ha identificado, que el MRSA se presenta en los microbiomas, por alteraciones en el entorno del animal, el suelo, temperatura, entre otros, causando modificaciones como: la formación de biofilms, traspaso de genes de resistencia, presencia de enzimas generadoras de resistencia y mutaciones, lo que va a generar la multi resistencia a los fármacos (19).

3.2. Factores de riesgo durante el ordeño

Estudios recientes (3, 14, 23) han identificado que el factor de riesgo más importante para que exista prevalencia de mastitis subclínica es la falta de higiene en los distintos pasos del proceso del ordeño y post ordeño. Además, se asocia a otros factores como: edad de los ganaderos, estrés animal, equipo de ordeño, alcantarillado, mastitis previas, lactancia, entre otros, el incrementando de la incidencia del agente y la enfermedad (3). Estos factores, incluso, se pueden relacionar entre sí, lo que incrementaría la prevalencia de la enfermedad y del agente causal que en la mayoría de los casos es el *S. aureus* (5).

El proceso del ordeño inicia con el arreo, donde el ganadero ingresa a la vaca al lugar donde se realizará la extracción de leche, durante este proceso se debe evitar que las vacas se asusten y se estresen, ya que pueden inmunodeprimirse, permitiendo que las bacterias oportunistas como el *S. aureus*, que se encuentra en la piel o en el ambiente, ingrese al canal del pezón, alcance la ubre y provoque mastitis subclínica (14, 24). Por ejemplo, en un estudio realizado en granjas de Etiopía se demostró que la prevalencia de MRSA en leche de vacas en estrés fue de un 25,53%, mientras que, en las manos de los ganaderos fue de un 19,23% y ubres de un 10%, identificando que existe un aumento del agente y de casos de mastitis en vacas que sufren estrés (14).

Después del arreo se realiza la limpieza de pezones. En la mayor parte de granjas esto se hace con agua que se deja escurrir, por lo tanto, existe una movilización de microorganismos, los cuales pueden llegar al esfínter del pezón, ingresando por el canal y causando un daño en el tejido mamario (6, 9). Para evitar eso se debe utilizar toallas limpias para el secado, lo que permitirá eliminar gran parte de bacterias del pezón, además, lo estimulan (3). Sin embargo, las toallas para las ubres funcionan como fómites de bacterias que pueden causar mastitis. (14). Por ejemplo, en un estudio de 80 rebaños de 10 establos lecheros se encontró sesenta y siete muestras de toallas con varias bacterias causantes de mastitis, donde las cepas de *Staphylococcus spp.* representaron el 50,8% del total y de estas solo el 0,4% fueron MRSA (25).

Una vez limpios los pezones, se realiza el pre-sellado para reducir la carga bacteriana del entorno del pezón (23). Para esto se emplean antisépticos a base de yodo, ácido láctico, entre otros, estos deben permanecer en el pezón entre 30 segundos a un minuto, si permanece más tiempo puede causar irritación, resequedad o pequeñas lesiones en la piel y en el canal del pezón (24). En caso de superar el tiempo recomendado para la aplicación del pre sellado, se corre el riesgo de facilitar el ingreso de bacterias en el tejido lesionado (11).

Se continua con el despunte, que consiste en un ordeño manual de los primeros 3 a 5 chorros de leche antes del ordeño completo, esto permite eliminar bacterias que se encuentra en el canal del pezón (13). Investigaciones realizadas en hatos colombianos donde se tomaron 301 muestras de leche del despunte de vacas con mastitis subclínica, se encontró que el 68,4% de las muestras son *S. aureus* (14). Además, en varios estudio se estimó la prevalencia de mastitis subclínica en Colombia alcanzando un 19,9% (5, 15, 26, 27).

El ordeño se puede realizar de forma manual o mecanizada. En el primer caso se recomienda utilizar guantes o asegurar una correcta desinfección de las manos (24). Sin embargo, varios estudios señalan que es común el ordeño manual con manos sucias, especialmente cuando lo hacen personas de la tercera edad (14, 17, 23). Además, en una investigación se encontró que estas personas pueden tener sus manos contaminadas con

S. aureus con más frecuencia que otros grupos etarios de ordeñadores manuales, favoreciendo el incremento de casos de mastitis subclínica (14).

En diversas investigaciones se ha reconocido que las prácticas de higiene son mínimas durante el ordeño manual, ya que, no hay un correcto lavado ni secado de pezones, en la mayoría de las ocasiones el ordeñador amarra a la vaca con una soga que está impregnada de estiércol, la cual contaminará las manos del ordeñador de diferentes agentes causantes de mastitis subclínica (14, 16). En cuanto a las producciones familiares el manejo del ordeño, se las considera heredadas, ya que las actividades y costumbres son pasadas de generación en generación, principalmente estas costumbres lo realiza una persona, lo cual va a dificultar las prácticas de higiene (14).

Cuando el ordeño se realiza con máquinas, es imprescindible realizar una desinfección adecuada del equipo antes de su uso mediante antisépticos a base de yodo, ácido láctico o peracético (28). Al colocar la pezonera en las ubres se genera un vacío y presión de 38 a 50 kPa (kilo Pascal), succionando los pezones y extrayendo la leche hacia un tanque (1, 29). De igual forma, las máquinas de ordeño poseen una presión de pulsación que va de 20 a 30 kPa, que determina el tiempo de succión y el descanso, evitando el estrés en las ubres y lesiones en los pezones, cada ciclo de pulsación va de 40 a 60 segundos (29). Si la presión es demasiado alta causará daños en el tejido de la ubre e inflamación, mientras que, si es demasiado baja el ordeño será deficiente, provocando que en la ubre se retenga leche, siendo un “medio de cultivo” para la proliferación de bacterias, causando una infección en los pezones (1, 26, 28, 29).

Al momento del retiro de las pezoneras, se debe evitar lastimar las ubres, ya que las heridas permitirán el ingreso a bacterias oportunistas (6). Al respecto, una pesquisa realizada en cinco granjas de Brasil en las que se empleaba ordeño mecánico se encontraron vacas con las ubres lastimadas, se tomaron 335 muestras de estos animales y de la maquinaria de ordeño, se aisló *Staphylococcus spp.* con el gen *mec* de las muestras de los animales como en las pezoneras, lo que demuestra que existe una prevalencia y proliferación de bacterias meticilino resistentes en la maquinaria de ordeño, siendo éste un factor para el incremento de casos de mastitis (18).

Para finalizar, se realiza el sellado, donde se coloca una solución antiséptica en las ubres, esta debe cubrir las tres cuartas partes del pezón, lo que permitirá eliminar bacterias (23). Por el contrario, si no se realiza esto, el canal del pezón que se encuentra abierto facilitará el ingreso de bacterias causando mastitis (24). Cabe resaltar que, es importante mantener una buena calidad de producto de sellado, pues se demostró que existe un 10% de presencia de *S. aureus* en desinfectantes que se utilizan al momento del ordeño, significando que las bacterias se pueden adaptar a diferentes medios y proliferar (5).

La proliferación de bacterias en diferentes soluciones antisépticas y desinfectantes se debe a diferentes mecanismos de supervivencia de las bacterias como la reducción de la permeabilidad de la membrana bacteriana, la formación de biopelículas, bomba de eflujo, genes de resistencia entre otros (30, 31). Se considera un factor de riesgo el mal manejo de las soluciones, ya que estas pueden estar contaminadas en los frascos o aspersores donde se almacenan, debido a que pueden estar sucios o no haberse lavado correctamente (31). También, se ha demostrado que el almacenamiento de las soluciones por varios días puede causar resistencia y un aumento de la población bacteriana, con el tiempo van perdiendo su efectividad, dependiendo de su concentración y al método de almacenamiento, por ejemplo, la clorhexidina se la pueda almacenar de 1 a 3 años, pero para uso esta formulación se la diluye con cloruro de sodio o con agua, la cual se puede almacenar hasta 7 días (30 - 32).

En estudios, se ha identificado cepas de *Staphylococcus spp.* que desarrollaron resistencia a antisépticos como el amonio cuaternario y sus derivados, debido a una prolongada exposición y repetidas concentraciones o por bajas concentraciones de los antisépticos, por lo cual, estas cepas desarrollaron *genes qac* (“quaternary ammonium compound resistance”) que generan resistencia (22, 30, 32). En otro estudio donde se usó Digluconato de Clorhexidina (CHG) al 98% y Diclorhidrato de Octenidina (OCT) al 98% sobre cepas de MRSA y cepas de *Staphylococcus spp.*, se observó que las cepas de MRSA se mantenían igual o tenían un leve proliferación dentro de los antisépticos, mientras que en cepas de *Staphylococcus aureus* se detuvo su proliferación y en algunos caso se eliminaban (30).

3.3. Forma de la ubre y el pezón

Se ha determinado que hay una prevalencia de mastitis subclínica relacionada con la forma de la ubre y del pezón, como las ubres alargadas con pezones redondos y largos, ubres cóncavas, ubres asimétricas (un lado es más grande que el otro), pezones cortos, entre otros, facilitando la formación de lesiones externas sobre estas estructuras (3). Las lesiones se generan a nivel del pezón y las ubres, estas pueden ser moretones, cortes, quemaduras, entre otros, estas debilitarán el tejido mamario y facilitarán el ingreso de bacterias, un ejemplo es el *S. aureus* que se encuentra a nivel piel permitiendo invadir el tejido mamario, causando mastitis subclínica (22, 23, 33). Además, la profundidad que posee la ubre (trayecto que se da desde la base de pezón a la unión del abdomen y la pelvis) determina la facilidad con la que se lesiona, si esta es muy alargada es más probable que se toque con objetos contaminados o en algunos caso se lastimen, lo que permitirá el ingreso de bacterias al canal del pezón (34).

En varios estudios realizados en vacas de leche y de carne se ha identificado que los cuartos mamarios pueden tener un porcentaje variable de patógenos causantes de mastitis, incrementando la prevalencia y la incidencia (14, 15, 33). En la provincia de Manabí,

Ecuador, se realizó un estudio en 280 vacas de ordeño, se tomó muestra de 1117 cuartos mamarios, de los cuales 176 presentaron mastitis subclínica siendo el 15,76 %, a la vez clasificó la prevalencia de mastitis de cada cuarto, demostrando que los cuartos mamarios que tienen mayor prevalencia son los cuartos posteriores derecho (30,68%), en relación con los posteriores izquierdos, debido a que existió mayor contacto de estos cuartos al pastar (15).

Se ha demostrado, que los pezones redondos y planos son más susceptibles a presentar mastitis subclínica que los pezones puntiagudos o cilíndricos (3). En vacas que presentan ubres colgantes o en forma de cuenco son más prevalentes a presentar mastitis que las vacas con ubres redondeadas o forma de copa (29). De la misma forma, las ubres que son colgantes y en forma de cuenco, y poseen una mayor prevalencia a presentar mastitis subclínica que a vacas que poseen ubres en forma de copa (22, 23). En todas estas formas el canal del pezón se encuentra abierto lo que facilita el ingreso del *S. aureus*, afectando el tejido mamario (3, 25, 29).

3.4. Período de transición

Se conoce como período de transición o período de periparto al intervalo que va desde 21 días antes del parto y 21 días post al parto (35). En este período, las vacas gestantes, especialmente las vacas de producción lechera, son más susceptibles a presentar mastitis, por un aumento en la producción de leche y por la disminución del estado corporal, para que el feto tenga una correcta administración de nutrientes (3,23). Esto facilita la entrada de *S. aureus* a las glándulas mamarias, causando daño en el tejido mamario y provocando mastitis subclínica (14).

En varios estudios, se ha demostrado que el principal causante de mastitis subclínica es el *S.aureus*, ya que se encuentra en la piel, lo que facilita el ingreso al canal del pezón (12, 14, 22, 23). Por el contrario, se relaciona con la posición del parto, ya que vacas en el momento que dan a luz pueden tener un mayor contacto con el suelo o con las manos de sus ordeñadores no desinfectadas, facilitando el ingreso de *S. aureus* (23, 35). Al mismo tiempo, se demostró que el agente tiene mayor facilidad de ingreso en el primer mes de lactancia, ya que el canal en este periodo se encuentra más abierto (23).

El número de partos tiene relación con la prevalencia de mastitis subclínico, porque la vaca se encuentra fatigada con un sistema inmune más débil, y la ubres van a sufrir cambios dependiendo de la edad de la vaca (1). Los pezones se vuelven más flácidos, el esfínter y el conducto del pezón se encuentran más abiertos, permitiendo que haya mayor ingreso de bacterias como *S. aureus*, lo que afectará al tejido mamario y a la glándula mamaria, causando mastitis (1, 36).

3.5. Lactancia

La cantidad de leche que se puede ordeñar de una vaca está relacionada con la lactancia y la presencia del ternero (23). En estudios (11, 22, 23), se ha demostrado que a mayor número de lactancias mayor es prevalencia de mastitis subclínica. Sin embargo, se menciona en un estudio (29), que durante la primera lactancia va a existir una mayor prevalencia, ya que el canal del pezón se encuentra abierto. En Etiopía, se llevó a cabo un estudio que recolectó muestra de 348 vacas en lactancia, de las cuales 121 presentaron mastitis clínica y subclínica, donde se identificó que 84 de los casos correspondían al 68,4% de mastitis subclínica, y se aisló MRSA en 37 casos de ellos, representando el 30,6%. Además, el 75% de los aislamientos presentaban resistencia a la amoxicilina, el 66,7% a la oxitetraciclina, el 50% a la sulfamida, y el 32,4% a la oxacilina (37). Esto demuestra que la lactancia es un factor de riesgo importante que aumenta la prevalencia de mastitis por MRSA.

Se relaciona la incidencia de mastitis subclínica con el período del parto, especialmente durante el pico superior de lactancia, cuando se produce un acumuló de leche (36). Esto genera una presión interna en la cisterna y en el canal, predisponiendo a la apertura del canal del pezón y facilitando el ingreso de bacterias como el *S. aureus*, causando mastitis subclínica (35, 38). En granjas del Perú, se observó la cantidad de lactancia por día y su relación con el aumento de la prevalencia de mastitis subclínica, ya que el canal del pezón tiende a mantenerse abierto, lo que favorece la entrada de bacterias que afectan al tejido mamario, siendo en la mayoría de los casos *S. aureus* (36).

En granjas de Indonesia, se recolectaron 592 muestras de vacas Holstein Friesian en lactancia, identificándose que el 68,18% de las vacas presentaron incidencia de mastitis subclínica, relación que se asocia con factores de riesgo como estrés, lactancia temprana, media y tardía, y mala higiene (39). Mulshet et al. (38), indican que las vacas en etapa de lactancia menor a 5 meses tiene el doble de probabilidad a contraer mastitis subclínica, y una lactancia temprana va aumentar el riesgo de infección. La mitad de lactancia es el período intermedio de la curva de producción de leche, que se da entre el tercer al sexto mes de lactancia (38, 39). En este período la vaca se va estabilizar, disminuyendo la incidencia en comparación con la primera y tercera lactancia (3).

Vacas en primer estadio de lactancia (0 a 100 días) son más propensas a sufrir mastitis clínica y subclínica por *S. aureus*, en esta etapa las vacas recién paridas y después del parto van a sufrir estrés, facilitando el ingreso de este agente por el canal del pezón (22, 34). Este estadio se relaciona con otros factores de riesgo que incrementan la incidencia del agente y de la enfermedad como las manos sucias del ordeñador, canal abierto del pezón, contacto de vaca con el suelo al momento del parto, estrés metabólico y una inmunosupresión, que junto al gasto energético del animal, aumentan la susceptibilidad a presentar mastitis subclínica (22, 23).

En el segundo estadio de lactancia (101 a 200 días), la producción de leche se va a estabilizar y, al mismo tiempo, experimenta un cambio fisiológico en que las vacas se adaptan a una demanda metabólica energética necesaria para una correcta producción de leche de calidad y con los nutrientes necesarios. La oxitocina y la prolactina se mantienen elevadas, ayudando a la eyección de leche y su producción (40). En este estadio las vacas se estabilizan y se adaptan a la lactancia, aumentando su inmunidad (22, 27). En el tercer estadio de lactancia (201 a 305 días), se ha demostrado que hay mayor incidencia de mastitis subclínica por MRSA que en el segundo estadio, ya que las vacas en este estadio son más susceptibles a este agente, hay una disminución de la producción de leche y a la vez va presentar cambios en el sistema inmune, que junto a un inadecuado manejo en las prácticas de ordeño y el uso de equipos que pueden estar contaminados, aumenta la probabilidad de mastitis subclínica causadas por *S. aureus* (22, 40).

3.6. Estrés animal

Se considera que el estrés en las vacas es un factor de riesgo importante que, junto a otros factores, contribuyen al aumento de la prevalencia de mastitis clínica y subclínica, debido a que animales estresados son más susceptibles a contraer infecciones (35). La combinación de este factor con las condiciones ambientales puede ser crucial para la aparición de la infección, dado que el *S. aureus* se encuentra en ambientes húmedos, sucios y con mala ventilación, incrementando la prevalencia de la enfermedad y la proliferación bacteriana (35). Por ejemplo, en países con clima cálido y húmedo, como Argentina (algunas zonas subtropicales), Perú (que posee zonas de clima húmedo) o países de Asia y Europa, hay una mayor presencia de *S. aureus* en el ambiente, lo que aumenta el riesgo a contraer mastitis (5,18,22). Asimismo, durante épocas de lluvia, existe una mayor probabilidad que *S. aureus* ingrese al organismo, ya que algunos granjeros dejan a sus rebaños pastando al aire libre cuando llueve, que permite que las bacterias junto a las gotas de agua que se encuentran en el cuerpo del animal se deslicen llegando a la ubre, facilitando el ingreso del patógeno por el canal del pezón (26).

En granjas con manejo inadecuado del ordeño y vacas en estrés, se ha identificado un aumento en la prevalencia de mastitis a causa de *S. aureus* (35). En estas granjas, las condiciones son propias para la formación de microambientes y microbiomas, en la piel, salas de ordeño, en el suelo, en establos, entre otras, facilitando la proliferación de bacterias, siendo el *S. aureus* el más significativo, cuyas cepas resistentes o no, se pueden encontrar en la piel, fómites y en el ambiente (21, 33), lo que representa un problema al momento del ordeño, ya que este factor cumple todas las condiciones para incrementar la prevalencia de mastitis subclínica durante el ordeño.

Vacas en estrés son más susceptibles al ingreso de estas bacterias, ya que desciende su respuesta inmune, permitiendo la entrada del agente causando mastitis (15). Se ha relacionado cepas de MRSA con cambios en el microbioma del entorno y del huésped,

debido al uso de inadecuado de antibióticos, higiene inadecuada, dieta, hábitat, entre otros, permitiendo que exista un aumento en la prevalencia de MRSA y de mastitis subclínica, estas cepas se identificaron mediante muestras tomadas en equipos de ordeño, en las ubres, en charcos de leche en el piso, en heces mezcladas con leche y extremidades de las vacas de ordeño (11, 18, 27, 41).

Una técnica de ordeño que se utiliza es ordeñar a la vaca junto a su ternero, lo que aumenta la producción de leche y facilitando la extracción (23). Sin embargo, algunos ordeñadores suelen alejar al ternero durante el ordeño, pensado que así obtendrán más producción de leche; al contrario, este método puede causar estrés en las vacas, afectando su sistema inmune, provocando un aumento del cortisol, lo que facilita la susceptibilidad a patógenos (33, 37). De igual forma, no habrá reflejo de ordeño, causando una retención de leche y a la vez va a alterar la fisiología de la ubre y del tejido mamario, aumentando el riesgo de mastitis (3). Se alterará la microbiota normal de la ubre, facilitando la proliferen bacterias patógenas como el *S. aureus*, y junto a la combinación de otros factores como el estrés, el mal manejo del ordeño o una inadecuada higiene puede causar un impacto en la ubre y en el canal del pezón, causando mastitis subclínica (33).

3.7. Mitigación

La principal manera de mitigar la incidencia de mastitis subclínica por MRSA durante el ordeño es la higiene, que debe realizarse correctamente antes y después del ordeño para prevenir la proliferación bacteriana y disminuir la prevalencia de mastitis subclínica (22). En los sistemas de producción de leche, se ha demostrado que la eliminación de orina y estiércol, la desinfección y limpieza de los establos, un correcto lavado de los pezones antes y después del ordeño, la desinfección de las manos del ordeñador y el manejo adecuado de las máquinas de ordeño han permitido reducir significativamente la prevalencia de mastitis subclínica causada por *S. aureus* (24, 35).

Un método que se utiliza en India para controlar el ingreso de *S. aureus* y otros patógenos, es proporcionar alimento durante el ordeño, lo que aumenta el flujo de leche y reduce el tiempo de ordeño, evitando así el estrés en las vacas (23). Junto a este método y un correcto lavado de pezones antes y después del ordeño, se evita el ingreso de la bacteria por el canal del pezón (18). También es recomendable ofrecer agua y alimento después del ordeño, para que las vacas se mantengan de pie, evitando que las ubres tengan contacto con el suelo contaminado, ya que el canal del pezón se encuentra abierto entre 2 a 3 horas después del ordeño (22, 37).

En caso de que vacas salgan positivas a mastitis subclínica por CMT, se debe realizar un aislamiento para evitar la propagación de nuevos casos, en gran parte de estos casos el agente causal es contagioso como el *S. aureus* (23, 42). De esta forma, las vacas aisladas pueden recibir atención y un tratamiento adecuado, acompañado de una dieta correcta,

que incluye forrajes de alta calidad (23). Estos forrajes deben complementarse con micronutrientes, lo que mejorará el sistema inmune y permitirá que el cuerpo luche contra el patógeno (34). Al momento de realizar el ordeño, se recomienda empezar con las vacas primíparas, estas poseen un sistema inmune más elevado y el conducto del pezón se cierra más rápidamente (38). En cambio, las vacas multíparas tienen más riesgo a presentar mastitis subclínica, debido a que son más susceptibles a contraer infecciones y a que el canal del pezón permanezca más abierto, facilitando el ingreso de patógenos causando mastitis subclínica (33).

En Asia, para controlar la incidencia de mastitis subclínica, se ha utilizado técnicas de crianza selectiva para lograr que las ubres y los pezones tengan una forma adecuada, obteniendo vacas con pezones traseros estrechos y ubres poco profundas bien adheridas (23). Este método, junto a un correcto manejo en las técnicas de ordeño, ha demostrado reducir la presencia de *S. aureus*, MRSA y otros agentes causantes de mastitis subclínica (37). Además, se ha comprobado que usar menos agua para el lavado de los pezones reduce la probabilidad de que las bacterias se deslicen hacia la entrada del pezón, evitando que sean arrastradas (1).

En la actualidad, un método preventivo utilizado en sistemas de producción lechera es la vacunación, que en la mayoría de los casos están diseñadas para atacar *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (11, 22). Las vacunas dirigidas para *S. aureus* y *Strep. agalactiae* están compuestas por el organismo completo, dando lugar a vacunas de células inactivadas, encapsuladas, no capsuladas y atenuadas (43). Por ejemplo, se utiliza una vacuna polivalente llamada Startavac, que en diversos estudios ha demostrado que disminuye la gravedad de la enfermedad, pero en algunos casos es ineficaz, ya que se asocia a malas prácticas de manejo en los rebaños (22, 43). Esto significa que, independiente del tipo de vacuna utilizada para prevenir la enfermedad en los rebaños, sin un manejo adecuado en el ordeño, higiene, dieta, entre otras, para reducir la prevalencia e incidencia de los casos de mastitis, las vacunas perderán su efectividad (11, 22, 23).

3.8. Uso de antibióticos y alternativas terapéuticas

Una opción efectiva para prevenir y evitar la propagación de mastitis subclínica bovina por MRSA es implementar un manejo adecuado en el proceso del ordeño; sin embargo, el manejo correcto no suele ser la primera opción (43, 44). Según varios autores, la primera alternativa es el uso de antibióticos en el ganado vacuno (22, 42 - 45). No obstante, cuando los animales no mejoran debido a la resistencia antimicrobiana, como la generada por MRSA, se descarta los animales (44). En algunos estudios, se han aislado cepas MRSA que son resistentes a múltiples antibióticos, incluidos penicilina, ampicilina, cefalexina, novobiocina, tetraciclina, meticilina y vancomicina (5, 35, 37, 45). Siendo un

problema para la industria lechera, el uso de antibióticos va a alterar la composición de la leche, lo que resulta en su descarte (45).

En el tratamiento de mastitis subclínica por MRSA, se debe aislar al germen y realizar un antibiograma para identificar el tipo de antibiótico más eficaz contra este patógeno (22). En un estudio realizado en Indonesia, se obtuvieron 86 muestras de leche de vacas con mastitis subclínica y se identificó 49 cepas de MRSA, estas cepas fueron sometidas a un antibiograma que determinó la resistencia a penicilina, cloranfenicol, cefoxitina, eritromicina, gentamicina y tetraciclina, se destacó la penicilina, gentamicina y eritromicina con un 97,8% de resistencia, mientras que la cefoxitina mostró una resistencia del 47% (45). Comparando con otros estudios, donde se aislaron cepas de *S. aureus* con genes *mecA* y *mecC*, se identificó resistencia a penicilina, cefoxitina, ceftiofur, y amoxicilina con ácido clavulánico en un 99,86 % , además de resistencia a ampicilina en un 46,36% (9, 40, 43). Estos hallazgos indican que la penicilina es el principal antibiótico con mayor resistencia en vacas, resultando ineficaz en un tratamiento para vacas con mastitis subclínica por MRSA.

Gracias a estos estudios y otros similares, se concluye que la mastitis subclínica por MRSA es difícil de tratar, la mayoría de los fármacos utilizados en ganado presentan resistencia (9, 42 - 45). Se ha buscado alternativas terapéuticas para esta patología como el uso de sustancias derivadas de plantas, que se han usado en medicina tradicional (22). Estas plantas contienen principios activos antibacterianos, antiinflamatorios y de baja toxicidad (3, 22). Por ejemplo, el citral y linalol son capaces de inhibir el crecimiento de *S. aureus* y la formación de sus biopelículas; el timol, inhibe la internalización del *S. aureus* que poseen el gen *Mec*; el extracto de hojas de *Liquidambar orientalis*, tiene propiedades antimicrobianas que actúa contra el *S. aureus* (22). Se sugiere el uso de compuestos derivados de algunas plantas, se puedan utilizar como una alternativa para el tratamiento de MRSA.

Otras sustancias derivadas de animales, especialmente, productos apícolas contienen melitina, que posee efectos antibacterianos y antiinflamatorios (22). Esta afecta la membrana celular formando poros, lo que compromete la integridad de la bacteria e inhibe la síntesis de proteínas, y puede usarse para aumentar la eficiencia de algunos antibióticos. Además, atenúa la COX-2 y a las citocinas proinflamatorias (IL-6 e TNF- α) (22, 44). Se utiliza el propóleo por tener un efecto antiinflamatorio y antibacteriano, este interactúa con las células MAC-T (células de adhesión celular – linfocitos T), disminuyendo la proliferación celular, además, se ha identificado que puede inhibir *E. coli*. y *S. aureus*, poseen compuestos flavonoides, fenólicos y ácidos, que actúan alterando la permeabilidad de la bacteria, inhibiendo la síntesis de proteínas e interfiere con las enzimas implicadas en la síntesis de ácidos nucleicos (18, 22).

En países de Asia y Europa occidental, se utilizan bacteriocinas y bacteriófagos para el tratamiento de mastitis subclínica por *S. aureus* (22). Las bacteriocinas son péptidos antimicrobianos originados de bacterias, siendo la más utilizada la nisina originaria del *Lactococcus lactis*, esta inhibe la biosíntesis de la pared celular, aunque en varios estudios, se ha demostrado que los *Staphylococcus spp.* pueden desarrollar resistencia (22, 45). Por otro lado, se ha informado que el uso de nisina junto a otra bacteriocina denominada lisostafina aislada del *Staphylococcus simulans*, pueden inhibir la síntesis de biopelículas de *S. aureus* y con la combinación de antibióticos facilita el tratamiento de mastitis subclínica (18, 22, 44).

Los bacteriófagos, son virus que buscan eliminar a las bacterias, son inofensivos para animales, plantas y humanos, se los puede considerar como una alternativa para reducir el uso de antibióticos (18, 22, 44). En un estudio llevado a cabo por Varela-Ortiz et al. (44), se utilizaron bacteriófagos sobre cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de bovinos con mastitis subclínica y se observó que todas las cepas eran susceptibles y fueron eliminadas.

4. Conclusión

- Durante el proceso del ordeño, se pueden presentar diversos factores de riesgo que incrementan la incidencia y prevalencia de mastitis subclínica bovina por MRSA. Siendo el principal factor de riesgo, la falta de higiene en todos los pasos del ordeño, que, combinado con otros factores como fómites, estrés, manos del ordeñador, uso incorrecto de antisépticos, entre otros, van a facilitar el ingreso del agente por el canal del pezón causando mastitis subclínica. Además, existen factores que están relacionados con la producción de leche, la etapa y estadios de la lactación, período de transición, retiro del ternero, ambiente, forma de la ubre y el pezón, que según las condiciones que posea la vaca van a incrementar la presencia de mastitis subclínica. Por otro lado, conocer estos factores facilita el desarrollo de estrategias efectivas de control y prevención, que a la vez limitan la proliferación de la bacteria y reducen la presencia de mastitis, mejorando las condiciones de salud animal y de la industria lechera.

5. Conflicto de interés

Los autores expresan que no existe un conflicto de interés.

6. Declaración de contribución de los autores

Jonathan Daniel Toscano Ponce. Indagación de información crítica y documentada, y redacción del artículo.

MVZ MSc. Ana Rafaela Burgos Mayorga. Concepción y planificación del proyecto, revisión y redacción del documento.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias Bibliografía

1. Sánchez Herencia D, Mamani-Mango GD. Mastitis subclínica bovina y factores de riesgo ambientales en pequeños productores de ganado lechero criado en alta montaña. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú [Internet]. 2022 [citado 8 octubre 2024]; 33(1): e20466. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i1.20466>
2. Aliverti F, Lucas M, Buldain DC, Marchetti ML, Mestorino ON. Susceptibilidad antimicrobiana de Staphylococcus aureus aislados de vacas Holstein portadoras de mastitis subclínica en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Cuyana [Internet]. 2021 [citado 10 octubre 2024]; 15: 5-14. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/169878>
3. Bihon A, Syoum A, Assefa A. Assessment of risk factors and isolation of Staphylococcus aureus and Escherichia coli from bovine subclinical mastitic milk in and around Gondar, Northwest Ethiopia. Tropical Animal Health and Production [Internet]. 2019 [citado 8 octubre 2024]; 51(4):939-948. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1777-2>
4. Bouchoucha B, Zeghilet N, Aimeur R, Lakhdara N Bouaziz O. Analysis of the impact of risk factors on the occurrence of subclinical mastitis on dairy cattle farms in eastern Algeria. Veterinarinarska Stanica [Internet]. 2024 [citado 27 noviembre 2024];55(3):253-266. Disponible en: <https://hrcak.srce.hr/307501>
5. Jiménez Velásquez S del C, Torres Higuera LD, Parra Arango JL, Rodríguez Bautista JL, García Castro FE, Patiño Burbano RE. Perfil de resistencia antimicrobiana en aislamientos de Staphylococcus spp. obtenidos de leche bovina en Colombia. Revista Argentina de Microbiología [Internet]. 2020 [citado 8 octubre 2024];52(2):121-130. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.05.004>
6. Da Silva JG, Camargo AC, Melo RPB, Aragão BB, Oliveira JMB, Sena MJ, et al. Meca positive staphylococcus spp. In bovine mastitis, milkers, milking environment, and the circulation of different MRSA clones at dairy cows' farms in the northeast region of Brazil. Ciencia Rural [Internet]. 2022 [citado 8 octubre 2024];52(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210008>

7. Puga-Torres B, Aragón E, Contreras A, Escobar D, Guevara K, Herrera L, et al. Analysis of quality and antibiotic residues in raw milk marketed informally in the Province of Pichincha – Ecuador. Food Agricultural Immunology [Internet]. 2024 [citado 29 noviembre 2024]; 35(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09540105.2023.2291321>
8. Cuenca-Condoy M, Reinoso-García L, González-Rojas J, García-Bracho D. Etiology of subclinical bovine mastitis in biblian- Ecuador. Journal of Animal Health Production [Internet]. 2024 [citado 19 noviembre 2024];12(1):100-107. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.jahp/2024/12.1.100.107>
9. Silva ATF, Gonçalves JL, Dantas STA, Rall VLM, de Oliveira PRF, dos Santos MV, et al. Genetic and phenotypic characterization of subclinical mastitis-causing multidrug-resistant staphylococcus aureus. Antibiotics [Internet]. 2023 [citado 8 octubre 2024];12(9): 1353. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12091353>
10. Miranda Quezada M, Morales-Cauti S. Evaluación de la resistencia antibiótica de bacterias aisladas de mastitis subclínica en bovinos de establos lecheros de Lurín, Lima. Salud y Tecnología Veterinaria [Internet]. 2022 [citado 15 octubre de 2024];10(1):8-15. Disponible en: <https://doi.org/10.20453/stv.v10i1.4235>
11. Schnitt A, Tenhagen BA. Risk factors for the occurrence of methicillin-resistant staphylococcus aureus in dairy herds: an update. foodborne pathogens and disease [Internet]. 2020 [citado 8 octubre 2024];17(10):585-596. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2638>
12. Yang F, Zhang S, Shang X, Li H, Zhang H, Cui D, et al. Short communication: Detection and molecular characterization of methicillin-resistant Staphylococcus aureus isolated from subclinical bovine mastitis cases in China. Journal Dairy Science [Internet]. 2020 [citado 28 septiembre 2024];103(1):840-845. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-16317>
13. Singha S, Koop G, Persson Y, Hossain D, Scanlon L, Derks M, et al. Incidence, etiology, and risk factors of clinical mastitis in dairy cows under semi-tropical circumstances in Chattogram, Bangladesh. Animals [Internet]. 2021 [citado 18 octubre de 2024]; 11(8): 2255. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani11082255>
14. Tibebe L, Belete Y, Tigabu E, Tsegaye W. Prevalence of staphylococcus aureus, methicillin-resistant staphylococcus aureus and potential risk factors in selected dairy farms at the interface of animal and human in bishoftu, Ethiopia. Veterinary Medicine: Research and Reports [Internet]. 2021 [citado 18 octubre 2024]; 12: 241-251. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/vmrr.s331968>

15. Avellán Vélez RH, Zambrano Aguayo MD, De La Cruz Veliz LM, Cedeño Palacios CA, Delgado Demera MH, Rezabala Zambrano PF, et al. Prevalencia de mastitis subclínica en el ganado bovino, mediante la prueba California Mastitis Test, en el cantón Rocafuerte de la provincia Manabí, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* [Internet]. 2019 [citado 29 septiembre 2024]; 8(1):62-70. Disponible en: <https://doi.org/10.59410/RACYT-v08n01ep06-0108>
16. Khairullah AR, Ramandinianto SC, Effendi MH. A Review of Livestock-Associated Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) on Bovine Mastitis. *Systematic Reviews in Pharmacy* [Internet]. 2020 [citado 28 septiembre 2024];11(7):172-183. Disponible en: <https://www.sysrevpharm.org/abstract/a-review-of-livestock-associated-methicillin-resistant-staphylococcus-aureus-lamrsa-on-bovine-mastitis-66515.html>
17. Algammal AM, Hetta HF, Elkelish A, Alkhalifah DHH, Hozzein WN, Batiha GE-S, et al. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA): One health perspective approach to the bacterium epidemiology, virulence factors, antibiotic-resistance, and zoonotic impact. *Infection and Drug Resistance* [Internet]. 2020 [citado 29 septiembre 2024]; 13: 3255-3265. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/IDR.S272733>
18. Galarza Galarza MI, Yarzabal Rodríguez LA. *Staphylococcus aureus* Resistentes a meticilina en animales de granja en Suramérica: una revisión sistemática. *Revista de Salud Vive* [Internet]. 2021 [citado 30 septiembre 2024];4(11):358-377. Disponible en: <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i11.99>
19. Ferreira LB, Israel L de FS, Rabello RF, Souza GN de, Peruquetti RC, Medeiros L dos S. Fatores de risco associados à ocorrência de espécies multirresistentes de *Staphylococcus* spp. isolados de mastite subclínica bovina na região norte do Brasil. *Semina Ciências Agrárias* [Internet]. 2022 [citado 8 octubre 2024]; 43(2):901-910. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n2p901>
20. Rodríguez MF, Gomez AP, Ceballos-Garzon A. Antimicrobial resistance profiles of *Staphylococcus* isolated from cows with subclinical mastitis: Do strains from the environment and from humans contribute to the dissemination of resistance among bacteria on dairy farms in Colombia? *Antibiotics* [Internet]. 2023 [citado 12 octubre 2024];12(11): 1574. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111574>
21. Sipahi N, Kaya E, Çelik C, Pınar O. The characterization and beta-lactam resistance of staphylococcal community recovered from raw bovine milk. *Antibiotics* [Internet]. 2023 [citado 19 octubre 2024];12(3): 556. Disponible en:

<https://doi.org/10.3390/antibiotics12030556>

22. Cheng WN, Han SG. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)* [Internet]. 2020 [citado 18 octubre 2024];33(11):1699-1713. Disponible en: <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0156>
23. Bari MS, Rahman MM, Persson Y, Derks M, Sayeed MA, Hossain D, et al. Subclinical mastitis in dairy cows in south-Asian countries: a review of risk factors and etiology to prioritize control measures. *Veterinary Research Communications* [Internet]. 2022 [citado 19 octubre 2024];46(3):621-640. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11259-022-09948-x>
24. Abdeta D. A Study on the prevalence of subclinical mastitis in lactating cows and associated risk factors in Wolmara district, Oromia Regional State, Ethiopia. *Biomedical Journal of Scientific y Technical Research* [Internet]. 2020 [citado 24 octubre 2024];28(2). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26717/BJSTR.2020.28.004621>
25. Rowe SM, Godden SM, Royster E, Timmerman J, Boyle M. Cross-sectional study of the relationship between cloth udder towel management, towel bacteria count, and intramammary infection in late-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2019 [citado 19 octubre 2024];102(12):11401-1413. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17075>
26. Alamanca-Carreño A, Vélez-Terranova M, Barajas-Pardo DP, Tamasaukas R, Jáuregui-Jiménez R, Parés-Casanova PM. Breed and non-genetic risk factors associated with the prevalence of subclinical mastitis in livestock systems of Arauca, Colombian orinoquia. *International Journal of Veterinary Science and Medicine* [Internet]. 2024 [citado 24 octubre 2024];12(1):1-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23144599.2024.2310451>
27. Medrano-Galarza C, Ahumada Beltrán DG, Romero Zúñiga JJ, Donado Godoy P. Prevalencia, incidencia y factores de riesgo de mastitis subclínica en lecherías especializadas en Colombia. *Agronomía Mesoamericana* [Internet]. 2021 [citado 30 octubre 2024];32(2):487-507. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.15517/am.v32i2.43794>
28. Skarbye AP, Thomsen PT, Krogh MA, Svennesen L, Østergaard S. Effect of automatic cluster flushing on the concentration of *Staphylococcus aureus* in teat cup liners. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2020 [citado 24 octubre 2024];103(6):5431-5439. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17785>

29. Ranasinghe RMSBK, Deshapriya RMC, Abeygunawardana DI, Rahularaj R, Dematawewa CMB. Subclinical mastitis in dairy cows in major milk-producing areas of Sri Lanka: Prevalence, associated risk factors, and effects on reproduction. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2021 [citado 03 noviembre 2024]; 104(12):12900-1211 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34482972/>
30. Dopcea G, Dopcea I, Nanu AE, Diguță CF, Matei F. Resistance and cross-resistance in *Staphylococcus* spp. strains following prolonged exposure to different antiseptics. *Journal of Global Antimicrobial Resistance* [Internet]. 2020 [citado 04 noviembre 2024]; 21:399–404. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2019.10.021>
31. El Sayed Zaki M, Bastawy S, Montasser K. Molecular study of resistance of *Staphylococcus aureus* to antiseptic quaternary ammonium compounds. *Journal of Global Antimicrobial Resistance* [Internet]. 2019 [citado 04 octubre 2024]; 17:94–97. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2018.11.022>
32. Valliammai A, Sethupathy S, Priya A, Selvaraj A, Bhaskar JP, Krishnan V, et al. 5-Dodecanolide interferes with biofilm formation and reduces the virulence of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) through up regulation of agr system. *Scientific Reports* [Internet]. 2019 [citado 03 noviembre 2024];9(1): 13744. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50207-y>
33. Nurye M, Eshetu M, Yirga M. Prevalence of bovine mastitis and its associated risk factors under different production system in Borena district of South Wollo Zone, Amhara, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture* [Internet]. 2023 [citado 30 octubre 2024];9(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2291224>
34. Rainard P, Foucras G, Fitzgerald JR, Watts JL, Koop G, Middleton JR. Knowledge gaps and research priorities in *Staphylococcus aureus* mastitis control. *Transboundary and Emerging Diseases* [Internet]. 2018 [citado 14 noviembre 2024]; 65: 149-165. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/tbed.12698>
35. Michira L, Kagira J, Maina N, Waititu K, Kiboi D, Ongera E, et al. Prevalence of subclinical mastitis, associated risk factors and antimicrobial susceptibility pattern of bacteria isolated from milk of dairy cattle in Kajiado Central sub-county, Kenya. *Veterinary Medicine and Science* [Internet]. 2023 [citado 11 noviembre 2024]; 9(6): 2885-2892. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/vms3.1291>
36. Pérez-Morales R, Padilla-Ramírez F, González-Ríos H, De-la-Cruz-Leyva M, Castañeda-Vázquez H, Hernández-Moreno M. Factores asociados a la prevalencia de mastitis subclínica en ganado bovino de doble propósito. *Abanico Veterinario* [Internet]. 2022 [citado 14 noviembre 2024]; 12:1-16. Disponible en:

<https://doi.org/10.21929/abavet2022.16>

37. Tesfaye K, Gizaw Z, Haile AF. Prevalence of mastitis and phenotypic characterization of methicillin-resistant staphylococcus aureus in lactating dairy cows of selected dairy farms in and around Adama town, central Ethiopia. *Environ Health Insights* [Internet]. 2021 [citado 15 noviembre 2024];15. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/11786302211021297>
38. Mulshet Y, Derso S, Nigus A. Prevalence of bovine subclinical mastitis and its associated risk factors in Addis Ababa, Ethiopia. *Online Journal of Animal and Feed Research* [Internet]. 2017 [citado 16 noviembre 2024]; 7(5):124-133. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2022/777519>
39. Khasanah H, Setyawan HB, Yulianto R, Widianingrum DC. Subclinical mastitis: Prevalence and risk factors in dairy cows in East Java, Indonesia. *Veterinary World* [Internet]. 2021 [citado 18 noviembre 2024];14(8):2102-2108. Disponible en: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2102-2108>
40. Sohidullah M, Hossain MJ, Alam MA, Rahman N, Salauddin M, Matubber B. Prevalence and risk factors of sub-clinical mastitis in lactating dairy cows with special emphasis on antibiogram of the causative bacteria in Bangladesh. *Asian Journal of Dairy and Food Research* [Internet] 2024 [citado 19 noviembre 2024];43(1):148-155. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.18805/ajdfr.DRF-304>
41. Ren Q, Liao G, Wu Z, Lv J, Chen W. Prevalence and characterization of *Staphylococcus aureus* isolates from subclinical bovine mastitis in southern Xinjiang, China. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2020 [citado 20 noviembre 2024];103(4):3368-3380. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17420>
42. Ferreira EM, Romero LC, Cunha M de LR de S da, Malagó Junior W, Camargo CH, Barioni Júnior W, et al. Persistence of *Staphylococcus* spp. in milk from cows undergoing homeopathy to control subclinical mastitis. *BMC Veterinary Research* [Internet]. 2022 [citado 24 noviembre 2024];18(1):1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03364-8>
43. El-Sayed A, Kamel M. Bovine mastitis prevention and control in the post-antibiotic era. *Tropical Animal Health and Production* [Internet]. 2021 [citado 28 noviembre 2024]; 53(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02680-9>
44. Varela-Ortiz DF, Barboza-Corona JE, González-Marrero J, León-Galván MF, Valencia-Posadas M, Lechuga-Arana AA, et al. Antibiotic susceptibility of *Staphylococcus aureus* isolated from subclinical bovine mastitis cases and in vitro efficacy of bacteriophage. *Veterinary Research Communications* [Internet]. 2018

[citado 28 noviembre 2024] ;42(3):243-250. Disponible en:

<https://doi.org/10.1007/s11259-018-9730-4>

45. Qolbaini EN, Khoeri MM, Salsabila K, Paramaiswari WT, Tafroji W, Artika IM, et al. Identification and antimicrobial susceptibility of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*-associated subclinical mastitis isolated from dairy cows in Bogor, Indonesia. *Veterinary World* [Internet]. 2021 [citado 29 noviembre 2024]; 14(5):1180-1184. Disponible en: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1180-1184>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Indexaciones

