Sanitas
Revista arbitrada de ciencias de la salud
Vol. 4(especial6), 128-134, 2026
DOI: https://doi.org/10.62574/sanitas.v4iespecial6.019

Riesgos biológicos, físicos y químicos para la calidad de la leche bovina: revisión sistemática

Biological, physical and chemical risks to bovine milk quality: a systematic review

Jhosep Steven Tonato-Chacha
jhoseptc27@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0007-6934-3641

Fabian Marcelo Romero-Tacle
fabianrt18@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0003-5756-1095

Sandy Mishelle Pilla-Caizabanda
sandypc3192@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0009-5607-9698

Raúl González-Salas
ua.raulgonzalez@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0000-0003-1623-3709

RESUMEN

Objetivo: analizar la evidencia sobre los riesgos biológicos, físicos y químicos que afectan la calidad de la leche bovina en los sistemas de producción y las prácticas que los reducen. **Método:** revisión sistemática según la declaración PRISMA 2020 de estudios de campo, revisiones y revisiones sistemáticas publicados entre 2009 y 2023 en PubMed, Scopus y SciELO. **Resultados:** se incluyeron siete estudios. La mastitis se asoció con la higiene deficiente de la ubre y de las extremidades, la ausencia de cama y el orden de ordeño. La desinfección de los pezones antes del ordeño redujo la carga bacteriana. El almacenamiento en frío favoreció a las bacterias psicrotrofas. Los residuos de antimicrobianos fueron más frecuentes en los países en desarrollo. **Conclusión:** la calidad de la leche depende de la higiene del ordeño, el enfriamiento y el uso prudente de antimicrobianos.
Descriptores: leche; mastitis bovina; inocuidad de los alimentos. (Fuente, DeCS).

ABSTRACT

Objective: To analyse the evidence on the biological, physical and chemical risks affecting bovine milk quality in production systems and the practices that reduce them. **Method:** Systematic review following the PRISMA 2020 statement of field studies, reviews and systematic reviews published between 2009 and 2023 in PubMed, Scopus and SciELO. **Results:** Seven studies were included. Mastitis was associated with poor udder and leg hygiene, lack of bedding and milking order. Pre-milking teat disinfection reduced bacterial load. Cold storage favoured psychrotrophic bacteria. Antimicrobial residues were more frequent in developing countries. **Conclusion:** Milk quality depends on milking hygiene, cooling and prudent antimicrobial use.
Descriptors: milk; mastitis, bovine; food safety. (Source, DeCS).

Recibido: 04/08/2026. Revisado: 12/08/2026. Aprobado: 15/09/2026. Publicado: 01/10/2026.
Original breve

INTRODUCCIÓN

La leche bovina es un alimento de alto valor nutricional y una fuente de ingresos esencial para muchas familias rurales. Sin embargo, su composición y su manipulación la convierten en un medio favorable para el crecimiento de microorganismos. Owusu-Kwarteng et al. describieron que, en los sistemas de pequeña escala, persisten patógenos como *Mycobacterium bovis*, *Brucella abortus*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*, y recomendaron capacitar a los productores en buenas prácticas agrícolas y en sistemas de análisis de peligros (1).

Los riesgos que afectan la calidad de la leche suelen clasificarse en biológicos, físicos y químicos. Entre los biológicos, Oliver et al. señalaron que la leche y el ambiente de la granja son fuentes de patógenos alimentarios con implicaciones para la salud pública, especialmente cuando la leche se consume cruda o se elaboran productos sin pasteurizar (2). La mastitis es el principal problema sanitario de los rebaños lecheros: Cobirka et al. la describieron como el problema económico y de salud más grave de la producción lechera, responsable de pérdidas por disminución de la producción, leche descartada, tratamientos y descarte prematuro de animales, y señalaron que entre el 60 % y el 70 % de los antimicrobianos empleados en las granjas lecheras se destinan a su prevención y tratamiento (3).

Este uso intensivo de antimicrobianos origina el principal riesgo químico. Treiber y Beranek-Knauer, en una revisión de estudios realizados en alimentos de origen animal adquiridos en comercios de distintos países, identificaron la leche como una fuente frecuente de residuos de antibióticos, sobre todo de tetraciclinas (4). Por su parte, los riesgos físicos se relacionan con la infraestructura de ordeño, el estado de los equipos, la calidad del agua y las condiciones de almacenamiento, que favorecen la contaminación y la multiplicación bacteriana.

La calidad de la leche condiciona su acceso a los mercados. More destacó que el recuento de células somáticas es el principal indicador de calidad en el comercio internacional y que la principal limitación para mejorarlo no es la falta de conocimiento científico, sino la dificultad para trasladar ese conocimiento a la práctica de las granjas (5). Por ello, el objetivo de esta revisión fue analizar la evidencia sobre los riesgos biológicos, físicos y químicos que afectan la calidad de la leche bovina en los sistemas de producción y las prácticas que permiten reducirlos.

MÉTODO

Se realizó una revisión sistemática siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA 2020 (6). La búsqueda se efectuó en PubMed, Scopus y SciELO, con combinaciones de los términos calidad de la leche, leche cruda, mastitis, buenas prácticas

de ordeño, desinfección de pezones, enfriamiento, bacterias psicrotrofas, coliformes, residuos de antibióticos y resistencia antimicrobiana, en español e inglés.

Se incluyeron estudios de campo, revisiones y revisiones sistemáticas publicados entre 2009 y 2023 en revistas con revisión por pares, que analizaran factores de riesgo para la calidad higiénica, sanitaria o química de la leche bovina, o prácticas de manejo orientadas a reducirlos. Se excluyeron tesis, trabajos de diplomado, manuales institucionales, documentos de organismos sin revisión por pares, páginas web, literatura gris y artículos publicados en revistas sin revisión por pares o con prácticas editoriales cuestionables. Se revisaron los títulos, los resúmenes y los textos completos, y de cada estudio se extrajeron el diseño, el alcance, el tipo de riesgo y los hallazgos principales. Debido a la heterogeneidad de los diseños, los resultados se sintetizaron de forma narrativa, agrupados según el tipo de riesgo.

RESULTADOS

Se incluyeron siete estudios publicados entre 2009 y 2023: un estudio transversal, un ensayo de campo, una revisión sistemática y cuatro revisiones narrativas. Tres abordaron riesgos biológicos relacionados con la mastitis y la higiene del ordeño, dos el almacenamiento y la contaminación microbiana de la leche, y dos los residuos de antimicrobianos y la resistencia. La Tabla 1 resume sus características:

Tabla 1. *Características de los estudios incluidos en la revisión.*

Estudio	Diseño y alcance	Tipo de riesgo	Hallazgos principales
Abebe et al., 2016 (7)	Transversal; 529 vacas de 95 rebaños de Etiopía	Biológico: mastitis	Prevalencia del 62,6 % por vaca (59,2 % subclínica); riesgo mayor con suciedad de ubre y extremidades, ausencia de cama y no ordeñar al final a las vacas con mastitis
Gleeson et al., 2009 (8)	Ensayo de campo con seis métodos de preparación de pezones	Biológico: higiene del ordeño	Los desinfectantes con clorhexidina y cloro redujeron los estafilococos y estreptococos de los pezones más que el lavado; el secado con papel fue esencial
Tommasoni et al., 2023 (9)	Revisión	Biológico: diagnóstico de mastitis	La prueba de California y el recuento de células somáticas son herramientas útiles; umbral de infección cercano a 200 000 células/ml

Estudio	Diseño y alcance	Tipo de riesgo	Hallazgos principales
Machado et al., 2017 (10)	Revisión	Almacenamiento en frío	Las psicrotrofas pasan de cerca del 10 % de la microbiota tras un ordeño higiénico a un promedio del 90 % tras el almacenamiento; predominio de Pseudomonas
Martin et al., 2016 (11)	Revisión	Indicadores de higiene	La mayoría de los coliformes es de origen ambiental y no fecal; se proponen indicadores complementarios
Treiber y Beranek-Knauer, 2021 (4)	Revisión sistemática de 73 estudios	Químico: residuos de antimicrobianos	La leche fue una fuente frecuente de residuos; predominio de tetraciclinas; mayor frecuencia en países en desarrollo
Sharma et al., 2018 (12)	Revisión	Químico: uso de antimicrobianos y resistencia	Uso profiláctico excesivo en la producción lechera; necesidad de redefinir dosis y periodos de retiro

Fuente: elaboración propia (2026).

Riesgos biológicos: mastitis e higiene del ordeño

Abebe et al. estudiaron 529 vacas de 95 rebaños y encontraron mastitis en el 74,7 % de los rebaños y en el 62,6 % de las vacas, en su gran mayoría subclínica. Los factores de riesgo incluyeron el tamaño del rebaño, la ausencia de material de cama, no ordeñar al final a las vacas con mastitis, el número de partos, la forma de los pezones y la suciedad de la ubre y de las extremidades (7). En cuanto a la rutina de ordeño, Gleeson et al. compararon seis métodos de preparación de los pezones y observaron que los productos con clorhexidina o cloro redujeron los estafilococos y los estreptococos con mayor eficacia que el lavado convencional, mientras que el efecto sobre los coliformes fue escaso (8).

Para la detección precoz, Tommasoni et al. destacaron la prueba de California para mastitis como una herramienta sencilla y de bajo costo que puede aplicarse durante el ordeño, cuyos resultados se correlacionan con el recuento de células somáticas; este recuento sigue siendo el principal marcador de salud de la ubre y está influido por la etapa de lactancia, el número de partos, la estación y las prácticas de ordeño (9).

Riesgos asociados con el almacenamiento y la contaminación

Machado et al. explicaron que la refrigeración, aunque frena el crecimiento de la mayoría de las bacterias, selecciona a las psicrotrofas, que pueden pasar de representar cerca del 10 % de la microbiota tras un ordeño higiénico a un promedio del 90 % después del almacenamiento en frío. Estas bacterias, sobre todo *Pseudomonas*, producen enzimas termorresistentes que sobreviven a la pasteurización y deterioran los productos lácteos, por

lo que recomendaron optimizar la higiene y prevenir la formación de biopelículas en los equipos (10). Martin et al., por su parte, señalaron que la mayoría de los coliformes es de origen ambiental, por lo que su recuento refleja sobre todo condiciones higiénicas deficientes y no necesariamente contaminación fecal (11).

Riesgos químicos: residuos de antimicrobianos

Treiber y Beranek-Knauer analizaron 73 estudios y encontraron que la leche fue una fuente frecuente de residuos de antibióticos, con predominio de las tetraciclinas; aunque menos del 5 % de las muestras de alimentos superó los límites, la frecuencia fue mayor en los países en desarrollo con controles menos estrictos (4). Sharma et al. advirtieron que el uso profiláctico de antimicrobianos en la producción lechera favorece la resistencia, y propusieron reevaluar su uso no terapéutico, las dosis y los periodos de retiro (12).

DISCUSIÓN

Los estudios revisados indican que la mayoría de los riesgos para la calidad de la leche se origina en la granja y puede prevenirse con prácticas de manejo conocidas. La mastitis, principal riesgo biológico, se asoció con factores modificables como la higiene de la ubre, la cama y el orden de ordeño (7), lo que coincide con los principios de prevención consolidados durante el último siglo, basados en la higiene del ordeño, la desinfección de los pezones, el tratamiento al secado y el descarte de las vacas con infecciones crónicas (13). Del mismo modo, la rutina de ordeño y la limpieza de las vacas influyen sobre los recuentos bacterianos y de células somáticas de la leche del tanque (14).

En los sistemas de pequeña escala, la desinfección de los pezones antes del ordeño es una medida de bajo costo con un efecto demostrado sobre la carga bacteriana (8), y la prueba de California permite detectar la mastitis subclínica sin necesidad de un laboratorio (9). Por el contrario, el uso de jabones de cocina o de agua de acequia para limpiar los equipos y los pezones no garantiza la eliminación de los microorganismos y puede introducir bacterias ambientales, como los coliformes (11). Además, las nuevas herramientas de monitoreo de la salud de la ubre, como la termografía infrarroja y los biosensores, podrían facilitar la detección temprana y reducir el uso de antimicrobianos (15).

La conservación de la leche representa un punto crítico. Cuando la leche permanece sin refrigerar, las bacterias mesófilas se multiplican con rapidez; sin embargo, la refrigeración tampoco elimina el riesgo si la carga inicial es alta, ya que favorece a las psicrotrofas y sus enzimas (10).

Los residuos de antimicrobianos constituyen el riesgo químico de mayor relevancia para la salud pública y para la comercialización. Su presencia en la leche se relaciona con el uso intensivo de estos fármacos para la mastitis (3) y con el incumplimiento de los periodos de retiro (12), y su frecuencia es mayor donde los controles son débiles (4). La capacitación de los productores, el registro de los tratamientos, la identificación de las vacas tratadas y el

uso de pruebas rápidas de detección de residuos son medidas esenciales. En este sentido, la principal barrera no parece ser la falta de conocimiento, sino su aplicación en la práctica cotidiana (5), por lo que la asistencia técnica continua resulta decisiva.

Entre las limitaciones de esta revisión, el número de estudios incluidos fue reducido, predominaron las revisiones narrativas y ningún estudio se realizó en el Ecuador, por lo que se requieren investigaciones locales que midan la calidad microbiológica y química de la leche, y no solo la percepción de los productores.

CONCLUSIÓN

La calidad de la leche bovina está amenazada por riesgos biológicos, como la mastitis y la contaminación microbiana durante el ordeño; por riesgos asociados con la infraestructura, el agua y el almacenamiento, y por riesgos químicos derivados de los residuos de antimicrobianos. La mayoría de estos riesgos es prevenible mediante la higiene de la ubre y de los equipos, la desinfección de los pezones, la detección precoz de la mastitis, el enfriamiento oportuno y el uso prudente de antimicrobianos con respeto de los periodos de retiro. La capacitación y la asistencia técnica continua a los productores de pequeña escala son fundamentales para mejorar la inocuidad y la competitividad de la leche.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A UNIANDES.

REFERENCIAS

1. Owusu-Kwarteng J, Akabanda F, Agyei D, Jespersen L. Microbial safety of milk production and fermented dairy products in Africa. Microorganisms. 2020;8(5):752.
2. Oliver SP, Jayarao BM, Almeida RA. Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment: food safety and public health implications. Foodborne Pathog Dis. 2005;2(2):115-29.
3. Cobirka M, Tancin V, Slama P. Epidemiology and classification of mastitis. Animals (Basel). 2020;10(12):2212.
4. Treiber FM, Beranek-Knauer H. Antimicrobial residues in food from animal origin: a review of the literature focusing on products collected in stores and markets worldwide. Antibiotics (Basel). 2021;10(5):534.

5. More SJ. Global trends in milk quality: implications for the Irish dairy industry. Ir Vet J. 2009;62 Suppl 4:S5-14.
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71.
7. Abebe R, Hatiya H, Abera M, Megersa B, Asmare K. Bovine mastitis: prevalence, risk factors and isolation of Staphylococcus aureus in dairy herds at Hawassa milk shed, South Ethiopia. BMC Vet Res. 2016;12(1):270.
8. Gleeson D, O'Brien B, Flynn J, O'Callaghan E, Galli F. Effect of pre-milking teat preparation procedures on the microbial count on teats prior to cluster application. Ir Vet J. 2009;62(7):461-7.
9. Tommasoni C, Fiore E, Lisuzzo A, Gianesella M. Mastitis in dairy cattle: on-farm diagnostics and future perspectives. Animals (Basel). 2023;13(15):2538.
10. Machado SG, Baglinière F, Marchand S, Van Coillie E, Vanetti MCD, De Block J, et al. The biodiversity of the microbiota producing heat-resistant enzymes responsible for spoilage in processed bovine milk and dairy products. Front Microbiol. 2017;8:302.
11. Martin NH, Trmčić A, Hsieh TH, Boor KJ, Wiedmann M. The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods. Front Microbiol. 2016;7:1549.
12. Sharma C, Rokana N, Chandra M, Singh BP, Gulhane RD, Gill JPS, et al. Antimicrobial resistance: its surveillance, impact, and alternative management strategies in dairy animals. Front Vet Sci. 2018;4:237.
13. Ruegg PL. A 100-year review: mastitis detection, management, and prevention. J Dairy Sci. 2017;100(12):10381-97.
14. Zucali M, Bava L, Tamburini A, Brasca M, Vanoni L, Sandrucci A. Effects of season, milking routine and cow cleanliness on bacterial and somatic cell counts of bulk tank milk. J Dairy Res. 2011;78(4):436-41.
15. Neculai-Valeanu AS, Ariton AM. Udder health monitoring for prevention of bovine mastitis and improvement of milk quality. Bioengineering (Basel). 2022;9(11):608.

Derechos de autor: 2026 Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/