



## Artículo de investigación científica y tecnológica

# Calidad microbiológica de la leche cruda de bovinos de Paipa, Colombia

## Microbiological quality of raw bovine milk from Paipa, Colombia

John Mosso-Arias<sup>1</sup>, Nadia Alfonso-Vargas<sup>2</sup>, Astrid Aguilera-Becerra<sup>3</sup>

**Para citar este artículo:** Mosso-Arias J, Alfonso-Vargas N, Aguilera-Becerra A. Calidad microbiológica de la leche cruda de bovinos de Paipa, Colombia. Duazary. 2024;21:92-101. <https://doi.org/10.21676/2389783X.5933>

Recibido en junio 13 de 2024

Aceptado en junio 30 de 2024

Publicado en línea en junio 30 de 2024

### RESUMEN

**Introducción:** las enfermedades transmitidas por alimentos constituyen una de las mayores problemáticas públicas a nivel mundial. Actualmente hay nulo conocimiento sobre la calidad microbiológica de la leche cruda de bovinos en Paipa y sectores aledaños. **Objetivo:** determinar la calidad microbiológica de la leche cruda de ganado bovino de una finca del municipio de Paipa, Boyacá. **Método:** se diseñó un estudio descriptivo en el que se recolectaron muestras de leche cruda de ganado bovino para ser analizadas microbiológicamente y realizar el recuento de aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus* coagulasa positivos, Coliformes totales y fecales, mohos y levaduras, así como la presencia/ausencia de bacterias patógenas como *Listeria* sp. y *Salmonella* sp. **Resultados:** se analizaron 25 muestras de leche cruda y se evidenció que la mayoría de las muestras incumplen con el límite permisible que dicta la norma. La prevalencia de *Salmonella* sp. del 24% y de *Listeria* sp. fue del 0%. **Conclusiones:** las muestras de leche cruda analizadas incumplen con los límites permisibles en las normas que rigen para Colombia. Se recomienda realizar más estudios para conocer la realidad microbiológica de la leche en el sector.

**Palabras clave:** leche; *Listeria*; normas de calidad de los alimentos; *Salmonella*; *Staphylococcus aureus*; estudios descriptivos.

### ABSTRACT

**Introduction:** Foodborne diseases constitute one of the significant public health problems worldwide. There needs to be knowledge about the microbiological quality of raw bovine milk in Paipa and surrounding areas in Colombia. **Objective:** To determine the microbiological quality of raw bovine milk from a farm in Paipa, Boyacá. **Method:** A descriptive cross-sectional study was conducted, collecting raw bovine milk samples to be microbiologically analyzed. This analysis included counting mesophilic aerobes, coagulase-positive *Staphylococcus aureus*, total and fecal coliforms, molds, and yeasts, as well as detecting the presence/absence of pathogenic bacteria such as *Listeria* sp. and *Salmonella* sp. **Results:** Twenty-five raw milk samples were analyzed, revealing that most of the samples did not meet the permissible limits set by the standard. The prevalence of *Salmonella* sp. was 24%, contrary to *Listeria* sp., which was 0%. **Conclusions:** The raw milk samples did not comply with the permissible limits of the regulations governing Colombia. More studies are recommended to understand the microbiological reality of milk in the region.

**Key words:** Milk; *Listeria*; Food quality standards; *Salmonella*; *Staphylococcus aureus*; Descriptive studies.

<sup>1</sup> Universidad de Boyacá. Tunja, Colombia. Correo: [jmmosso@uniboyaca.edu.co](mailto:jmmosso@uniboyaca.edu.co) - <https://orcid.org/0009-0002-4162-4218>

<sup>2</sup> Universidad de Boyacá. Tunja, Colombia. Correo: [ncalfonsoniboyaca.edu.co](mailto:ncalfonsoniboyaca.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0002-6388-5796>

<sup>3</sup> Universidad de Boyacá. Tunja, Colombia. Correo: [amaguilera@uniboyaca.edu.co](mailto:amaguilera@uniboyaca.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0003-2892-6916>

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por alimentos se consideran un problema de salud pública debido a que ocasionan altas tasas de mortalidad y morbilidad.<sup>1</sup> Estas enfermedades pueden originarse debido a la ingestión de agua o alimentos contaminados con algún tipo de bacteria, virus, hongo o parásito, principalmente en niños, población con escasos recursos, adultos mayores y mujeres embarazadas.<sup>2</sup> Las Buenas Prácticas de Manufactura y las Buenas Prácticas Agrícolas son medidas altamente recomendables para prevenir este tipo de enfermedades.<sup>3</sup>

El almacenamiento, la preparación inadecuada de alimentos, la manipulación y la refrigeración favorecen la presencia de las enfermedades transmitidas por alimentos en la sociedad.<sup>4</sup> Las bacterias más relacionadas frecuentemente son los géneros *Salmonella* sp., *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* (*E. coli*), *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Shigella* spp., *Campylobacter* spp., entre otras. El agua, los productos cárnicos y los derivados lácteos suelen ser los más contaminados.<sup>5</sup>

La leche y derivados juegan un papel esencial en la alimentación de las personas a nivel mundial,<sup>6</sup> y el control microbiológico de estos productos debe riguroso, ya que los microorganismos que los contaminan pueden llegar a esa materia prima por varias vías, tales como el propio animal, la técnica de ordeño, los utensilios o el personal manipulador.<sup>7</sup>

La calidad microbiológica de la leche y derivados es un campo que ha sido estudiado a través de los años y alrededor del mundo, hay diversidad de estudios enfocados en aspectos distintos concernientes a la calidad microbiológica y a la carga microbiológica de la leche de vaca ya sea o no cruda.<sup>8</sup> La calidad higiénica de la leche cruda está relacionada con el contenido microbiano que presenta, el cual se puede transferir en gran medida a los productos que son elaborados con la leche e influir directamente en la vida útil del producto terminado.<sup>9</sup>

En Tunja, Colombia, un estudio analizó 293 tanques de almacenamiento de leche cruda y reveló que el 32,8% de las muestras presentaban microorganismos como *L. monocytogenes*. Igualmente, esa investigación identificó la importancia de las condiciones higiénicas en las que era almacenada la leche y enfatizó la importancia para la salud pública de los ambientes poco higiénicos para la manipulación de alimentos.<sup>10</sup>

El objetivo del estudio fue determinar la calidad microbiológica de la leche cruda de bovinos de una finca del municipio de Paipa, Boyacá.

## MÉTODO

### Tipo de estudio, población y muestra

Se llevó a cabo un estudio descriptivo con muestras de leche cruda de una finca. Para calcular el tamaño de la muestra se empleó la aplicación Open Epi, con una frecuencia hipotética esperada de 2,7% de muestras contaminadas en un estudio previo en esta región colombiana.<sup>10</sup> Se tomaron 25 muestras recolectadas en recipientes estériles de 25 mililitros. Se recogieron cuatro recipientes (un recipiente

por cada pezón de la vaca) para un total de 100 ml cada muestra (posteriormente se mezclaron para realizar las pruebas).

## Técnicas de análisis

La Norma Técnica Colombiana 399, NTC 399, establece los parámetros microbiológicos y químicos que debe cumplir la leche cruda de bovinos en Colombia. Esta norma establece que la leche debe tener un máximo microorganismos aerobios mesófilos de 700.000 UFC/ml para considerarse apta para la industrialización.<sup>11</sup>

## Procedimiento

Las muestras se recolectaron durante un ordeño manual de rutina en la finca en julio de 2023. Se realizaron las diluciones necesarias para disminuir la gran carga microbiológica.<sup>12</sup> Para las diluciones se empleó solución salina estéril al 0,85%, para realizar la dilución de  $10^{-1}$  se diluyeron 10 ml de la muestra de leche en 90 ml de solución salina. Posteriormente, se tomó 1 ml de esta dilución y se pasó a un tubo con 9 ml de solución salina para realizar la dilución  $10^{-2}$ , se siguió este paso sucesivamente hasta obtener diluciones  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ , las cuales se emplearon para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos y microorganismos indicadores de calidad e higiene.<sup>13</sup>

El cálculo de microorganismos aerobios mesófilos en la leche, se realizó la siembra por duplicado en cada dilución de 1 ml por profundidad en agar nutritivo y se llevaron a incubar a 37°C. Tras 48 horas de incubación, se procedió a realizar el recuento de colonias. Para este recuento hay que tomar en cuenta que la norma ICONTEC establece que en las placas debe haber un número de colonias entre 10 y 300 UFC/ml.

El análisis de *S. aureus* coagulasa positivos, se sembraron 1 ml las diluciones por duplicado en agar salado manitol. Tras 48 horas de incubación a 37°C, se realizó la identificación de colonias presuntivas y se realizó prueba de coagulasa para identificar presencia de *S. aureus* coagulasa positivos.

Los coliformes totales se sembraron por triplicado 1 ml de cada dilución en tubos de caldo *LMX fluorocult*, para un total de nueve tubos por muestra. Después de 48 horas de incubación a 37°C, se realizó la lectura de coliformes totales mediante la técnica de número más probable (NMP/ml). Una vez realizada la lectura, se usó una lámpara de luz UV a 360 nm para evidenciar la presencia de coliformes fecales en la muestra debido a la fluorescencia, el recuento se realizó mediante la técnica de NMP/ml.<sup>13</sup>

Para la identificación de mohos y levaduras en la muestra se sembraron 1 ml por duplicado las diluciones en Agar Papa Dextrosa (PDA), estas se cultivaron durante 8 días a temperatura ambiente<sup>22</sup>. El recuento se realizó según las normas ICONTEC, una vez realizado el recuento de levaduras, se llevó a cabo la caracterización macroscópica y microscópica de los hongos miceliales presentes en las muestras con el uso de azul de lactofenol para determinar por claves taxonómicas las especies aisladas.

En el proceso de identificación de *Salmonella* sp. se agregaron 25 ml de la muestra de leche en 225 ml de agua peptonada para realizar un enriquecimiento no selectivo de la muestra, tras 24 horas en

incubación a 37°C, se pasó 1 ml del agua a un tubo con caldo Rappaport para realizar un enriquecimiento selectivo para *Salmonella* sp. Seguidamente, tras 24 horas de incubación, se inoculó 1 ml del caldo Rappaport en agar S/S (*Salmonella*/*Shigella*) para identificar colonias presuntivas de *Salmonella* sp. Finalmente, se realizó prueba rápida de cromatografía Singlepath® *Salmonella* a las muestras que presentaran colonias presuntivas para identificar presencia o ausencia de *Salmonella* sp.<sup>14</sup>

Para la identificación de *Listeria* sp. se agregaron 25 ml de la muestra de leche en 225 ml de caldo Fraser, se dejó a temperatura ambiente por 8 días, una vez se cumplió el periodo, se realizó la siembra por estría en del caldo Fraser en agar Palcam® para identificar colonias presuntivas y realizar prueba rápida de cromatografía en caso de ser necesario.<sup>10</sup>

### **Análisis estadístico**

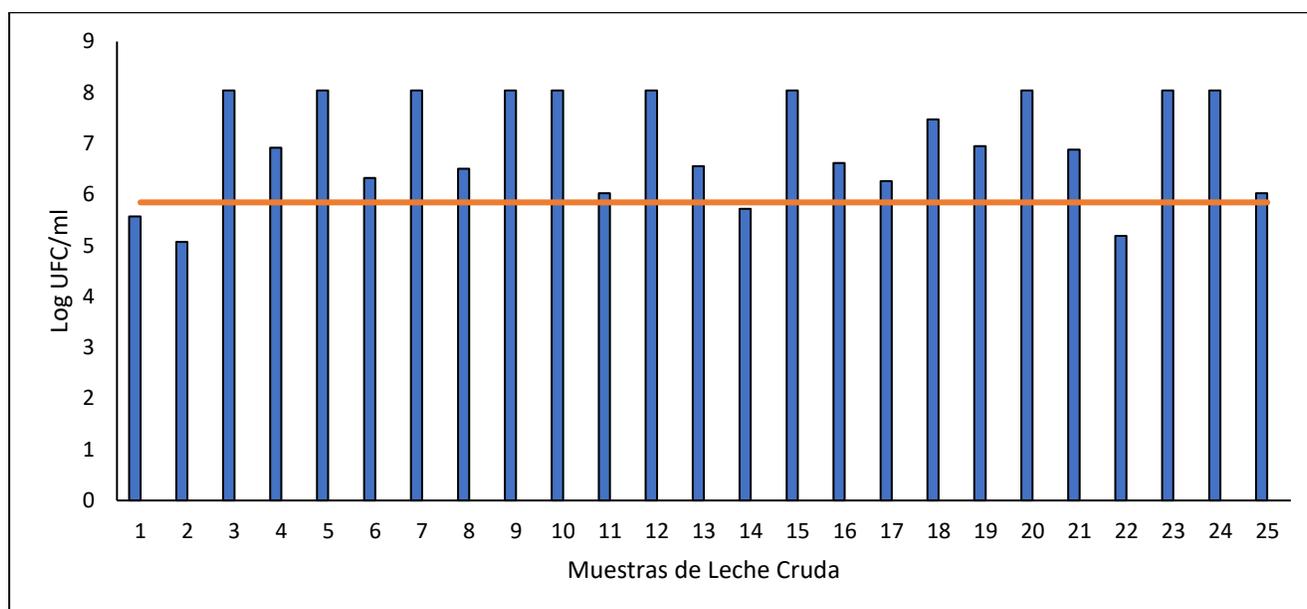
Se realizó un análisis descriptivo mediante técnicas univariadas. Los recuentos de las unidades formadoras de colonias se recalcularon como Logaritmo en base 10, luego de ello se realizó la comparación con el límite permisible de la Norma Técnica Colombiana 399.

### **Declaración sobre aspectos éticos**

La presente investigación se encuentra avalada por el comité de Ética y Bioética de la Universidad de Boyacá, con la RECT 166 del día 15 de mayo de 2023 considerando la pertinencia de la investigación, los aspectos metodológicos, técnicos y científicos, así como, el cumplimiento de las normas éticas y bioéticas del orden nacional e internacional que propenden por la protección de los animales y del medio ambiente. Este estudio garantizó el cumplimiento de los principios y normas éticas de la Declaración de Helsinki de 1975 y de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia.

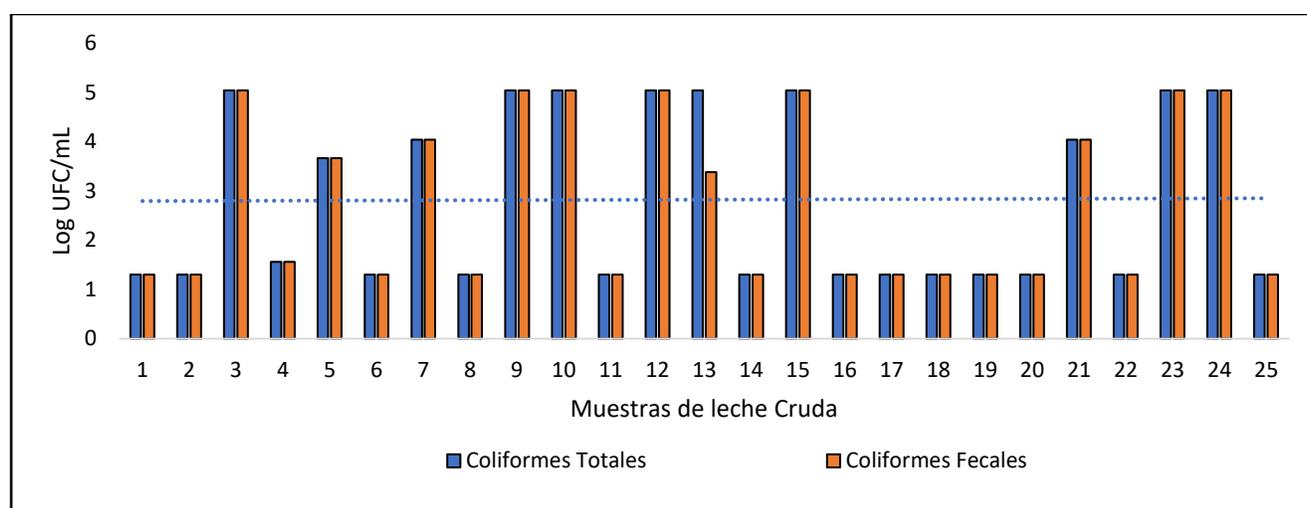
## **RESULTADOS**

Se evidenció que solo el 16% (n=4) de las muestras se encontraron por debajo del límite permisible de 700 000 UFC/ml establecido en la NTC 399, con valores que van desde  $1,1 \times 10^5$  UFC/ml hasta más de  $2,95 \times 10^7$  UFC/ml. En este aspecto, se concluye que el 84% (n=21) de las muestras de leche cruda analizada no son aptas para consumo ni industrialización según lo indicado en la NTC 399 (Figura 1).



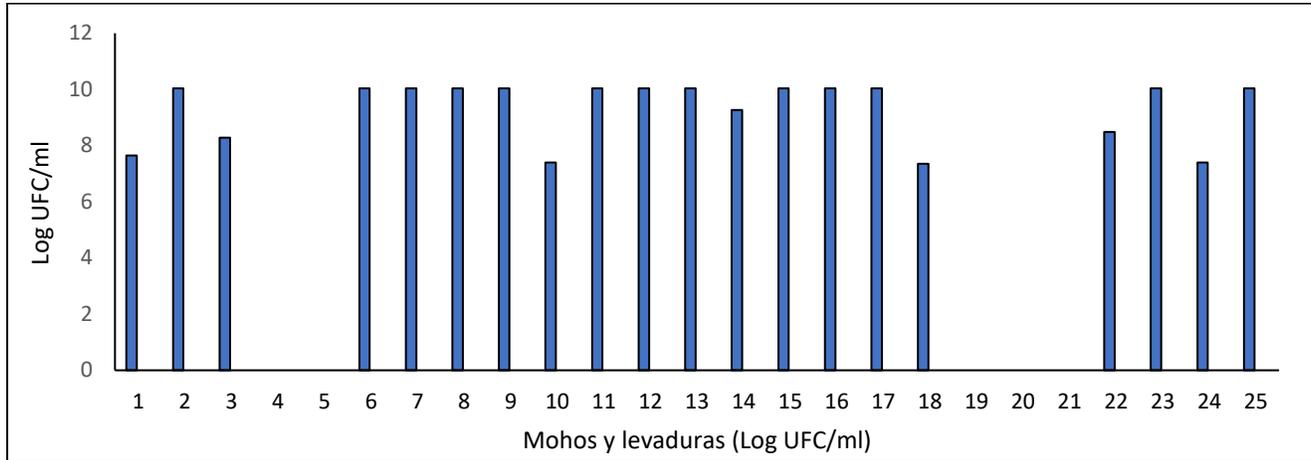
**Figura 1.** Recuento de aerobios mesófilos, que evidencia valores superiores al límite permisible según la NTC 399 en 21 de las 25 muestras analizadas, aquellas que se presentan por encima de la línea horizontal.

Se observó ausencia total de *S. aureus* coagulasa positivo. Por otra parte, la identificación y cuenta de coliformes totales y fecales fueron variados, el 40% (n=10) de las muestras presentaron números elevados de coliformes totales y fecales (11 000 NMP/ml). Sin embargo, el 52% de las muestras (n=13) presentaron un recuento bajo de estos microorganismos (30 NMP/ml), mientras que el 8% (n=2) de las muestras mostraron recuentos entre 36 y 4600 NMP/ml. Esto indica que, aunque en el 60% (n=15) de las muestras haya poca presencia de estos microorganismos, hay contaminación por coliformes tanto totales como fecales en las muestras de leche (Figura 2).



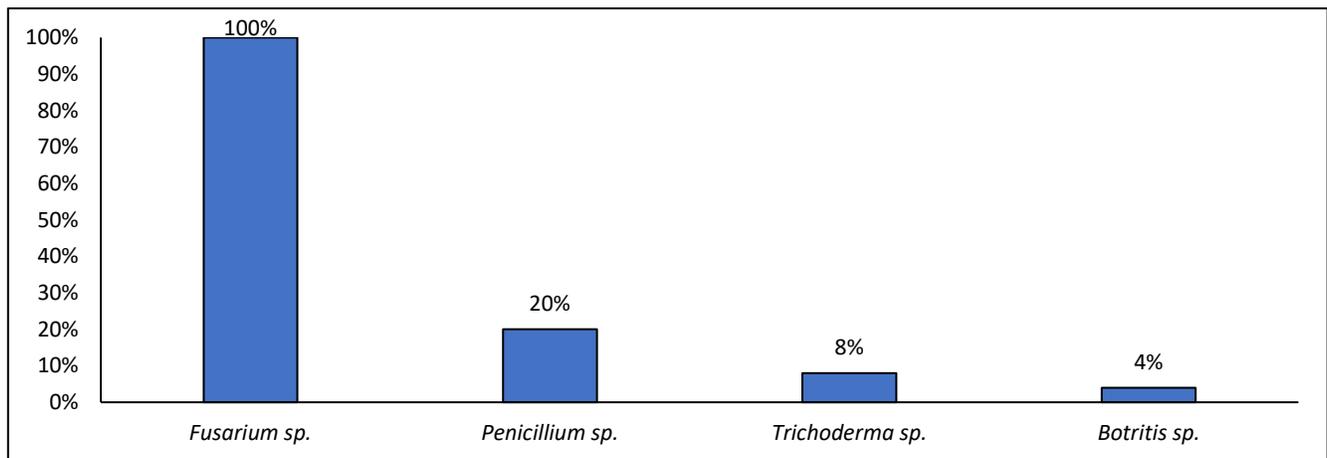
**Figura 2.** Recuento de coliformes totales y fecales, que evidencia valores superiores al límite permisible según la NTC 399 en 11 de las 25 muestras analizadas, aquellas que se presentan por encima de la línea horizontal.

En cuanto al recuento de levaduras, se presentó gran variabilidad en las muestras de leche (Figura 3). Se encontraron levaduras en un 80% de las muestras analizadas, entre las que se evidenció presencia de *Rhodotorula* sp. en 40% (n=10). Aunque, las levaduras no son microorganismos que se caractericen por ser causantes de enfermedades transmitidas por alimentos, contribuyen al deterioro de los alimentos.



**Figura 3.** Recuento de levaduras, que evidencia presencia de levaduras en 20 de las 25 muestras analizadas.

En cuanto a la presencia de hongos miceliales en las muestras de leche, se evidenció la presencia de *Fusarium* sp. en el 100% de las muestras analizadas. Adicionalmente, otras especies se encontraron en la leche como *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. y *Botritis* sp. con una prevalencia del 20%, 8% y 4% respectivamente en las muestras analizadas (Figura 4).



**Figura 4.** Presencia de hongos miceliales en las muestras, con predominio de presencia de *Fusarium* sp., seguido de *Penicillium* sp.

En cuanto a *Salmonella* sp., el estudio reveló una prevalencia del 24% (n=6). Finalmente, los resultados obtenidos en el laboratorio evidenciaron una ausencia del 100% de *Listeria* sp. en las muestras de leche analizadas.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se observa que la mayoría de las muestras de leche cruda incumplen con el límite permisible que dicta la norma. La prevalencia de *Salmonella* sp. fue del 24% y de *Listeria* sp. del 0% de las muestras en una finca de Paipa, Colombia.

Una revisión de la calidad microbiológica de leche cruda de estudios publicados entre el 2003 y el 2013 mostró que el 73% de las muestras de leche incumplían el límite permisible para las normas que rigen en cada país.<sup>14</sup> Asimismo, en Ecuador, en pequeñas ganaderías de Cotopaxi se evidenciaron que el recuento de aerobios mesófilos llegó a ser 50 veces mayor al permitido en la norma del país ( $1,5 \times 10^6$  UFC/ml). Se contamina se atribuyó a las malas prácticas de ordeño que se emplearon al momento de extraer la leche.<sup>15</sup> Esos hallazgos son similares a los del presente estudio lo que evidencia que la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos pueden estar por encima de los límites permisibles reglamentados en cada país.<sup>16</sup>

En México, en leche cruda de bovinos de una finca familiar se hallaron coliformes totales en la muestra de leche a una concentración de 150 000 NMP/ml, lo cual supera el límite establecido por la normativa de México NOM-243-SSA1-2010.<sup>17</sup> De la misma manera, en Venezuela, la calidad bacteriológica de leche cruda de bovinos de dos sistemas de ordeño mostró coliformes totales de 6,2 Log<sub>10</sub> NMP/ml, posiblemente debido a la mala higiene de los sistemas automatizados de ordeño.<sup>18</sup> En una revisión realizada entre los años 2000 y 2014 se puso en manifiesto que la contaminación por coliformes puede verse aumentada, debido a la higiene de los utensilios empleados para el proceso de extracción, la calidad del proceso por parte de los manipuladores, la ubre de las vacas, etcétera.<sup>19</sup>

Otra investigación en México de la calidad microbiológica de la leche destinada a productos artesanales mostró que el deterioro por hongos es uno de los principales problemas que enfrenta la industria láctea y que, en específico el deterioro por mohos es más prominente que el deterioro causado por levaduras. Esto concuerda con lo observado el presente estudio en el que se encontró *Fusarium* sp. en todas las muestras.<sup>20</sup>

*Salmonella* sp. representa un riesgo a la salud del consumidor dado puede causar enfermedades transmitidas por alimentos en humanos.<sup>21,22</sup> La contaminación por *Salmonella* sp. es indicativo de deficiencia en las prácticas de ordeño manejadas por los productores.<sup>23</sup> En Baja California, México, la leche y el queso artesanal de la región mostró que se encontraban libres de *Listeria* sp., similar a los hallazgos que se presentan en esta investigación.<sup>24</sup>

Es crucial que en las fincas que las que se recolecta leche se deben seguir las buenas prácticas de ordeño. Este cumplimiento reduce significativamente la calidad de los productos lácteos y reduce en forma significativa las posibilidades de enfermedades transmitidas por alimentos. Las autoridades sanitarias deben monitorizar la calidad de la leche cruda y hacer cumplir rigurosamente la norma técnica del país.

## CONCLUSIONES

Las muestras de leche cruda analizadas incumplen con los límites permisibles en las normas que rigen para Colombia. Se recomienda continuar con investigaciones que permitan ampliar el conocimiento sobre la calidad microbiológica de la leche cruda de bovinos en Paipa, Boyacá, Colombia.

## AGRADECIMIENTOS

Universidad de Boyacá y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

## DECLARACIÓN SOBRE CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**JMMA** participó en la conceptualización y diseño del estudio, recolección de muestras, análisis de muestras, revisión bibliográfica, redacción y aprobación final del manuscrito.

**NCAV** colaboró con el análisis de muestras, análisis estadístico, redacción y aprobación final del manuscrito.

**AMAB** participó en el análisis estadístico, redacción y aprobación final del manuscrito.

## REFERENCIAS

1. Fernández S, Marcía J, Bu J, Baca Y, Chavez V, Montoya H, et al. Enfermedades transmitidas por alimentos (etas); una alerta para el consumidor. Cien Lat. 2021;5:2284-98. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i2.433](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.433)
2. Forero-Torres Y, Galindo-Borda M, Ramírez G. Patógenos asociados a enfermedades transmitidas por alimentos en restaurantes escolares de Colombia. Rev Chil Nutr. 2017;44:325-32. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000400325>
3. Chiluisa-Utreras VP, Cabrera-Rodríguez MA, Valladares-Torres PK. Detección de *Listeria* spp. y *Listeria monocytogenes* en muestras de leche cruda y quesos artesanales respectivamente, mediante PCR en Tiempo Real. Respuestas. 2018;22:67-75. <https://doi.org/10.22463/0122820X.1204>
4. Sotelo A, Martínez C, Sánchez S. Características epidemiológicas y clínicas de los brotes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos. Paraguay 2015 - 2016. Rev Salud Publica Parag. 2016;9:33-40. <https://doi.org/10.18004/rspp.2019.junio.33-40>
5. Méndez I, Badillo C, Parra G, Faccini Á. Caracterización microbiológica de *Salmonella* en alimentos de venta callejera en un sector universitario de Bogotá. Med UIS. 2011;24:23-29.
6. Arrieta G, Gomezcaeres L, Albis D, Calderón A, Rodríguez V. Calidad de la leche cruda para consumo humano en dos localidades de Sucre, Colombia. Rev MVZ Cordoba. 2019;24:7355-61. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1829>

7. Merchán N, Zurymar T S, Niño L, Urbano E. Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. *Rev Chil Nutr.* 2016;46:288-94. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000300288>.
8. Rivadeneira-Samaniego C, Guaranga-Duchi F. Evaluación de la calidad microbiológica del queso fresco artesanal a través de su cadena de comercialización, producidos en una quesera artesanal del cantón Mocha de la provincia de Tungurahua y comercializados en una ciudad de la provincia del Guayas. Ecuador; 2021.
9. Martínez M, Gómez S. Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de sucre, Colombia. *Rev Bio Agro.* 2013;11:93-100.
10. Urbano E, Aguilera A, Jaimes C, Pulido M. *Listeria* spp., in churn storage of raw cow's milk in Tunja - Boyacá. *Rev MVZ Cordoba.* 2018;23:6871-7. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1375>
11. Flórez D, Cely D, González D, Niño L y Robledo, Y. Análisis bacteriológico y composicional de la leche bovina de cuatro municipios del departamento de Putumayo, Colombia. *Spei Domus.* 2024;19:1-9. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2023.02.04>
12. Moreno F, Rodriguez G, Mendez V, Osuna L, Vargas M. Análisis microbiológico y su relación con la calidad higiénica y sanitaria de la leche producida en la región del Alto de Chicamocha (departamento de Boyacá). *Rev Med Vet.* 2007;61-83.
13. Mesa-Pérez T, Castellanos-Rozo J, Aguilera-Becerra AM. Calidad microbiológica de chorizos procesados en la plaza de mercado del municipio de Sogamoso, Boyacá. *Revista Investig Salud Univ Boyaca.* 2023;10:7-18. <https://doi.org/10.24267/23897325.888>
14. Vázquez E, Pérez E, Hurtado L y Alcántara L. Evaluación de la calidad microbiológica de la leche. *Rev Iberoam Cienc.* 2014;1:91-9.
15. Guevara-Freire D, Montero-Recalde M, Rodríguez A, Valle L, Avilés-Esquivel D. Calidad de leche acopiada de pequeñas ganaderías de Cotopaxi, Ecuador. *Rev Investig Vet.* 2019;30:247-55. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15679>
16. Lojano-Collantes D, Quezada-Córdova C, Pacheco-Cárdenas K. Identificación de *Staphylococcus aureus* en leche cruda de cabra expendida en mercados de Cuenca – Ecuador. *Anat Dig.* 2023;6:6-17. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i2.1.2569>
17. Fuentes-Coto G, Ruiz-Romero RA, Sánchez-Gómez JI, Ávila-Ramírez DN, Escutia-Sánchez J. Análisis microbiológico de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación. *Agric Soc Desarro.* 2013;10:419-32. <https://doi.org/10.22231/asyd.v10i4.134>
18. Guevara-Ramos B, Rivas-Nichorzon M, Silva-Acuña R. Calidad bacteriológica de la leche en sistemas de ordeño en el municipio Maturín, Monagas, Venezuela. *Espamciencia.* 2020;11:68-74. [https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v11i2.216](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i2.216)
19. Aguilera-Becerra A, Urbano-Cáceres E, Jaimes-Bernal C. Bacterias patógenas en leche cruda: problema de salud pública e inocuidad alimentaria. *Cienc Agric.* 2014;11:83-93.
20. Eckard S, Wettstein FE, Forrer HR, Vogelgsang S. Incidence of *Fusarium* species and mycotoxins in silage maize. *Toxins.* 2011;3:949-67. <https://doi.org/10.3390/toxins3080949>
21. Iñiguez-Muñoz L, Valencia-Botín A, Anaya-Esparza L, Anzaldo-Ortega R, Pliego-Sandoval J, Reyes-Nava L, et al. Leche cruda de vaca destinada a la elaboración de productos artesanales: calidad microbiológica y fisicoquímica. *Biocencia.* 2022;24:28-34. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v24i3.1635>.

22. Martínez M, Gómez C. Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. *Biotechnol Sector agropecuario Agroind*. 2015;11: 93-100
23. Albuja-Landi A, Escobar-Arrieta S, Andueza-Leal F. Calidad bacteriológica de la leche cruda bovina almacenada en el centro de acopio Mocha. Tungurahua. Ecuador. *Siembra*. 2021;8:3176. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.3176>
24. Silva-Paz L, Medina-Basulto G, López-Valencia G, Montañó-Gómez M, Villa-Angulo R, Herrera Ramírez J, et al. Caracterización de la leche y queso artesanal de la región de Ojos Negros, Baja California, México. *Rev Mex Cienc Pec*. 2020;11:553-64. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5084>