



Caracterización higiénico-sanitaria de la leche bovina del departamento de Nariño

Rocio E. Patiño-Burbano^{1*} ; Sabrina Jiménez-Velásquez¹ ; Saida L. Cabrera-Cabrera² ;
Eliana M. Guerrero-Narváez² ; José C. Montes-Vergara³ ; Edwin Castro-Rincon² ;
José L. Rodríguez-Bautista⁴ ; Jorge L. Parra-Arango .

¹Corporación colombiana de investigación agropecuaria Agrosavia, Centro Investigación Tibaitatá. Mosquera. Bogotá.

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, Centro Investigación Obonuco, Obonuco, Pasto.

³Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia, departamento de Ciencias Pecuarias. Colombia.

⁴Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá. Colombia.

⁵Universidad de Los Llanos, Villavicencio, Meta. Colombia.

*Correspondencia: rpato@agrosavia.co

Recibido: Septiembre 2022; Aceptado: Febrero 2023; Publicado: Mayo 2023.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar la calidad higiénico-sanitaria de la leche bovina de Nariño mediante los recuentos de mesófilos aerobios y de células somáticas y determinar presencia de microorganismos ambientales importantes en salud pública como *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Yersinia enterocolitica* y evaluar las variaciones de los parámetros de calidad en dos periodos lluviosos diferentes. **Materiales y métodos.** Se tomaron muestras de leche en 180 predios de cuatro subregiones naturales, en épocas de diferente precipitación. A cada muestra se le realizó recuento de aerobios mesófilos, y el recuento de células somáticas por citometría de flujo, y el de Coliformes totales mediante lectura en placa. La detección de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes* por el sistema de detección molecular MDS 3M, *Staphylococcus aureus* y *Yersinia enterocolitica* por microbiología convencional. **Resultados.** Los recuentos de células somáticas fueron superiores en la época de altas precipitaciones. La mediana de los recuentos de mesófilos y coliformes totales fue de 20.085 UFC/ml, 265 UFC/ml respectivamente sin diferencias significativas en los dos periodos. No se detectó *Salmonella* spp. ni *E. coli* O157/H7. No se observaron diferencias significativas en la frecuencia de presentación de *Listeria* sp., *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus coagulasa* negativa entre los dos periodos de lluvia evaluados. **Conclusiones.** Se observó que el 80% de las muestras de leche analizadas en este estudio cumplen con los estándares de calidad higiénico-sanitaria y no se observó influencia de la época de muestreo sobre la calidad higiénica de la leche.

Palabras clave: Leche de vaca; inocuidad alimentaria; bacterias patógenas; enfermedades transmitidas por alimentos (*Fuente: Tesoro y Glosario de la National Agricultural Library*).

ABSTRACT

Objective. The aim of this study is to evaluate the hygienic and sanitary quality of bovine milk from dairy farms of Nariño, Colombia by determining the presence of environmental microorganisms of public health importance such as *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*,

Como citar (Vancouver).

Patiño-Burbano RE, Jiménez-Velásquez S, Cabrera-Cabrera SL, Guerrero-Narváez EM, Montes-Vergara JC, Castro-Rincon E, et al. Caracterización higiénico-sanitaria de la leche bovina del departamento de Nariño. Rev MVZ Córdoba. 2023; 28(2):e2895. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2895>



©El (los) autor (es) 2023. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

Staphylococcus aureus and *Yersinia enterocolitica* and to evaluate the impact that the rainy seasons have on milk quality **Materials and methods.** Milk samples were taken in 180 farms located in four natural subregions, both in the high rainfall season and in the low rainfall season. Mesophilic aerobic count, a somatic cell count by automated methods, and a total coliform count in 3M Petrifilm® plates were done to each milk sample. Detection of *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* was done by the 3M MDS system, *Staphylococcus aureus* and *Yersinia enterocolitica* were isolated by conventional microbiology techniques. **Results.** The highest somatic cell counts were found during the high rain season. The median of the mesophilic, total coliform and somatic cell counts were 20,085 CFU/ml, 265 CFU/ml and 219,170 cells/ml, respectively, with no significant differences in the two rainy periods. Neither *Salmonella* spp. nor *E. coli* O157/H7 were detected. There was no significant difference among the presence of *Listeria* sp., *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica*, *Staphylococcus aureus* and coagulase negative *Staphylococcus* between the two rainy seasons. **Conclusions.** 80% of the milk samples met the hygienic and sanitary quality standards and no influence of the sampling period on the hygienic quality of the milk was observed.

Keywords: Cow's milk; food safety; food pathogens; foodborne illness (Source: *Tesaurus y Glosario de la National Agricultural Library*).

INTRODUCCIÓN

El sector lechero es uno de los renglones productivos más importantes del departamento de Nariño en Colombia porque aporta cerca del 27% a su Producto Interno Bruto (PIB) y genera más de 90 mil empleos directos y 160 mil empleos vinculados al negocio de ganadería de leche (1). En el eslabón primario de producción se encuentran 40 mil productores y el 80% de los ellos son campesinos e indígenas minifundistas (2,3).

En 2017, el volumen de leche producido en el departamento fue de 327.6 millones de litros, correspondiente al 5.7% del total nacional (3). La cuenca lechera del Altiplano Nariñense está ubicada principalmente en las subregiones Centro, Exprovincia de Obando y La Sabana, en las que se ubican los municipios de Pasto, Ipiales, Guachucal, Cumbal y Túquerres que concentran más del 55% de la producción departamental (3). La subregión de Juanambú muestra en los últimos años un importante desarrollo del sistema de producción lácteo en el municipio de Buesaco (4).

En la cadena de valor láctea del departamento se incluyen las asociaciones de productores, los intermediarios, la industria transformadora y los comercializadores. Los departamentos de Nariño y Valle del Cauca son los principales mercados de la producción obtenida. Las empresas formales y artesanales participan en la transformación de la leche, siendo las primeras las que proveen a los supermercados mayoristas en todo el país y tiendas de barrio, mientras que las empresas artesanales, surten el mercado con la venta directa al consumidor, a tiendas de barrio y plazas de mercado. Estas últimas

también se caracterizan porque no poseen una marca registrada y no se sujetan al control de vencimientos (4).

Para efectos del control de la calidad de la leche, los productores y la industria se orientan con la resolución 0017 de 2012 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la cual establece los indicadores de calidad y de acuerdo con su caracterización se genera una bonificación o castigo en la liquidación de pago al productor (5,6). El recuento total de bacterias (RTB) o recuento de aerobios mesófilos como indicador de los procesos de cosecha, conservación y acopio de la leche y el recuento de células somáticas (RCS) como indicador de la salud de la ubre son tomados en cuenta como los principales parámetros para estimar la calidad higiénica en los sistemas de pago al productor (5,6).

Varios microorganismos y sus toxinas afectan la calidad de la leche, cuya presencia está directamente relacionada con distintos factores, entre ellos, las condiciones inadecuadas de manipulación (7), la temperatura de almacenamiento(8,9), el grado de exposición de la leche a la luz y al oxígeno, la limpieza de los utensilios y equipos empleados en la cosecha de leche, los cambios estacionales (10), el estado del suelo y la salud animal (9,11,12). Las bacterias que llegan a la leche pueden ser o no patógenas, lo que de cualquier manera puede afectar la salud de los consumidores o deteriorar la calidad de la leche necesaria para la elaboración de productos derivados (13,14).

En este estudio se evaluó la calidad higiénico-sanitaria mediante el recuento de aerobios mesófilos y recuento células somáticas, la

presencia de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Yersinia enterocolitica*, considerados microorganismos ambientales y de importancia en salud pública, en la leche bovina de productores asociados en 11 municipios de cuatro subregiones naturales del departamento de Nariño durante dos periodos de lluvia de diferente intensidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio. Se diseñó un estudio de cohortes longitudinal prospectivo, cuyas unidades experimentales fueron los predios productores de leche cruda en la región lechera andina del departamento de Nariño, con dos épocas de diferentes intensidades de precipitación (altas y bajas). Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) el departamento de Nariño presenta dos patrones de lluvia bien definidos; el primero se presenta en los meses de marzo a abril y el segundo en los meses de octubre a diciembre con precipitaciones desde 1.000 a 1.500 mm.

Selección de asociaciones productoras. La selección de predios, municipios y asociaciones fue un consenso de instituciones públicas y privadas, como la industria de acopio y transformación, las asociaciones de productores, la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño (SAGAN), La Universidad de Nariño, la Gobernación de Nariño y la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA). Se seleccionaron al azar 190 predios del registro de la base de datos de la Gobernación de Nariño y SAGAN, que se distribuyeron proporcionalmente entre 18 asociaciones en 11 municipios, categorizados por subregión geográfica (Figura 1).

Fase de muestreo y análisis. Se colectaron 380 muestras de leche de tanque en fincas o centros de acopio, de las cuales 190 fueron colectadas en época de altas precipitaciones entre abril y junio e igual número en la época de bajas precipitaciones en los meses de septiembre y octubre de 2017. Las muestras de leche fueron colectadas, de acuerdo con la Norma ISO 707:2008: Guía de muestreo de leche y productos lácteos. Las muestras se transportaron en refrigeración (1-6°C) hasta el laboratorio de análisis de leches del Centro de Investigación Obonuco y al Centro de Investigación Tibaitatá y fueron procesadas en las primeras 24 horas después de su colecta.

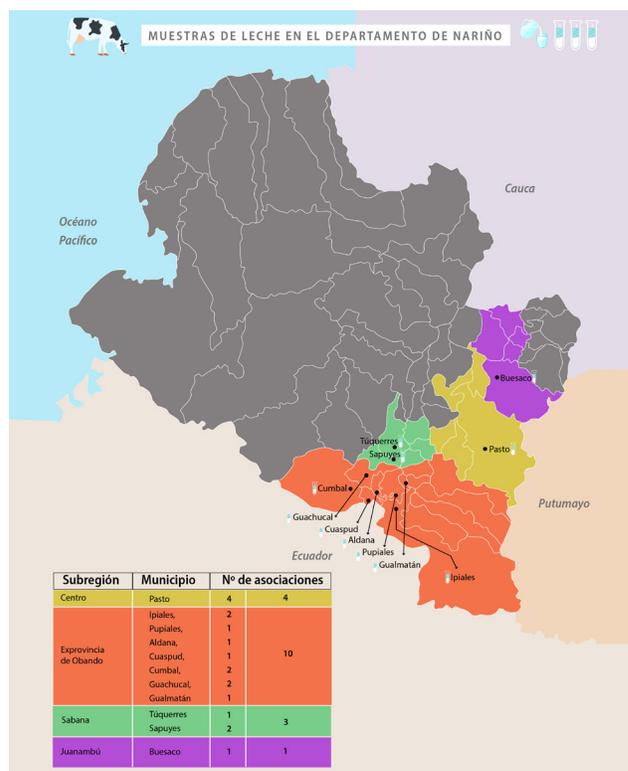


Figura 1. Distribución geográfica de asociaciones y municipios.

Fuente: elaborado a partir de Gobernación de Nariño. (s. f.) 2016. (15).

Recuento de microorganismos aerobios mesófilos y recuento de células somáticas.

El Recuento de Células Somáticas (RCS) / ml y el recuento de microorganismos aerobios mesófilos expresado en unidades formadoras de colonias por mililitro de leche (UFC/ml), se realizaron por citometría de flujo (Fossomatic® y equipo BactoScan FOSS FC+®, respectivamente). El tratamiento de las muestras, la operación de los equipos y la preparación de los reactivos fueron realizados siguiendo los protocolos del laboratorio y las instrucciones de los fabricantes. El recuento de coliformes totales (UFC/ml) se realizó por el método de placa (Petrifilm 3M®).

Detección de patógenos en leche. Para la detección de *Salmonella* sp., *Listeria* sp., *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7 se utilizó el Sistema de Detección Molecular (MDS) 3M™. La detección de *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulans* negativa y *Yersinia enterocolitica* se realizó siguiendo las recomendaciones de la Food and Drug Administration (FDA) disponibles en el Manual Análítico Bacteriológico (BAM sigla del inglés, Bacteriological Analytical Manual). La

identificación del género y la especie de las bacterias se realizó con el sistema automatizado Vitek® System empleando tarjetas para Gram positivos y Gram negativos.

Análisis estadístico. Mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov, se determinó si las variables numéricas presentaban distribución normal, induciendo la aplicación de prueba de t para muestras relacionadas con distribución normal y prueba de Wilcoxon en distribuciones no normales, para el recuento de mesófilos y células somáticas. El análisis de variables numéricas dentro de épocas se hizo con pruebas pareadas de Mann Whitney entre subregiones. El análisis de frecuencias, para medidas repetidas, se hizo con prueba de χ^2 de McNemar. Las comparaciones de proporciones dentro de épocas por subregión se efectuaron con pruebas pareadas de Z para proporciones independientes. Los intervalos de confianza de las proporciones se hicieron por el método de Wilson. La significancia estadística fue 0.05. El software utilizado fue IBM-SPSS-26 Y EPIDAT 3.1.

RESULTADOS

Recuento de células somáticas, recuento de microorganismos aerobios mesófilos y recuento de coliformes. De las 190 fincas programadas, se pudieron obtener muestreos repetidos en 189 (99.4%), no todas las pruebas microbiológicas se aplicaron a todos los predios. La prueba de Kolmogorov-Smirnov, indicó que las variables: recuento de células somáticas, recuento de bacterias mesófilas y recuento de bacterias coliformes, en leche cruda, no presentaron distribución normal ($p < 0.001$).

Las medianas generales de RCS en época de altas precipitaciones y de bajas precipitaciones fueron: 244.129 cel/ml de leche y 201.443 cel/ml, respectivamente. Estas observaciones presentaron una significancia de recuentos iguales de 6% y de recuentos diferentes de 94%, son estadísticamente diferentes. El recuento de la época de altas precipitaciones fue significativamente superior al de la época de bajas precipitaciones. No se encontraron diferencias en los RCS entre las épocas para las subregiones ($p > 0.05$) (Tabla 1).

La observación dentro de época fue diferente para la de bajas precipitaciones, donde la subregión de La Sabana denotó recuentos significativamente superiores a las otras subregiones.

Tabla 1. Medianas de recuento celular somático, en leche cruda, entre épocas de diferente pluviosidad por subregiones en el departamento de Nariño. Prueba de Wilcoxon.

Subregión Predios	AP	BP	Wilcoxon	
			Z	p
Centro	44	191.233 ^a 132.302 ^a	-1.132	0.258
Ex Obando	103	221.274 ^a 200.242 ^a	-1.599	0.110
La Sabana	21	345.431 ^a 341.806 ^b	-0.052	0.958
Juanambú	10	236.323 ^a 127.659 ^a	-0.866	0.386
General	178	244.129 201.443	-1.854	0.064

AP: Altas precipitaciones Células/ml de leche; BP: Bajas precipitaciones Células /ml de leche.

Columnas con letras diferentes son estadísticamente distintas dentro de la época. Pruebas pareadas de Whitney dentro de épocas para subregiones.

Del total de predios analizados para la variable de RCS, se consideró que el 44.4 y 48.9% corresponden a leche con buena calidad, al presentar recuentos inferiores a 200.000 células/ml; leche con calidad aceptable en el 30.9 y 33.1% con RCS desde 200.000 hasta 500.000 células/ml y leche con calidad deficiente en el 24.7 y el 18.0% con recuentos superiores a 500.000 cel/ml en las épocas de altas y bajas, respectivamente

La mediana general del recuento de bacterias mesófilas o UFC/ml de leche, en época de altas y bajas precipitaciones fue de 25.696 y 19.832 respectivamente, sin embargo, no hubo diferencias estadísticas entre sí. En la evaluación por subregiones para el recuento de bacterias mesófilas, las subregiones Centro y Exprovincia de Obando, presentaron diferencias significativas entre épocas, siendo superior la primera subregión para la época de altas precipitaciones y la segunda para la época de bajas precipitaciones. Las subregiones La Sabana y Juanambú, no presentaron recuentos de mesófilos diferentes entre épocas (Tabla 2). Los resultados para el recuento de bacterias mesófilas, dentro de épocas, fue significativamente superior en la subregión de La Sabana, para las dos épocas, mientras que las otras subregiones fueron similares entre sí (Tabla 2).

En relación con el recuento de bacterias coliformes en UFC/ml de leche, la mediana general para las épocas de altas y bajas precipitaciones fue de 258 y 168 UFC/ml, respectivamente, pero sin diferencias estadísticas entre sí. El recuento de coliformes no presentó diferencias entre épocas para las subregiones, sin embargo, la

subregión de La Sabana presentó recuentos significativamente superiores a las demás subregiones (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de Wilcoxon y medianas de recuento de bacterias mesófilas y coliformes en leche cruda, entre épocas de diferente pluviosidad por subregiones en el departamento de Nariño.

Subregión	No. de Predios	UFCM-AP	UFCM-BP	Wilcoxon	
				Z	p
Centro	44	25.452 ^a	5.615 ^a	-4.586	0.000
Ex Obando	102	19.402 ^a	34.007 ^a	-2.259	0.024
La Sabana	25	138.799 ^b	219.536 ^b	-1.117	0.264
Juanambú	10	38.360 ^{ab}	18.826 ^a	-0.561	0.575
General	181	25.696	19.832	-0.373	0.709
		UFCC	UFCC		
Centro	44	170 ^a	123 ^a	-0.048	0.961
Ex Obando	103	358 ^{ab}	190 ^a	-0.909	0.363
La Sabana	21	3.400 ^b	2.610 ^b	-0.295	0.768
Juanambú	10	100 ^a	40 ^a	-0.889	0.374
General	178	258	168	-0.607	0.544

UFCM-AP: UFC de mesófilos /ml de leche. (Altas precipitaciones); UFCM-BP: UFC de mesófilos /ml de leche. (Bajas precipitaciones); UFCC: UFC de coliformes /ml de leche. Columnas con letras diferentes son medianas estadísticamente diferentes dentro de época. Pruebas pareadas de Whitney dentro de épocas para subregiones.

En la clasificación de la calidad higiénica, el porcentaje de predios con leche buena (≤ 100.000 UFC/ml) fue: 75.1 y 72.9%, con leche estándar (> 100.000 hasta 200.000 UFC/m) 8.8 y 6.6% y con leche de deficiente calidad (> 200.000 UFC/ml) 16.0 y 20.4%, en época de altas precipitaciones y bajas precipitaciones respectivamente.

Microorganismos patógenos. En la leche de los dos muestreos, no se detectó *Salmonella* spp. ni *E. coli* O157/H7; aunque sí se detectó la presencia de *Listeria* sp, *Listeria monocytogenes* y *Yersinia enterocolítica*. *Listeria* sp y *L. monocytogenes* se encontraron en las subregiones Centro, Exprovincia de Obando y La Sabana, con excepción de la subregión de Juanambú, observándose proporciones estadísticamente iguales entre épocas (Tabla 3).

En las dos épocas evaluadas, *L. monocytogenes* se aisló en los predios de la subregión Centro (5.5%), seguido por la subregión de La Sabana (3.8%) y Exprovincia de Obando (2.7%). Se encontró *Y. enterocolítica*, durante las dos épocas de muestreo en las subregiones Centro (1.66%) y Exprovincia de Obando (4.44%).

En la época de altas precipitaciones, se presentó proporción significativa superior de predios con *Listeria* en la Subregión de La Sabana y del Centro, mientras en la época de bajas precipitaciones las proporciones de leche contaminada con *Listeria* fue similar entre subregiones (Tabla 4).

Tabla 3. Frecuencia de presentación de bacterias de interés en salud pública en leche cruda, en épocas de diferente pluviosidad en predios del departamento de Nariño.

Especie	Altas precipitaciones		Bajas precipitaciones		Significancia Entre épocas*	IC 95% proporción Wilson**
	N predios	%Predios	N predios	%Predios		
<i>Salmonella</i> sp	0/180	0.0	0/189	0.0	NC	0.00 - 1.00
<i>E. coli</i> O157H7	0/180	0.0	0/189	0.0	NC	0.00 - 1.00
<i>Listeria</i> sp	22/180	12.2	7/180	3.9	0.003	5.70 -11.3
<i>L. monocytogenes</i>	13/180	7.2	7/180	3.9	0.180	3.62 - 8.42
<i>Yersinia enterocolítica</i>	8/180	4.4	3/180	1.7	0.227	1.71 - 5.39

*McNemar fincas relacionadas entre épocas. NC: no calculable. **Método Wilson para IC de proporciones en las dos épocas

Tabla 4. Frecuencia y distribución porcentual de predios con *Listeria* sp en leche cruda en épocas de diferente pluviosidad, por subregión en el departamento de Nariño.

Subregión	Altas precipitaciones		Bajas precipitaciones		Significancia Entre épocas*	IC 95% proporción Wilson **
	N predios	% Predios	N predios	% predios		
Centro	7/44	15.9 ^{ab}	4/44	9.1 ^a 0.0 ^a	0.453	7.1 - 21.0
Ex Obando	8/101	7.9 ^b	1/101	1.0 ^b	0.039	2.4 - 8.30
La Sabana	7/25	28.0 ^a	2/25	8.0 ^a	0.125	9.8 - 30.8
Juanambú	0/10	0.0 ^b	0/10		NC	0.0 - 16.1

*McNemar fincas pareadas entre épocas. NC: no calculable. **Método Wilson para IC de proporciones en las dos épocas. Columnas con letras distintas son proporciones estadísticamente diferentes. Fuente: este estudio.

Fue posible aislar *S. aureus* en las muestras de leche de todas las subregiones, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre épocas ni dentro de las subregiones (Tabla 5).

Tabla 5. Frecuencia y distribución porcentual de *Staphylococcus aureus* en leche cruda en épocas de diferente pluviosidad, por subregión, en predios del departamento de Nariño.

Subregión	AP		BP		SEP*	ICP**
	NP	%P	NP	%P		
Centro	7/44	15.9 ^a	7/44	15.9 ^a	1.000	9.7–25.0
Ex Obando	6/101	5.9 ^a	11/101	10.9 ^a	0.332	5.3–13.1
La Sabana	1/25	4.0 ^a	1/25	4.0 ^a	1.000	1.1–13.5
Juanambú	2/10	20.0 ^a	4/10	40.0 ^a	0.625	14.6–51.9
Total	16/180	8.9	23/180	12.8	0.289	8.0–14.5

AP: Altas precipitaciones; BP: Bajas precipitaciones; NP: N predios; %P: % predios; SEP: Significancia entre épocas; ICP: IC 95% proporción Wilson.

*McNemar fincas pareadas entre épocas. **Método Wilson para IC de proporciones en las dos épocas. Columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes. Fuente: este estudio.

En el sector primario de producción, se identificaron 12 especies de *Staphylococcus* coagulasa negativa (SCN). Las especies más prevalentes fueron: *Staphylococcus warneri*, *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Staphylococcus chromogenes* (Tabla 6).

Los *Staphylococcus* coagulasa negativa (SCN) se aislaron en las 4 subregiones. El 13.6 % y 29.0 % de los predios presentaron SCN en las épocas de altas y bajas precipitaciones respectivamente, siendo proporciones significativamente diferentes. A su vez, en la Exprovincia de Obando la proporción de predios con SCN en leche cruda fue significativamente superior en la época de bajas precipitaciones. Dentro de la variable época, de altas precipitaciones las subregiones de Juanambú y Centro presentaron proporciones iguales y significativamente superiores a la subregión de la Exprovincia de Obando. En contraste, dentro de la época de bajas precipitaciones no se encontraron diferencias entre subregiones (Tabla 7).

Tabla 6. Frecuencia y distribución porcentual de *Staphylococcus* coagulasa negativa (SCN) en leche cruda, en épocas de diferente pluviosidad en predios del departamento de Nariño.

Especie	Altas precipitaciones		Bajas precipitaciones		Significancia entre épocas*	IC 95% proporción Wilson **
	N. predios	% predios	N predios	%Predios		
<i>S. warneri</i>	10/180	5.6	15/180	8.3	0.405	4.8 – 10.1 a
<i>S. hominis</i>	2/180	1.1	10/180	5.6	0.021	1.9 – 5.7 b
<i>S. haemolyticus</i>	5/180	2.8	6/180	3.3	1.000	1.7 – 5.4 b
<i>S. epidermidis</i>	3/180	1.7	6/180	3.3	0.508	1.3 – 4.7 b
<i>S. chromogenes</i>	3/180	1.7	4/180	2.2	1.000	0.9 – 4.0 bc
<i>S. simulans</i>	0/180	0.0	6/180	3.3	NC	0.8 – 3.6 bc
<i>S. lentus</i>	0/180	0.0	5/180	2.8	NC	0.6 – 3.2 bc
<i>S. sciuri</i>	2/180	1.1	0/180	0.0	NC	0.2 – 2.0 c
<i>S. vitulinus</i>	0/180	0.0	2/180	1.1	NC	0.2 – 2.0 c
<i>S. cohnii</i>	1/180	0.6	0/180	0.0	NC	0.1 – 1.6 c
<i>S. xylosus</i>	1/180	0.6	0/180	0.0	NC	0.1 – 1.6 c
<i>S. auricularis</i>	0/180	0.0	1/180	0.6	NC	0.1 – 1.6 c

Tabla 7. Frecuencia y distribución porcentual de *Staphylococcus* coagulasa negativa (SCN) en leche cruda en épocas de diferente pluviosidad, por subregión, en predios del departamento de Nariño.

Subregión	Altas precipitaciones		Bajas precipitaciones		Significancia entre épocas*	IC 95% proporción Wilson **
	N predios	% predios	N predios	%Predios		
Centro	10/40	25.0 ^a	16/40	40.0 a	0.180	23.2 – 43.4
Ex Obando	8/110	7.2 ^b	29/110	26.4 a	0.000	12.5 – 22.3
La Sabana	5/25	20.0 ^{ab}	7/25	28.0 a	0.625	14.3 – 37.4
Juanambú	2/8	25.0 ^a	1/8	12.5 a	1.000	6.6 – 43.0
Total	25/183	13.6	53/183	29.0	0.000	17.4 – 25.8

*McNemar fincas pareadas entre épocas. **Método Wilson para IC de proporciones en las dos épocas. Columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes.

DISCUSIÓN

En todo el mundo, el consumo de leche bovina aumenta cada año, principalmente, por la población infantil. Por lo tanto, su producción debe garantizar que existan condiciones de calidad que permitan el consumo de un producto inocuo.

De acuerdo con los resultados de RCS, cerca del 45% de los predios analizados presentó leche que cumple con parámetros de calidad de mercados líderes como la Unión Europea, Estados Unidos y Nueva Zelanda (6). Como indicador de la salud de la glándula mamaria, el RCS de 200.000 cel/ml o menos en tanque es una meta para mejorar la calidad de la leche y su procesamiento.

En Colombia, la norma técnica 399 de 2002 indica que para procesos industriales se requiere de leche con menos de 700.000 cel/ml, de manera que no afecte la transformación y procesamiento (16). Teniendo en cuenta lo anterior, el 70% de la leche analizada en el estudio puede destinarse a procesos industriales. No obstante, existe un 30% que no cumple con los parámetros y requiere dar atención, ya que recuentos altos de RCS pueden asociarse a problemas de mastitis, también, se debe tener en cuenta que hay varios factores no infecciosos como la edad de la vaca, periodo de lactancia, época del año, intervalo entre ordeños y estrés que pueden incrementar el RCS (16).

Con relación a la época del año, este estudio refleja que durante los periodos de mayor precipitación los RCS fueron mayores, la humedad y la lluvia pueden ocasionar que el barro se acumule en la ubre, esta situación puede predisponer a las vacas a la mastitis (16) con el aumento del RCS, sin embargo, no se observaron diferencias entre las épocas para las subregiones. En la subregión de La Sabana, Jurado (17) se observaron valores desde 100.000 hasta poco más de 1.000.000 cel/ml, lo cual podría estar asociado a condiciones de manejo y las lluvias predominantes durante el período de muestreo.

En Colombia, según la norma técnica 399 de 2002, la leche apta para la industria debe contener menos de 700.000 de células somáticas /ml dado que RCS altos afectan la transformación y procesamiento de la leche (17). En el presente estudio, la leche de cerca del 70% de los productores cumple con este parámetro para el procesamiento industrial. Aunque el RCS no

está contemplado para el pago por calidad de leche, la industria lo usa como parámetro en la evaluación de la calidad de leche.

Respecto a la calidad higiénica, el 73% de los predios evaluados cumple con los estándares de calidad basados en el recuento de aerobios mesófilos, según lo contempla la resolución 017 de 2012 del MADR para el pago por calidad y el 50% de los predios presentan recuentos de mesófilos aerobios por debajo de 25.000 UFC/ml al momento de la comercialización para las dos épocas evaluadas. Sin embargo, aún queda un grupo de productores, el 27%, que aún no han logrado obtener leche con buena calidad sanitaria probablemente por contaminación durante el proceso de cosecha de leche y la baja adopción de buenas prácticas de ordeño.

Los valores de UFC/ml no presentaron diferencias significativas para las épocas de altas y bajas precipitaciones, resultado similar a los valores encontrados por Vásquez (6) en muestras de leche de 11 centros de acopio de varios sistemas de producción de leche en Colombia. En contraste a los resultados de Martínez y Gómez (10), en donde se encontraron valores altos de mesófilos aerobios en época de verano con diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$ (1.0×10^8 UFC/ml en verano y 1.2×10^7 UFC/ml en invierno) (10).

De otro lado, en las dos épocas evaluadas en todas las subregiones se detectó y la presencia de coliformes. Este grupo de microorganismos se detectó en las dos épocas evaluadas y aunque este análisis no determina especies bacterianas, se considera una guía de la contaminación y sugiere contaminación fecal de leche. La leche se puede contaminar por deficientes condiciones higiénicas en instalaciones, utensilios y proceso de manipulación durante la cosecha (13,18).

Con respecto a microorganismos patógenos, se detectó *Listeria* sp. en el 12 y 7.8% en la época de altas y bajas precipitaciones respectivamente; en la subregión de La Sabana se encontró el mayor número de muestras con *Listeria* sp. con 28 y 12% de las muestras para las épocas de altas y bajas precipitaciones respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre las épocas. En este estudio se detectó la presencia de *Listeria monocytogenes* en el 6.11% de las muestras evaluadas (22/360) en las fincas de las subregiones Centro, Exprovincia de Obando y La Sabana; valores diferentes a los reportados en "Perfil sanitario nacional de leche cruda para

el consumo humano directo” levantado por el Ministerio de Salud en donde se encontró una prevalencia para *L. monocytogenes* del 13.45% (19/141) y a los datos reportados para *Listeria* sp. en el año 2019 por Jurado (19) en la subregión de La Sabana, del 4.6% de 70 muestras evaluadas. La presencia de este grupo de patógenos en leche cruda es de alto riesgo para la salud humana, dado que estos son agentes potencialmente causantes de toxico-infección alimentaria. De otro lado, pese a que la pasteurización y otros procesos de industrialización son capaces de destruirlos, se debe tener en cuenta que su presencia, así como el de otros contaminantes ambientales, puede conducir al detrimento de componentes nutricionales, lo cual le restaría valor nutricional a la leche, al igual que afectarían los rendimientos en la industria.

L. monocytogenes se presenta por contaminación exógena de los equipos de ordeño y los recipientes de almacenamiento, su persistencia está asociada a fallas en el lavado y en la desinfección de utensilios asociados a la cosecha de leche. Un factor importante que debe mencionarse es que esta bacteria tiende a estar presente en zonas con alta humedad, lo que explicaría la presencia de esta bacteria en las muestras procedentes de las subregiones del departamento de Nariño en este estudio.

En concordancia con lo anterior, estudios realizados en Estados Unidos han demostrado que la prevalencia de *L. monocytogenes*, varía en función de la zona geográfica siendo mayor en los estados con temperaturas más frías y menor en sitios con temperaturas cálidas (14,20,21); lo que podría explicar los hallazgos de este estudio. Así, *L. monocytogenes* estuvo presente en muestras de leche procedentes de predios localizados sobre los 2.900 msnm de las subregiones Centro, La Sabana y Exprovincia de Obando y no en los predios de la subregión del Juanambú ubicados entre 1.900 y 2.300 msnm.

En cuanto a la presencia de *Y. enterocolitica*, este estudio de forma importante se constituye en el primer registro de la presencia de este patógeno en leche cruda bovina en Colombia. Las muestras de leche contaminadas con *Y. enterocolitica*, (Tabla 3), procedían de predios de la subregión Centro (Pasto), de la Exprovincia de Obando (Ipiales, Aldana, Pupiales, Gualmatán, Cuaspud y Guachucal), de fincas ubicadas por encima de los 2.900 msnm. Esta ubicación corresponde a los pisos térmicos frío y páramo con temperaturas entre 0 y 12°C, lo que favorece la supervivencia y permanencia

de *Y. enterocolitica*, la cual tiene la capacidad de multiplicarse a bajas temperaturas (22).

Y. enterocolitica es un patógeno zoonótico causante de la Yersiniosis en humanos y animales. Alimento contaminado, animales reservorios y el ambiente contaminado se consideran posibles fuentes de infección para los seres humanos (23). Su presencia en la leche de animales enfermos y/o aparentemente sanos, así como en heces y en forraje conservado aumentan la probabilidad de infección a los humanos. Además, *Yersinia* es productor de enterotoxinas, un factor importante que puede afectar la seguridad alimentaria (24,25)

La presencia de *S. aureus* estuvo en un rango de 8.9% hasta 12.8%, de igual forma la presencia de *Staphylococcus* coagulasa negativa estuvo en un rango de 14.3% hasta 28.6%. Aunque la dinámica epidemiológica de estos microorganismos depende de varios factores como: el sistema de producción, la región geográfica y prácticas de manejo de los animales, se observa que la frecuencia con que se aislaron estos microorganismos fue relativamente alta en las muestras de leche analizadas.

S. aureus y *Staphylococcus* coagulasa negativa se han detectado en muestras de leche cruda en varias regiones lecheras de Colombia, en los departamentos de Córdoba, Caldas, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Boyacá y Valle del Cauca, con diferentes prevalencias que oscilan entre 8.3 y 47% para *S. aureus* y de 0.46 y 49.3% para *Staphylococcus* coagulasa negativa (18,21,26,27). Estos hallazgos fueron comunes para los sistemas de producción de leche, especializados y doble propósito. La presencia de *Staphylococcus* se encontró relacionada con mastitis bovina, (27) haciendo necesario incrementar el control de esta patología y evitar el impacto negativo en la salud pública (21).

Del grupo de *Staphylococcus* coagulasa negativa, se hallaron las especies *S. chromogenes*, *S. simulans*, *S. haemolyticus*, *S. xylosum* y *S. epidermidis*, las cuales han sido identificadas como causantes de mastitis bovina (Tabla 6), a pesar de que se acepta que el efecto sobre el recuento de células somáticas y la producción de leche es generalmente limitado o inexistente para este grupo de microorganismos (28).

Sin embargo, dado que los *Staphylococcus* coagulasa negativa son patógenos oportunistas comunes, comensales omnipresentes en

humanos y animales y que se asocian a infecciones en las que están presentes cepas resistentes a antimicrobianos incluyendo a la meticilina y a otros antibióticos (29), se debe prestar atención a este grupo bacteriano ya que puede ser fuente de transmisión de resistencia a otras poblaciones bacterianas y así generar problemas mayores de salud pública y animal.

En conclusión, puede evidenciarse con el estudio que existen particularidades en las subregiones lecheras del departamento de Nariño con relación a la calidad de leche, la cual puede verse afectada por la mayor o menor intensidad de precipitaciones. Si bien se cuenta con productores que obtienen leche de excelente calidad, apta para procesos industriales, se requiere continuar trabajando en procesos de mejora desde el manejo de los animales que garantice un mejor estado de salud de las ubres, así como los procesos de cosecha, manipulación y conservación.

Conflicto de intereses

Los autores de este artículo manifiestan no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen en especial a la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA) y al macroproyecto denominado "Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño", ejecutado mediante recursos del Sistema General de Regalías.

REFERENCIAS

- Argoti A, Belalcázar N, Narváez W. Problemática económica y social de la cadena láctea en los contextos internacionales, nacionales y regionales. *Revista UNIMAR*. 2014; 32(1):23-43. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/unimar/article/view/574/501>
- Argoti A, Belalcázar N, Narváez W. Mirada reflexiva de la situación socioeconómica de la Cadena Láctea de Nariño. *Revista UNIMAR*. 2015; 33(2):201-21. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/unimar/article/view/1108/pdf>
- Gobernación de Nariño. Plan de desarrollo departamental, Mi Nariño, en defensa de lo nuestro 2020 - 2023. Pasto; 2020. https://sitio.narino.gov.co/wp-content/uploads/2020/11/Plan_de_Desarrollo_Mi_Narino_en_Defensa_de_lo_Nuestro_2020-2023.pdf
- López K, Peña J. La utilización de la teoría de benchmarking como modelo comparativo para el plan estratégico en las pymes del sector lácteo en el municipio de San Juan de Pasto 2014-2019. *Revista Tendencias*. 2016; 17(1):56. <https://doi.org/10.22267/rtend.161701.13>
- Contero R, Requelme N, Cachipiendo C, Acurio D. Calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el Ecuador. *La Granja*. 2021; 33(1):31-43. <https://doi.org/10.22267/rtend.161701.13>
- Vásquez J, Loaiza E, Olivera M. Calidad higiénica y sanitaria de leche cruda acopiada en diferentes regiones colombianas. *Orinoquía*. 2012; 16(2):13-23. <https://doi.org/10.22579/20112629.251>
- Guevara B, Rivas M, Silva R. Calidad higiénico-sanitaria de dos sistemas de ordeño en fincas bovinas ubicadas en el sector Vuelta Larga, municipio Maturín, estado Monagas (Venezuela). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 2020; 67(1):60-71. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87687>
- Ahmed HA, Tahoun ABMB, Abou Elez RMM, Abd El-Hamid MI, Abd Ellatif SS. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in milk and dairy products and the effects of storage temperatures on survival and virulence gene expression. *Int Dairy J*. 2019; 94:16-21. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.010>

9. Tobar M, Rodríguez J, Patiño R, Argote F, Castro E, Mogollón H. Quality of raw milk in the highland tropics of Nariño, Colombia. *Agronomy Mesoamerican*. 2020; 31(3):695–707. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.40892>
10. Martínez M, Gómez C. Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2013; 11(2):93–100. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/309>
11. Razooqi M, Mounam M, Saleem H. Changes in cows` milk quantity and quality due to bacterial. *Nat Volatiles & Essent Oils*. 2021; 8(6):2550–2561. <https://www.nveo.org/index.php/journal/article/view/3927/3229>
12. Dash K, Fayaz U, Dar A, Shams R, Manzoor S, Sundarsingh A, et al. A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*. 2022; 1(10041):1–12. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>
13. Boor KJ, Wiedmann M, Murphy S, Alcaine S. A 100-Year Review: Microbiology and safety of milk handling. *J Dairy Sci*. 2017; 100(12):9933–9951. <https://doi.org/10.9933-12969>
14. Oliver S, Boor K, Murphy S, Murinda S. Food safety hazards associated with consumption of raw milk. *Foodborne Pathog Dis*. 2009; 6(7):793–806. <https://doi.org/10.1089/fpd.2009.0302>
15. Gobernación de Nariño. Plan Participativo de desarrollo departamental, Nariño corazón del mundo 2016 - 2019. Plan de Desarrollo Departamental. Gobernación de Nariño. Pasto; 2016. http://www.2016-2019.narino.gov.co/inicio/files/PlanDesarrollo/Plan_de_Developmento_Narino_Corazon_del_Mundo_2016-2019.pdf
16. Martínez G, Carabajal R, Martínez F, Suarez V. Influencia de las estaciones del año en la composición y la calidad sanitaria de leche bovina del Valle de Lerma, Salta. *FAVE Secc Cienc Vet*. 2020; 19(1):35–9. <https://doi.org/10.14409/favecv.v19i1.9446>
17. Vásquez J, Novoa C, Carulla J. Efecto del recuento de células somáticas sobre la aptitud quesera de la leche y en la calidad fisicoquímica y sensorial del queso campesino. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 2014;61(2):171–85. Available from: <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v61n2.44680>
18. Torres O, González Y, Pérez C, Martínez M, Nausa Y, Mora J. Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica, microbiológica de la leche en un centro de acopio en Boyacá-Colombia. *Revista Científica, FVC-LUZ*. 2020; 30(2):75–81. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/35549>
19. Jurado H, Muñoz L, Quitiaquez D, Fajardo C, Insuasty E. Evaluación de la calidad composicional, microbiológica y sanitaria de la leche cruda en el segundo tercio de lactancia en vacas lecheras. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 2019; 66(1):53–66. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n1.79402>
20. Olivier S, Jayarao B, Almeida R. Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment: food safety and public health implications. *Foodborne Pathog Dis*. 2005; 2(2):115–137. <https://doi.org/10.1089/fpd.2005.2.115>
21. Cogollo Y, Calderón A, Rodríguez V. Determinación de patógenos asociados a leches crudas en empresas ganaderas doble propósito en Córdoba, Colombia. *Agron Colomb*. 2016; 34(1 Supl):1434–1436. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58558>
22. Bernardino L, Quiñones E, Quiñones Q, Ramírez R, Fernández F, Fernández F, et al. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in raw cow's milk collected from Stables of Mexico City. *J Food Prot*. 2013; 76(4):694–698. http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/76/4/694/1684219/0362-028x_jfp-12-325.pdf
23. Rahman A, Bonny T, Stonsaovapak S, Ananchaipattana C. *Yersinia enterocolitica*: epidemiological studies and outbreaks. *J Pathog*. 2011; 2011(239391):1–11. <http://doi.org/10.4061/2011/239391>
24. Mehdi M, Dallal S, Abdi M, Mazaheri R, Fard N, Mobasser B. Isolation and identification of *Yersinia pseudotuberculosis* and *Yersinia enterocolitica* from cow raw milk in Tehran. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*. 2020; 9(1):1–4. <http://doi.org/10.5812/jjm.9249>
25. Jamali H, Paydar M, Radmehr B, Ismail S. Prevalence, characterization, and

- antimicrobial resistance of *Yersinia* species and *Yersinia enterocolitica* isolated from raw milk in farm bulk tanks. *J Dairy Sci.* 2015; 98(2):798–803. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8853>
26. Jiménez S, Torres L, Parra J, Rodríguez J, García F, Patiño R. Profile of antimicrobial resistance in isolates of *Staphylococcus* spp. obtained from bovine milk in Colombia. *Rev Argent Microbiol.* 2020; 52(2):121–130. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.05.004>
 27. Gómez J, Tovar J, Bergonzoli G, Lucumí A. Prevalencia bayesiana de *Staphylococcus aureus* en vacas lecheras en el Valle del Cauca, Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia.* 2021; 16(3):47–61. <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.6432>
 28. Vanderhaeghen W, Piepers S, Leroy F, van Coillie E, Haesebrouck F, de Vlieghe S. Invited review: Effect, persistence, and virulence of coagulase-negative *Staphylococcus* species associated with ruminant udder health. *J Dairy Sci.* 2014; 97(9):5275–5293. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7775>
 29. Becker K, Heilmann C, Peters G. Coagulase-negative staphylococci. *Clin Microbiol Rev.* 2014; 27(4):870–926. <https://doi.org/10.1128/CMR.00109-13>