

FACTORES ASOCIADOS A LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE CRUDA BOVINA EN SISTEMAS DOBLE PROPÓSITO DEL DEPARTAMENTO DE PUTUMAYO, COLOMBIA¹

FACTORS ASSOCIATED WITH THE PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF RAW BOVINE MILK IN DUAL-PURPOSE SYSTEMS IN THE DEPARTMENT OF PUTUMAYO, COLOMBIA

Dixon Fabián Flórez Delgado²
Dubel Reinaldo Cely Leal³
Lady Johana Niño Vera⁴

Cómo citar: Flórez Delgado, D. F., Cely Leal, D. R., & Niño Vera, L. J. (2026). Factores asociados a la calidad físicoquímica y microbiológica de la leche cruda bovina en sistemas doble propósito del departamento de Putumayo, Colombia. *Conocimiento Global*, 11(S1), 451-463.
<https://doi.org/10.70165/cglobal.v11i1.709>

Resumen

El estudio evaluó la calidad físicoquímica y microbiológica de la leche cruda en ganaderías de los municipios de Valle del Guamuez, Orito, Puerto Asís y Villagarzón en el departamento de Putumayo (Colombia). Se analizaron 980 muestras para parámetros de producción diaria de leche, células somáticas, bacterias mesófilas aeróbicas, grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, densidad. Se realizó la caracterización a través de distribución de frecuencias y medidas de tendencia central. Se evaluó el efecto del municipio, raza, suplementación, edad y tipo de ordeño a través de pruebas multivariadas. El diseño Intersección + municipio + edad se evaluó mediante la prueba multivariante Lambda de Wilks. Se aplicaron pruebas de igualdad de Levene de varianzas de error y normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. La producción diaria de leche varía según la ubicación, la raza y la suplementación alimenticia. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre municipios para los parámetros físicoquímicos y microbiológicos evaluados ($P < 0,05$). La suplementación alimenticia y la raza influyeron significativamente sobre la producción y composición de la leche, mientras que el tipo de ordeño afectó el recuento de células somáticas. Se observó una correlación negativa entre el contenido de lactosa y el recuento de células somáticas ($r = -0,53$), indicando una posible afectación de la calidad composicional asociada al estado sanitario de la glándula mamaria. La edad del animal no fue determinante. Se encontraron correlaciones como la relación negativa entre lactosa y células somáticas. Estos hallazgos resaltan la necesidad de fortalecer las buenas prácticas ganaderas para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector lácteo regional.

Recepción: 22 de junio de 2026 / Evaluación: 22 de julio de 2026 / Aprobado: 26 de septiembre de 2026

¹ Los autores expresan su agradecimiento al Sistema General de Regalías, Gobernación de Putumayo y Universidad de Pamplona por el financiamiento del proyecto “Fortalecimiento del sector ganadero mediante la implementación de prácticas sostenibles en el departamento del Putumayo” del cual se derivó el presente artículo.

² Doctor en Proyectos. Docente Tiempo Completo de la Universidad de Pamplona, Colombia. E-mail: dixon.florez@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3915-8396>

³ Magister en Salud y Producción Animal. Tiempo Completo de la Universidad de Pamplona, Colombia. E-mail: dubel.cely@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9075-0125>

⁴ Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Docente Hora Cátedra de la Universidad de Pamplona. E-mail: lady.nino@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9710-2251>



Palabras clave: calidad de leche, grasa, microbiología, suplementación alimenticia.

Abstract

The study evaluated the physicochemical and microbiological quality of raw milk on dairy farms in the municipalities of Valle del Guamuez, Orito, Puerto Asís, and Villagarzón in the department of Putumayo (Colombia). A total of 980 samples were analyzed for daily milk production parameters, somatic cell count, aerobic mesophilic bacteria, fat, protein, lactose, total solids, and density. Data were characterized using frequency distributions and measures of central tendency. The effects of municipality, breed, supplementation, age, and milking method were evaluated using multivariate tests. The “Intersection + municipality + age” design was evaluated using Wilks’ Lambda multivariate test. Levene’s test for equality of error variances and the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests for normality were applied. Daily milk production varies according to location, breed, and dietary supplementation. The results showed significant differences among municipalities for the physicochemical and microbiological parameters evaluated ($P < 0.05$). Feed supplementation and breed significantly influenced milk production and composition, while milking method affected somatic cell count. A negative correlation was observed between lactose content and somatic cell count ($r = -0.53$), indicating a possible impact on compositional quality associated with the health status of the mammary gland. The animal’s age was not a determining factor. Correlations were found, such as the negative relationship between lactose and somatic cells. These findings highlight the need to strengthen good livestock management practices to improve the competitiveness and sustainability of the regional dairy sector.

Keywords: milk quality, fat, microbiology, dietary supplementation

Introducción

La leche es considerada producto básico de la canasta familiar gracias a sus aportes nutricionales esenciales como grasa, minerales, proteína, vitaminas y energía (Pascual et al., 2000). La producción y transformación de leche es considerada una actividad económica primordial en el sector agropecuario de Colombia. De acuerdo al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), para el año 2024 Colombia presenta un censo bovino de 29.203.256 cabezas distribuidas en 615.072 predios ganaderos. Según la Oficina de Planeación y Estudios Económicos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), el año anterior se acopiaron 3.358.238.932 litros de leche cruda con un consumo per cápita de 150 litros (Medina, 2024).

La dinámica relacionada con la producción, manejo y comercialización de la leche cruda bovina puede tener repercusiones en la salud humana, ya que afecta su calidad tanto composicional como higiénica. Estos cambios pueden impactar toda la cadena productiva del alimento, desde su origen en la producción primaria hasta su consumo final (Aldana, et al., 2020). La calidad nutricional de la leche está determinada por sus características químicas, las cuales incluyen más de 100 compuestos en diferentes estados de solución, suspensión o emulsión en el agua, que constituye aproximadamente el 87 % de su composición. El 13 % restante corresponde al extracto seco total. En Colombia, la legislación establece valores mínimos estándar de 2,9 % de proteína, 3,0 % de grasa y 11,30 % de sólidos totales (Ministerio de Protección Social, 2011).

Cuando se altera el equilibrio fisicoquímico de la leche, esta puede volverse un medio propicio para la proliferación de microorganismos deterioradores y patógenos, lo que representa un riesgo para la salud pública. Además, las propiedades organolépticas, como el sabor, que

proviene de su contenido de lactosa (con un promedio del 4,7 %), pueden cambiar debido a factores como el estado de lactancia, infecciones en la ubre, variaciones en la acidez o alteraciones en la alimentación del animal (Flórez et al., 2023).

La producción y comercialización informal de leche puede comprometer su calidad química e higiénica, facilitando la presencia de patógenos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp., los cuales son indicadores clave de calidad desde el ordeño hasta su llegada al consumidor. La ingesta de productos contaminados con estos microorganismos en cantidades perjudiciales puede desencadenar enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), afectando la salud tanto a nivel individual como colectivo (Olivero et al., 2011).

Aunque existen investigaciones sobre calidad de leche en regiones como Nariño, Antioquia, Tolima y Caldas, la información relacionada con las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche producida en sistemas doble propósito del departamento de Putumayo es muy poca dificultando la elaboración de estrategias de mejoramiento productivo y sanitario adaptadas a las condiciones particulares de la región amazónica colombiana.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche cruda en ganaderías doble propósito de los municipios de Valle del Guamuez, Orito, Puerto Asís y Villagarzón ubicados en el departamento de Putumayo (Colombia).

Metodología

Lugar de la investigación

La investigación se desarrolló en los municipios de Valle del Guamuez, Orito, Puerto Asís y Villagarzón ubicados en el departamento de Putumayo (Colombia). Los municipios evaluados se localizan en la región amazónica colombiana, caracterizada por temperaturas promedio entre 24 y 28 °C, precipitaciones superiores a 3.000 mm/año y predominio de sistemas ganaderos doble propósito bajo condiciones de trópico húmedo.

Toma de muestras

Se tomó un total de 980 muestras correspondientes a 250 predios ganaderos doble propósito priorizados en los cuatro municipios. Cada muestra fue de 50 mL de leche cruda. A cada una de ellas, se le adicionó una pastilla de Bronopol cuyo objetivo fue conservar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la leche gracias a su efecto bacteriostático. Cada muestra fue identificada teniendo en cuenta el municipio, raza, edad, uso de suplemento alimenticio y tipo de ordeño empleado en el predio ganadero.

Análisis de muestras

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de calidad de microbiología pecuaria y sanidad animal de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA utilizando equipos previamente calibrados y procedimientos estandarizados.

Al inicio del procedimiento, la muestra se preparó, llevándola a baño María (o baño de agua) a $\pm 20^{\circ}\text{C}$, mezclando hasta tener una homogeneidad disipando los grumos de “nata”. Se mantuvo la muestra a 20°C para iniciar el análisis. La siguiente tabla, presenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en la leche cruda bovina

Parámetros fisicoquímicos		Parámetros microbiológicos	
Parámetro	Método	Parámetro	Método
Grasa	AOAC 2000.18 / 2000	Bacterias mesófilas aerobias	Citometría de flujo GA – R – 52, v 9 2019-08-08
Proteína	AOAC 991.20	Células somáticas	UNE EN ISO 13366-2: 2007
Densidad	Lactodensímetro		
Sólidos totales	AOAC Ed. 21st, 2019		
Lactosa	AOAC Ed. 21 st, 2019, 972.16		

Fuente: elaboración propia (2026).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva utilizando medidas de tendencia central y dispersión. Se evaluó la normalidad de las variables mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, así como la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Posteriormente, se aplicó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) para determinar el efecto del municipio, la raza, la suplementación alimenticia y el tipo de ordeño sobre las variables fisicoquímicas y microbiológicas de la leche. La significancia multivariada fue evaluada mediante el estadístico Lambda de Wilks. Cuando se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$), se realizaron análisis univariados y comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Se determinaron las correlaciones entre las variables cuantitativas utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Todos los análisis fueron realizados utilizando el software estadístico SPSS versión 20.

Resultados

En la Tabla 2, se presenta la caracterización fisicoquímica de la leche cruda bovina producida en las ganaderías doble propósito de los municipios estudiados.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche cruda bovina

Municipio	Kilos leche por día animal	Células somáticas	Bacterias mesófilas aeróbicas	Grasa	Proteína	Lactosa mono hidrato	Sólidos totales	Densidad
Media	5,22	146853,28	50292,60	3,02	3,50	4,79	10,93	1,028
Desviación estándar	2,75	192469,87	144197,79	,52	,679	,673	1,46	,0052
Mínimo	1,30	3312,00	852,00	1,20	2,50	2,00	8,30	1,02
Máximo	11,70	904156,00	812643,00	4,80	6,60	9,50	14,50	1,04
Rango	10,40	900844,00	811791,00	3,60	4,10	7,50	6,20	,02
Error estándar de la media	,289	20176,32	15116,03	,055	,0712	,0705	,1532	,00055

Puerto Asís	Coefficiente de variación	52,9	131,1	286,7	17,3	19,3	14,0	13,4	0,5
	Media	6,076	198901,44	53056,13	3,53	3,36	4,76	12,08	1,030
	Desviación estándar	5,49	196857,606	137811,682	,551	,5642	,405	1,237	,00348
	Mínimo	1,90	6925,00	852,00	2,10	1,90	3,10	8,70	1,02
	Máximo	37,80	978822,00	966566,00	4,50	5,10	5,50	13,90	1,04
	Rango	35,90	971897,00	965714,00	2,40	3,20	2,40	5,20	,02
	Error estándar de la media	,359	12896,57	9028,34	,0361	,0369	,0265	,0810	,00023
Valle del Guamuez	Coefficiente de variación	90,3	99,0	259,7	15,6	16,8	8,5	10,3	0,3
	Media	5,103	255011,43	68215,82	3,25	3,35	4,69	11,58	1,032
	Desviación estándar	1,708	296110,42	152112,06	,6400	,598	,462	1,313	,0525
	Mínimo	1,60	1806,00	852,00	2,00	2,20	1,90	7,90	1,00
	Máximo	12,90	1426163,00	963826,00	4,90	7,70	5,40	13,70	2,04
	Rango	11,30	1424357,00	962974,00	2,90	5,50	3,50	5,80	1,04
	Error estándar de la media	,088	15414,89	7918,63	,03332	,03116	,02410	,06836	,00274
Villagarzón	Coefficiente de variación	33,5	116,1	223,0	19,7	17,8	9,8	11,3	0,05
	Media	6,519	179886,10	51727,55	3,163	3,350	4,764	11,05	1,028
	Desviación estándar	3,490	224415,12	126920,90	,5040	,544	,364	1,407	,0044
	Mínimo	,90	1806,00	852,00	2,00	2,20	3,00	8,40	1,02
	Máximo	18,60	974107,00	868062,00	4,90	5,10	5,40	13,80	1,04
	Rango	17,70	972301,00	867210,00	2,90	2,90	2,40	5,40	,02
	Error estándar de la media	,206	13246,80	7491,904	,0297	,0321	,0215	,0831	,00026
	Coefficiente de variación	53,5	124,7	245,4	15,9	16,2	7,6	12,8	0,4

Fuente: elaboración propia (2026)

En la tabla 2 la producción promedio de leche osciló entre 5,10 y 6,52 kg/vaca/día entre municipios. Villagarzón presentó la mayor producción promedio (6,52 kg/día), mientras que Valle del Guamuez registró el menor valor (5,10 kg/día). El contenido de grasa varió entre 3,02 y 3,53 %, mientras que la proteína presentó una menor variabilidad entre municipios, con valores entre 3,35 y 3,50 %. También se observaron diferencias en los recuentos de células somáticas y bacterias mesófilas aerobias, siendo Valle del Guamuez el municipio con los mayores valores promedio.

Igualmente, se determinó el efecto de la suplementación alimenticia y de la raza sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda en los cuatro municipios. En la Tabla 3, se presentan los efectos de la suplementación alimenticia sobre estas variables.

Tabla 3. Efecto de la suplementación alimenticia sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda bovina

Suplemento alimenticio agrupado		Kilos por día	Células somáticas	Bacterias mesófilas aeróbicas	Grasa	Proteína	Lactosa mono hidrato	Sólidos totales	Densidad
1	Media	6,046	219014,88	61965,60	3,20	3,36	4,72	11,26	1,028
	Desviación estándar	4,227	255022,78	156260,30	,576	,557	,513	1,386	,00470
	Mínimo	,90	2408,00	852,00	1,20	2,20	2,00	8,30	1,00
	Máximo	37,80	1399447,0	963826,00	4,90	6,60	9,50	14,50	1,04
	Rango	36,90	1397039,0	962974,00	3,70	4,40	7,50	6,20	,04
	Error estándar de la media	,1886	11382,22	6974,238	,025	,024	,0229	,0618	,00021
	Coefficiente de variación	69,75	116,44	252,2	17,9	16,7	10,9	12,3	0,3
2	Media	5,46	199767,24	54078,27	3,33	3,37	4,763	11,71	1,0319
	Desviación estándar	2,73	241067,93	122962,1	,6028	,61095	,3683	1,377	,04619
	Mínimo	1,60	1806,00	852,00	2,00	1,90	1,90	7,90	1,00
	Máximo	18,60	1426163,0	966566,0	4,60	7,70	5,50	13,90	1,04
	Rango	17,00	1424357,0	965714,0	2,60	5,80	3,60	6,00	1,04
	Error estándar de la media	,125	11026,1	5624,156	,027	,02794	,01685	,0630	,00211
	Coefficiente de variación	50,0	120,7	227,4	18,1	18,1	7,8	11,7	4,5

Nota. 1: animales suplementados; 2: No suplementados. Fuente: elaboración propia (2026).

En la tabla 3 los resultados evidenciaron diferencias en varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos asociadas a la suplementación alimenticia, destacándose un mayor rendimiento productivo en los animales suplementados.

En la Tabla 4, se presentan los efectos de la raza sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda bovina.

Tabla 4. Efecto del componente racial sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda bovina

Raza agrupada		Kilos por día	Células somáticas	Bacterias mesófilas aeróbicas	Grasa	Proteína	Lactosa mono hidrato	Sólidos totales	Densidad
Bos Taurus	Media	5,6687	212341,80	51586,54	3,207	3,4276	4,7000	11,27	1,0287
	Desviación estándar	2,7591	265763,186	124733,742	,5533	,60200	,43510	1,4366	,00500
	Mínimo	,90	1806,00	852,00	2,00	2,20	1,90	7,90	1,00
	Máximo	17,60	1426163,00	868062,00	4,90	7,70	5,30	14,50	1,04
	Rango	16,70	1424357,00	867210,00	2,90	5,50	3,40	6,60	,04
	Error estándar de la media	,14727	14185,389	6657,794	,0295	,03213	,02322	,07668	,00027

Bos Indicus	Coefficiente de variación	48,6	125,1	241,8	17,2	17,5	9,2	12,7	0,4
	Media	5,7665	194217,60	71169,9255	3,294	3,3391	4,7988	11,608	1,0297
	Desviación estándar	4,931	246512,58	165356,51	,6109	,54281	,39211	1,2856	,00387
	Mínimo	1,60	3312,00	852,00	2,00	2,00	2,20	8,70	1,02
	Máximo	35,10	1399447,00	966566,00	4,90	5,10	5,50	13,90	1,04
	Rango	33,50	1396135,00	965714,00	2,90	3,10	3,30	5,20	,02
	Error estándar de la media	,38866	19427,91	13031,91	,0481	,04278	,03090	,10132	,00031
	Coefficiente de variación	85,6	126,9	232,6	18,5	16,2	8,2	11,1	3,9
Cruce	Media	5,8194	217158,66	59771,85	3,32	3,347	4,7530	11,66	1,0319
	Desviación estándar	3,637	236647,04	145109,86	,6173	,577	,4726	1,357	,04744
	Mínimo	1,30	1806,00	852,00	1,20	1,90	2,00	8,60	1,00
	Máximo	37,80	1321780,00	963826,00	4,80	6,60	9,50	13,80	2,04
	Rango	36,50	1319974,00	962974,00	3,60	4,70	7,50	5,20	1,04
	Error estándar de la media	,17089	11118,64	6817,85	,0290	,02716	,02221	,063	,00223
	Coefficiente de variación	62,5	109,0	242,8	18,6	17,2	9,9	11,6	4,6
	Media	6,0733	84022,26	20951,06	2,94	3,0200	4,8400	9,60	1,0235
R. Criollas	Desviación estándar	2,297	154654,55	64360,18	,2356	,63381	,52345	,8928	,00391
	Mínimo	3,50	3914,00	852,00	2,10	2,50	3,10	8,60	1,02
	Máximo	11,10	587993,00	252729,00	3,10	5,10	5,20	12,20	1,03
	Rango	7,60	584079,00	251877,00	1,00	2,60	2,10	3,60	,01
	Error estándar de la media	,593	39931,63	16617,72	,060	,16365	,13515	,23053	,00101
	Coefficiente de variación	37,9	184,1	307,2	7,9	21,0	10,8	9,3	0,4
	Media	5,7665	194217,60	71169,9255	3,294	3,3391	4,7988	11,608	1,0297
	Desviación estándar	4,931	246512,58	165356,51	,6109	,54281	,39211	1,2856	,00387

Fuente: elaboración propia (2026)

En la tabla 4, se evidencia como el componente racial como Bos Taurus, Bos Indicus, cruces y razas criollas colombianas tiene algún efecto sobre los parámetros microbiológicos como células somáticas y bacterias mesófilas aeróbicas y parámetros fisicoquímicos como grasa, proteína, lactosa monohidrato, sólidos totales y densidad.

En la Tabla 5, se presenta las pruebas de hipótesis estadística que se emplearon para evaluar el efecto del municipio, incluyendo la edad del animal como covariable, notándose claramente un efecto significativo ($P < 0,05$) del municipio sobre el vector de medias de las variables químicas y microbiológicas. La edad del animal no resultó significativa.

Tabla 5. Pruebas multivariantes para evaluar efecto del municipio

Pruebas multivariantes ^a						
Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Lambda de Wilks	,006	18437,404 ^b	9,000	967,000	,000
Municipio	Lambda de Wilks	,698	13,683	27,000	2824,781	,000
Edad	Lambda de Wilks	,984	1,753 ^b	9,000	967,000	,073

Fuente: elaboración propia (2026)

El análisis multivariante muestra que el suplemento alimenticio, el tipo de ordeño y la raza tienen un efecto significativo ($P < 0,05$) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche. Sin embargo, las interacciones entre estos factores no resultaron significativas, lo que sugiere que sus efectos son independientes (Tabla 6). Se destaca que los días en lactancia también tienen un impacto significativo en la composición de la leche, lo que indica la necesidad de considerar este factor en la evaluación de la calidad de la leche. Esto podría estar relacionado con cambios en el metabolismo de la vaca a lo largo del ciclo productivo (Jurado et al., 2019).

Tabla 6. Efectos multivariantes del suplemento alimenticio, tipo de ordeño y raza sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda bovina

Pruebas multivariante						
Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Lambda de Wilks	,012	8434,076 ^b	9,000	958,000	,000
Suplemento alimenticio	Lambda de Wilks	,956	4,899 ^b	9,000	958,000	,000
Tipo de ordeño	Lambda de Wilks	,963	2,027 ^b	18,000	1916,000	,006
Raza	Lambda de Wilks	,943	2,116	27,000	2798,496	,001
Suplemento alimenticio * Raza	Lambda de Wilks	,983	,942 ^b	18,000	1916,000	,527
Tipo de ordeño * raza	Lambda de Wilks	,966	,938	36,000	3591,807	,575
Días de leche	Lambda de Wilks	,859	17,542 ^b	9,000	958,000	,000

Fuente: elaboración propia (2026)

Se realizaron pruebas univariadas, con el fin de evaluar los efectos lineales de estos factores sobre las diferentes variables dependientes de composición química y microbiológica de la leche cruda bovina. El tipo de ordeño tiene un efecto significativo sobre el conteo de células somáticas ($P < 0,05$). Se observó que el ordeño mixto presenta un conteo más alto (5,43) en comparación con el manual (4,97) y el mecánico (4,98) (Tabla 7). Esto podría estar relacionado con un mayor riesgo de contaminación debido a la combinación de prácticas manuales y mecánicas (Guevara et al., 2020). La implementación de buenas prácticas de ordeño podría contribuir a reducir estos valores y mejorar la calidad microbiológica de la leche.

Tabla 7. Efecto del tipo de ordeño sobre el recuento de células somáticas en la leche cruda

Tipo de ordeño	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Manual	881	4,9729 ^a	
Mecánico	88	4,9799 ^a	
Mixto	11		5,4362 ^b
Sig.		,999	1,000

Nota. Medias con letras diferentes indica que existen diferencias significativas mediante a prueba de Tukey ($P<0,05$). Fuente: elaboración propia (2026)

En la tabla 8, presenta las correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda bovina en los municipios estudiados.

Tabla 8. Correlaciones entre los parámetros físico químicos y microbiológicos de la leche cruda bovina.

	Células somáticas	Bacterias mesófilas	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos Totales	Densidad
Células somáticas	1,000	,363**	,217**	,256**	-,531**	,298**	,204**
Bacterias mesófilas		1,000	,167**	,213**	-,266**	,262**	,176**
Grasa			1,000	,200**	-,250**	,693**	,144**
Proteína				1,000	-,399**	,447**	,423**
Lactosa					1,000	-,205**	-,041
Sólidos Totales						1,000	,771**
Densidad							1,000

Fuente: elaboración propia (2026)

Discusión

Los resultados muestran variabilidad en la producción de leche diaria por animal, con un promedio más alto en Puerto Asís (6,08 kg/día) y más bajo en Valle del Guamuez (5,10 kg/día). Esta variabilidad, está asociada principalmente al factor racial, suplementación alimenticia y manejo general del hato (Alonso et al, 2020). En regiones de alta precipitación como Putumayo, las variaciones en la oferta forrajera y en el manejo de las praderas pueden generar diferencias importantes en la producción individual de leche. La interacción entre genética y ambiente influye significativamente sobre la eficiencia productiva de los animales, especialmente en sistemas basados en pastoreo (Syrstad, 1996).

El conteo de células somáticas y bacterias mesófilas aeróbicas presenta alta variabilidad, especialmente en Valle del Guamuez, donde el coeficiente de variación para las bacterias mesófilas supera el 200%. Esta variación, obedece a factores relacionados con la salud del sistema mamario, las buenas prácticas de ordeño y el tipo de ordeño que se emplea en cada uno de los municipios (Roserio et al., 2025). El recuento de células somáticas es reconocido internacionalmente como uno de los principales indicadores de salud mamaria y calidad higiénica de la leche. Los incrementos en este parámetro suelen estar asociados con procesos de mastitis subclínica, condición que genera pérdidas económicas debido a la reducción en la producción de leche y alteraciones en su composición química (Ruegg, 2017). Los niveles elevados de células somáticas afectan negativamente el rendimiento industrial de los derivados lácteos, particularmente en la elaboración de quesos y productos fermentados (Jurado-Gámez et al., 2020). Por tal razón, los resultados obtenidos evidencian la necesidad de fortalecer los programas de prevención y control de mastitis en los sistemas doble propósito del departamento de Putumayo.

Las diferencias encontradas en el recuento de bacterias mesófilas aerobias reflejan variaciones en las condiciones higiénicas durante el ordeño, almacenamiento y transporte de la leche. La presencia de altas cargas bacterianas suele estar relacionada con deficiencias en la limpieza de equipos, higiene de los operarios, calidad del agua utilizada y condiciones de refrigeración de la leche posteriores al ordeño (Murphy et al., 2016). En sistemas doble propósito tropicales como los analizados donde predominan prácticas de ordeño manual o mecánicas, estos

factores adquieren mayor relevancia debido a la limitada tecnificación presente en muchos sistemas de producción ganaderos.

En cuanto a la composición, la grasa varía entre 3,02% y 3,54%, con un menor porcentaje en Orito. Estos valores están en las medias reportadas por Díaz et al (2016), en Caldas (Colombia) con rangos entre 3,2% y 3,8%. La proteína oscila entre 3,35% y 3,51%, mostrando una estabilidad relativa. La lactosa y los sólidos totales presentan menores fluctuaciones, con valores promedio de 4,7% y 11,0%, respectivamente. Para el caso de los sólidos totales, se tiene en cuenta los valores de proteína, grasa, lactosa y minerales, siendo las concentraciones de ellos la principal causa de variación (Campabadal, 1999). La densidad no muestra grandes diferencias, indicando composición uniforme de la leche.

La suplementación alimenticia tiene un impacto significativo en la calidad de la leche. Los animales suplementados presentan una mayor producción de leche (6,05 kg/día) en comparación con aquellos sin suplementación (5,46 kg/día). Además, el conteo de células somáticas y bacterias mesófilas es superior en la leche de animales suplementados, lo que podría indicar un efecto en la salud mamaria o en la manipulación de la leche. En cuanto a la composición, la grasa es levemente menor en los animales suplementados (3,21% frente a 3,34%), mientras que la proteína y la lactosa presentan diferencias poco significativas. Los sólidos totales son ligeramente superiores en la leche de animales sin suplementación (11,71% frente a 11,27%). La densidad es similar en ambos grupos, lo que sugiere que las diferencias en composición no afectan significativamente esta propiedad. Lo anterior, concuerda con lo expresado por Rosendo et al (2021), quienes manifiestan que el objetivo de la suplementación alimenticia en bovinos es incrementar el aporte energético y, por tanto, la producción y calidad de leche.

Los diferentes grupos raciales presentan variabilidad en la producción de leche y en los parámetros microbiológicos. Los cruces Bos Taurus - Bos indicus presentan producción diaria de leche similar, mientras que las razas criollas colombianas tienen el rendimiento más elevado (6,07 kg/día). El conteo de células somáticas es más alto en las razas criollas (84.022), lo que podría estar relacionado con resistencia a enfermedades o diferencias en el manejo. En cuanto a la composición, la grasa es inferior en las razas criollas (2,95%), mientras que las razas Bos indicus y los cruces muestran valores más altos. Los sólidos totales también son inferiores en las razas criollas, lo que podría deberse a un menor contenido de grasa y proteína. La densidad es relativamente estable entre los diferentes grupos raciales, indicando, además, que la leche producida no es sujeta a adulteraciones especialmente por la adición de agua (Lima et al., 2022).

El análisis multivariante indica que el municipio tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre las variables fisicoquímicas y microbiológicas de la leche. Esto sugiere que las condiciones ambientales, el manejo y la disponibilidad de forrajes pueden influir en la calidad de la leche. Sin embargo, la edad del animal no resultó significativa, lo que indica que la variación en la composición de la leche no está directamente relacionada con la edad. La variabilidad entre municipios podría estar explicada por diferencias en el sistema de producción y en la infraestructura disponible para el manejo del ordeño y la refrigeración de la leche (Corzo et al., 2018).

Las correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos indican asociaciones significativas entre variables. Se destaca la relación negativa entre lactosa y células somáticas (-0,53), lo que sugiere que un mayor conteo de células somáticas podría estar asociado con un menor contenido de lactosa (Jurado et al., 2020). La correlación negativa observada confirma la estrecha relación existente entre la salud de la glándula mamaria y la composición de la leche. Durante los procesos inflamatorios asociados a mastitis, se incrementa la permeabilidad

del epitelio mamario, permitiendo el paso de componentes sanguíneos hacia la leche y disminuyendo simultáneamente la capacidad secretora de las células epiteliales mamarias. Como consecuencia, se reduce la síntesis de lactosa, principal carbohidrato de la leche, mientras aumenta el número de células somáticas presentes en la secreción láctea (Le Maréchal et al., 2011; Jurado-Gómez et al., 2020). Esta asociación ha sido ampliamente reportada en bovinos lecheros y constituye un indicador indirecto del estado sanitario de la ubre. Además, la grasa y los sólidos totales muestran una fuerte correlación positiva (0,69), indicando que un mayor contenido de grasa está asociado con un mayor porcentaje de sólidos totales. Estos resultados pueden ser útiles para el diseño de estrategias de mejora de la calidad de la leche en los sistemas de producción doble propósito.

Conclusiones

El análisis de la calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche cruda en sistemas de producción doble propósito evidencia la influencia de factores como la suplementación alimenticia, la raza y el tipo de ordeño. Se observó que la suplementación mejora la producción de leche, pero puede incrementar el conteo de células somáticas y bacterias mesófilas. La composición química mostró variaciones en grasa, proteína y lactosa, siendo las razas criollas las de menor contenido graso. El ordeño mixto presentó un mayor recuento de células somáticas, lo que resalta la importancia de aplicar buenas prácticas de ordeño. Las pruebas estadísticas confirmaron un efecto significativo del municipio en la calidad de la leche, lo que sugiere que factores ambientales y de manejo juegan un papel clave. Los hallazgos obtenidos constituyen una base técnica y científica para el fortalecimiento de los sistemas ganaderos doble propósito del departamento de Putumayo, proporcionando información útil para el diseño de programas de asistencia técnica, mejoramiento genético, suplementación alimenticia y adopción de buenas prácticas de ordeño orientadas a incrementar la competitividad y sostenibilidad del sector lácteo departamental y nacional.

Referencias bibliográficas

- Aldana, L. P., García, I. I., Martínez Restrepo, L., Mora-Delgado, J., & Fandiño, C. (2020). Características composicionales químicas de la leche cruda en predios del Cañón de Anaime, Tolima. *Investigaciones Andina*, 22(40), 269–277. <https://www.redalyc.org/journal/2390/239075120018/html/>
- Alonso-Vázquez, Á. C., Torres-Cárdenas, V., Herrera-Hernández, J. A., Iriban Díaz, C. A., & Chongo-García, B. (2020). Caracterización de factores que influyen en la producción de leche en fincas de usufructuarios del municipio Consolación del Sur, Pinar del Río. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(4), 481–492.
- Campabadal, C. (1999). Factores que afectan el contenido de sólidos en leche. *Nutrición Animal Tropical*, 5(1), 67–92. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/11103>
- Corzo H., M. J., Caballero P., L. A., & Rivera, M. E. (2018). Factores que influyen en la composición y calidad microbiológica de la leche cruda almacenada en un centro de acopio. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 16(1), 86–106. <https://doi.org/10.24054/limentech.v16i1.345>
- Díaz, F. O., León, L., & Mejía, L. F. (2016). Aseguramiento de la inocuidad de leche cruda y pasteurizada en el departamento de Caldas. *Agroonomía Colombiana*, 34(Supl. 1), S984–S989.

- Flórez Delgado, D. F., Cely Leal, D., González, S. D., Niño Vera, L. J., & Robledo Palomino, Y. (2023). Análisis bacteriológico y composicional de la leche bovina de cuatro municipios del departamento de Putumayo, Colombia. *Spei Domus*, 19(2), 1–9. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2023.02.04>
- Guevara, B., Rivas, M. C., & Silva-Acuña, R. (2020). 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*, 67(1), 60–71. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87687>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2024). Censo pecuario nacional 2024. ICA. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/enfermedades-animales/fiebre-aftosa/censo-bovino-final.aspx>
- Jurado-Gómez, H. A., Solarte-Portilla, C. E., Burgos-Arcos, Á. J., González-Rodríguez, A., & Rosero-Galindo, C. (2020). Relación entre la calidad composicional y sanitaria de la leche de bovinos Holstein del trópico alto de Nariño. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 421–434. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5118>
- Jurado-Gómez, H., Muñoz-Domínguez, L., Quitiaquez-Montenegro, D., Fajardo-Argoti, C., & Insuasty-Santacruz, E. (2019). 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*, 66(1), 53–66. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n1.79402>
- Jurado-Gómez, H. A., Solarte-Portilla, C. E., Burgos-Arcos, Á. J., González-Rodríguez, A., & Rosero-Galindo, C. (2020). Relación entre la calidad composicional y sanitaria de la leche de bovinos Holstein del trópico alto de Nariño. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 421–434. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5118>
- Le Maréchal, C., Thiéry, R., Vautor, E., & Le Loir, Y. (2011). Mastitis impact on technological properties of milk and quality of milk products—A review. *Dairy Science & Technology*, 91(3), 247–282. <https://doi.org/10.1007/s13594-011-0009-6>
- Lima Rodríguez, C., Jurado-Gómez, H., & Pazos-Moncayo, A. (2022). Evaluación de calidad composicional, sanitaria y microbiológica de la leche en el municipio de Sapuyes, departamento de Nariño, en el año 2021. *Salud UIS*, 54, e22049. <https://doi.org/10.18273/saluduis.54.e22049>
- Medina Ariza, M. (2024). Colombianos consumen 18% menos de los 170 litros de leche que la FAO recomienda. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombianos-consumen-18-menos-de-los-170-litros-de-leche-que-la-fao-recomienda-3869359>
- Ministerio de la Protección Social. (2011). *Decreto 1880 de 2011: Por el cual se señalan los requisitos para la comercialización de leche cruda para consumo humano directo en el territorio nacional*. Diario Oficial No. 48.073. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-1880-de-2011.pdf>
- Murphy, S. C., Martin, N. H., Barbano, D. M., & Wiedmann, M. (2016). Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? *Journal of Dairy Science*, 99(12), 10128–10149. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11172>
- Olivero, R., Aguas, Y., & Cury, K. (2011). Comercialización de leche cruda en Sincelejo, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Animales*, 3(1), 157–163.

- Pascual, M. R., & Calderón, V. (2000). *Microbiología alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas*. Díaz de Santos.
- Ruegg, P. L. (2017). A 100-year review: Mastitis detection, management, and prevention. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10381–10397. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13023>
- Rosendo Ponce, A., Sánchez Gómez, A., Ríos Ortiz, Á., Torres Hernández, G., & Becerril Pérez, C. M. (2021). Rendimiento y composición química de leche de vacas criollas Lechero Tropical en pastoreo y suplementación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1515
- Rosero, A., Rangel, W., & Gómez, D. (2025). Características composicionales y microbiológicas de la leche de vaca en sistemas de doble propósito del Piedemonte Llanero, Colombia. *Rev Colombiana Cienc Anim. Recia.* 17(1):e1083. <https://doi.org/10.24188/recia.v17.n1.2025.1083>
- Syrstad, O. (1996). Dairy cattle crossbreeding in the tropics: Performance of crossbred dairy cattle in the tropics. *FAO Animal Production and Health Paper*, 133. Food and Agriculture Organization of the United Nations.