

Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas y Microbiológicas de Leche Cruda del Azuay, Ecuador

Diana Estefanía Sánchez Cabrera¹; José Luis Bustamante Campoverde¹; María Fernanda Padilla Palacios¹; Paola Estefanía Castro Criollo¹; Ana Cristina Orquera Tello¹

¹Instituto Superior Tecnológico Particular Sudamericano (ITS), Cuenca, Ecuador

desanchez@sudamericano.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0002-6327-9438>

jbustamante@sudamericano.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0009-4619-8255>

mfpadilla@sudamericano.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0002-7003-7779>

pecastro@sudamericano.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0009-5680-3930>

acorquera@sudamericano.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0004-3527-4359>

Correspondencia: desanchez@sudamericano.edu.ec

Resumen: La calidad físicoquímica y microbiológica de la leche cruda constituye un factor determinante para la elaboración de derivados lácteos seguros y competitivos, particularmente en regiones productoras como la provincia del Azuay, Ecuador. El estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicoquímicas y microbiológicas de la leche cruda producida en la parroquia Zhidmad, Azuay, Ecuador, con el fin de determinar su idoneidad para la elaboración de derivados como queso y yogur. Se empleó un enfoque cuantitativo y un diseño descriptivo transversal, mediante el cual se recolectaron 30 muestras que fueron analizadas conforme a las normativas nacionales e internacionales de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC) y de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Los resultados mostraron que el contenido de grasa (3,9%), proteínas (3,056%) y sólidos totales (11,414%) se ubicaron dentro de los rangos normativos, lo que refleja la calidad composicional de la leche. En el análisis microbiológico, los niveles de aerobios mesófilos ($5,0 \times 10^4$ Unidades Formadoras de Colonias [UFC] por mililitro) y el recuento de células somáticas (RCS) ($2,4 \times 10^5$ RCS/cm³) se situaron por debajo de los límites establecidos, evidenciando un adecuado control higiénico. Las pruebas de reductasa y de punto crioscópico confirmaron, asimismo, la ausencia de adulteraciones y la estabilidad microbiológica de la leche. Se concluye que la leche cruda producida en Zhidmad cumple con los estándares físicoquímicos y microbiológicos exigidos, lo que confirma su idoneidad como materia prima para la elaboración de derivados lácteos de calidad.

Palabras clave: leche cruda; análisis físicoquímico; calidad microbiológica; derivados lácteos; Ecuador.

Código de clasificación internacional UNESCO: 3309.09 - Productos lácteos.

Clasificación OCDE-FOS: 4.2 - Ciencia animal, ciencia de productos lácteos.

Evaluation of the Physicochemical and Microbiological Properties of Raw Milk from Azuay, Ecuador

Abstract: The physicochemical and microbiological quality of raw milk constitutes a determining factor in the production of safe and competitive dairy products, particularly in producing regions such as the province of Azuay, Ecuador. This study aimed to evaluate the physicochemical and microbiological properties of raw milk produced in the parish of Zhidmad, Azuay, Ecuador, in order to determine its suitability for the manufacture of derivatives such as cheese and yogurt. A quantitative approach and a descriptive cross-sectional design were employed, through which 30 samples were collected and analyzed in accordance with national and international standards of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) and the Ecuadorian Technical Standard (NTE) of the Ecuadorian Standardization Institute (INEN). The results showed that fat content (3.9%), protein (3.056%), and total solids (11.414%) fell within the normative ranges, reflecting the compositional quality of the milk. In the microbiological analysis, levels of mesophilic aerobes (5.0×10^4 Colony-Forming Units [CFU] per milliliter) and the somatic cell count (SCC) (2.4×10^5 SCC/cm³) were below the established limits, evidencing adequate hygienic control. The reductase test and cryoscopic point likewise confirmed the absence of adulterations and the microbiological stability of the milk. It is concluded that the raw milk produced in Zhidmad meets the required physicochemical and microbiological standards, confirming its suitability as a raw material for the manufacture of quality dairy products.

Keywords: raw milk; physicochemical analysis; microbiological quality; dairy products; Ecuador.

UNESCO International Classification Code: 3309.09 - Dairy products.

OECD-FOS Classification: 4.2 - Animal science, dairy science.

Avaliação das Propriedades Físico-Químicas e Microbiológicas do Leite Cru do Azuay, Equador

Resumo: A qualidade físico-química e microbiológica do leite cru constitui um fator determinante para a elaboração de derivados lácteos seguros e competitivos, particularmente em regiões produtoras como a província do Azuay, Equador. O estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas e microbiológicas do leite cru produzido na paróquia de Zhidmad, Azuay, Equador, a fim de determinar sua aptidão para a elaboração de derivados como queijo e iogurte. Empregou-se uma abordagem quantitativa e um delineamento descritivo transversal, mediante o qual foram coletadas 30 amostras analisadas conforme as normativas nacionais e internacionais da Associação de Químicos Analíticos Oficiais (AOAC) e da Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) do Instituto Ecuatoriano de Normalização (INEN). Os resultados mostraram que o teor de gordura (3,9%), proteínas (3,056%) e sólidos totais (11,414%) situaram-se dentro dos intervalos normativos, refletindo a qualidade composicional do leite. Na análise microbiológica, os níveis de aeróbios mesófilos ($5,0 \times 10^4$ Unidades Formadoras de Colônias [UFC] por mililitro) e a contagem de células somáticas (CCS) ($2,4 \times 10^5$ CCS/cm³) situaram-se abaixo dos limites estabelecidos, evidenciando um adequado controle higiênico. O teste de reductase e o ponto crioscópico confirmaram, igualmente, a ausência de adulterações e a estabilidade microbiológica do leite. Conclui-se que o leite cru produzido em Zhidmad cumpre os padrões físico-químicos e microbiológicos exigidos, confirmando sua aptidão como matéria-prima para a elaboração de derivados lácteos de qualidade.

Palavras-chave: leite cru; análise físico-química; qualidade microbiológica; derivados lácteos; Equador.

Código de Classificação Internacional da UNESCO: 3309.09 - Produtos lácteos.

Classificação OCDE-FOS: 4.2 - Ciência animal, ciência de produtos lácteos.

Cómo citar este artículo:

Sánchez, D. E., Bustamante, J. L., Padilla, M. F., Castro, P. E., & Orquera, A. C. (2026). Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas y Microbiológicas de Leche Cruda del Azuay, Ecuador. *Revista Científica*, 11(39), 90–103. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.39.7.90-103>

Fecha de Recepción:
05-02-2025

Fecha de Aceptación:
31-07-2025

Fecha de Publicación:
05-02-2026

1. Introducción

La leche de vaca constituye un elemento fundamental del sector agroalimentario global por su relevancia económica, su alto valor nutricional y su significado cultural. Ha sido una pieza clave en la dieta humana a lo largo de la historia, formando parte de tradiciones gastronómicas y fortaleciendo la seguridad alimentaria en diversas sociedades (Fernández et al., 2015; González-Rodríguez et al., 2024).

Además de ser una fuente rica en proteínas de alta calidad y micronutrientes como calcio, vitaminas A, B y D, fósforo y magnesio, su producción sostiene tanto a grandes industrias como a pequeños productores, promoviendo el desarrollo rural y generando empleo. Según datos reportados por Asaminew y Eyassu (2011), la leche de vaca representó el 80,8% de la producción mundial, superando ampliamente a la de otras especies como cabra, oveja y búfala, lo que evidencia su importancia como proveedor principal y su arraigo cultural en distintas regiones.

La industria láctea también responde a las demandas del mercado global, elaborando productos de alto valor cultural y económico como queso, yogur y leche en polvo, con países como India, Estados Unidos y Brasil liderando la producción. Además, factores agroclimáticos, políticas sectoriales y patrones de especialización influyen en la distribución y consumo de leche y sus derivados, ajustándose a las preferencias y dinámicas locales, especialmente en los países en desarrollo donde la leche líquida es el producto principal consumido (Fernández et al., 2015).

La industria láctea tiene un impacto significativo en el desarrollo económico y rural al generar empleo y conectar cadenas de valor que incluyen producción, transformación, logística y comercialización, tanto en países desarrollados como en economías emergentes. Además, la leche es esencial en la canasta alimentaria, garantizando seguridad nutricional para millones de personas y representando una fuente de ingresos clave para productores grandes y pequeños.

La leche de vaca se distingue por su riqueza en

proteínas de alta calidad y micronutrientes esenciales, como calcio y vitaminas A, B y D, fundamentales para el desarrollo óseo, dental y muscular, además de otros beneficios para la salud (; González-Rodríguez et al., 2024). Con un contenido promedio de 3,9% de grasa, 88,58% de humedad y 3,05% de proteínas, sus propiedades fisicoquímicas facilitan la producción de derivados como queso y yogur, productos con alto valor cultural y económico. Estos derivados reflejan tradiciones culinarias y se ajustan a las demandas del mercado internacional, en un sector en el que India, Estados Unidos y Brasil figuran como principales productores (Fernández et al., 2015).

Las condiciones agroclimáticas y políticas sectoriales influyen en la especialización productiva y en los patrones de consumo global, donde la leche líquida predomina en los países en desarrollo, mientras los derivados varían según preferencias locales (González-Rodríguez et al., 2024). En Ecuador, la producción láctea es clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, alcanzando 5.699.046 litros en 2021, con la región Sierra como principal contribuyente debido a sus condiciones climáticas favorables (Contero et al., 2021).

En Ecuador, las diferencias en la producción de leche entre regiones están marcadas por factores como la disponibilidad de pastos, infraestructura y experiencia de los productores. De acuerdo con Contero et al. (2021), la Costa contribuye con el 16,37% y la Amazonía con el 4,04%, mientras que el promedio nacional de producción diaria por vaca es de 7 litros, con un total aproximado de 633.344 cabezas de ganado bovino involucradas en la comercialización. En términos de consumo, la leche líquida lidera con un 50,6%, seguida por el queso (15,6%), la leche en polvo (12,7%) y el yogur (9,1%).

Los derivados lácteos como el queso y el yogur son fundamentales en la gastronomía ecuatoriana, ya que combinan tradiciones ancestrales con las preferencias locales. Su elaboración no solo preserva la riqueza cultural del país, sino que también genera valor agregado, fomenta el empleo y crea oportunidades para pequeños y medianos productores. Para optimizar estos

procesos, es esencial contar con un conocimiento actualizado de las propiedades físicoquímicas y microbiológicas de la leche y establecer condiciones ideales para su procesamiento.

La provincia del Azuay, en la región sur andina, representa cerca del 14% de la producción láctea nacional, destacando el papel de la ganadería en la economía regional y el desarrollo rural. Sin embargo, el sector enfrenta fluctuaciones en los precios de la leche cruda, que son monitoreados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Por ejemplo, el precio disminuyó de 0,47 dólares en septiembre de 2022 a 0,41 dólares en febrero de 2023, lo que afecta la sostenibilidad económica de los productores locales y resalta la importancia de implementar estrategias comerciales, diversificar productos e invertir en tecnología para mejorar la calidad y el rendimiento (Contero et al., 2021).

El queso y el yogur desempeñan un papel central en el sector lácteo debido a su versatilidad y alta aceptación. Como señalan Petroche et al. (2023) y Rodiles-López et al. (2023), el queso, con más de 600 variedades, se clasifica según su contenido de humedad, tiempo de maduración y concentración de grasa, adaptándose a diversos mercados y preferencias de consumo. Su estructura físicoquímica, basada en la coagulación de caseínas mediante renina o acidificación isoelectrónica, define características sensoriales, conservación y transporte, esenciales tanto para la producción artesanal como industrial (Padilla & Zambrano, 2021).

Por su parte, el yogur, con una composición que incluye un 88,50% de agua, 3,5% de proteínas, 1,80% de lípidos y 5,00% de hidratos de carbono, se distingue por su textura cremosa y su potencial para enriquecerse con ingredientes diversos (Fernández et al., 2015; González-Rodríguez et al., 2024). Entre sus variedades, el yogur griego resalta por su consistencia y valor agregado, según lo planteado por Chávez (2022).

En la provincia del Azuay, la producción de queso y yogur requiere un enfoque integral que considere

propiedades físicoquímicas y microbiológicas de la leche, como el pH, acidez, contenido graso y densidad, además de evaluar la carga bacteriana y detectar patógenos. Estas prácticas son esenciales para cumplir normativas sanitarias, garantizar la calidad y optimizar el rendimiento productivo. En 2021, el desperdicio de 7.491 litros de leche, equivalentes a 3.146 dólares, subrayó la necesidad de mejorar la transformación en derivados lácteos para reducir pérdidas y aumentar la rentabilidad (Contero et al., 2021).

Finalmente, estudios específicos en regiones como el Azuay son fundamentales para identificar cómo factores como la genética del ganado, el manejo, las condiciones ambientales y el transporte influyen en la calidad de la leche (Padilla & Zambrano, 2021; Fernández et al., 2015; González-Rodríguez et al., 2024). La globalización, el aumento en la demanda de productos diferenciados y la innovación tecnológica refuerzan la importancia de analizar estas características para desarrollar productos con mayor valor agregado.

La optimización de la producción láctea en el Azuay requiere el respaldo de la investigación científica para desarrollar estrategias integrales que incluyan mejoras agrícolas y tecnologías avanzadas en la transformación industrial. Estas acciones son esenciales para garantizar la sostenibilidad económica, social y ambiental del sector, posicionando a la región como un referente en la industria láctea.

La producción de quesos y yogures en el Azuay no solo impulsa la economía local, sino que también refuerza la identidad gastronómica, promueve prácticas sostenibles y responde a la demanda de productos funcionales y seguros. El análisis físicoquímico y microbiológico de la leche, eje central de este estudio, busca mejorar la calidad, diversificar la oferta láctea y optimizar los procesos productivos. La sostenibilidad del sector lácteo depende, además, de la cooperación entre productores, empresas, organismos reguladores e investigadores, un enfoque colaborativo que permitirá consolidar al Azuay como un referente en la producción de lácteos de alta calidad.

En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicoquímicas y microbiológicas de la leche cruda producida en la parroquia Zhidmad, provincia del Azuay, Ecuador, con el fin de determinar su idoneidad para la elaboración de quesos y yogures, proporcionando datos clave para futuras investigaciones, transferencia tecnológica y decisiones regulatorias, y fomentando así la innovación, la sostenibilidad y la competitividad del sector en línea con las tendencias globales del mercado.

2. Metodología

En este apartado se describen el área de estudio, el tipo, enfoque, método y diseño de la investigación, el tamaño y la selección de la muestra, los protocolos de manejo aplicados por los productores antes, durante y después del ordeño, y los métodos analíticos empleados para determinar las propiedades físicoquímicas y microbiológicas de la leche cruda recolectada.

2.1. Área de Estudio

El presente trabajo se desarrolló en la parroquia Zhidmad, localizada en la provincia del Azuay, Ecuador, al este del cantón Cuenca. Las muestras de leche fueron obtenidas directamente de los establos pertenecientes a los ganaderos de la región, situados en las coordenadas geográficas 2°55'48.0"S 78°52'45.1"W. Dichas recolecciones se efectuaron durante el mes de abril de 2024.

2.2. Tipo, Enfoque, Método y Diseño del Estudio

La presente investigación se clasificó, según su finalidad, como una investigación de tipo aplicada, orientada a generar conocimiento de utilidad directa para la industria láctea regional (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Se adoptó un enfoque cuantitativo, en la medida en que los datos físicoquímicos y microbiológicos se recolectaron y analizaron mediante procedimientos numéricos estandarizados (Creswell, 2014). El método correspondió al método científico propio de las ciencias de los alimentos, sustentado en la medición objetiva y sistemática de parámetros normados

(Cohen et al., 2017). Se utilizó, asimismo, un diseño no experimental, descriptivo y transversal, con el propósito de analizar las características físicoquímicas y microbiológicas de la leche cruda recolectada en la zona en un único momento temporal. Los establos de los productores fueron seleccionados mediante un proceso aleatorio para asegurar la representatividad estadística de las muestras obtenidas.

2.3. Tamaño y Selección de la Muestra

Se obtuvieron 30 muestras de leche cruda provenientes de diversos establos ubicados en la parroquia. La selección de los establos se realizó mediante un muestreo aleatorio estratificado, en el que se consideraron variables como la ubicación geográfica, el tamaño del rebaño y las prácticas de manejo ganadero. Este tamaño muestral fue determinado a partir de un cálculo estadístico, asegurando un nivel de precisión del 95% en los resultados obtenidos.

2.4. Tratamiento Pre-Ordeño de la Vaca

En la localidad de Zhidmad, los ganaderos implementan un protocolo riguroso para el ordeño, iniciado entre las 3 y 5 de la mañana con el propósito de mantener una rutina constante en las vacas. Para garantizar la seguridad de todos, se inmovilizan las patas y la cola del animal antes de comenzar el proceso. Este protocolo incluye medidas estrictas de higiene personal: los trabajadores desinfectan cuidadosamente manos, antebrazos y uñas, además de portar mascarilla, cofia, guantes, mandil y botas. Asimismo, el área de ordeño se mantiene completamente limpia y libre de animales no involucrados, asegurando un entorno controlado y seguro.

Los equipos empleados, como baldes y bidones, son exclusivos para la manipulación de leche y están fabricados en acero inoxidable u otros materiales aprobados para uso alimentario. Estos utensilios se limpian y desinfectan rigurosamente antes de cada uso, lo que contribuye a preservar la calidad e inocuidad del producto. Este conjunto de prácticas asegura un manejo sanitario adecuado y cumple con los estándares de

higiene necesarios para garantizar la seguridad de la leche cruda recolectada (Asaminew & Eyassu, 2011; Babege et al., 2020; Doyle et al., 2017).

2.5. Tratamiento Durante el Ordeño de la Vaca

Previo al ordeño, los pezones del animal son limpiados cuidadosamente con agua tibia, evitando el contacto con la ubre para minimizar la contaminación. Posteriormente, se secan con papel desechable para eliminar la humedad residual. Durante el proceso, se aplica una técnica manual basada en movimientos suaves y constantes utilizando todos los dedos, en un periodo de 5 a 7 minutos. La leche recolectada se almacena en baldes de acero inoxidable desinfectados, siguiendo estrictos protocolos de higiene que reducen el riesgo de contaminación y previenen mastitis mediante una duración controlada del ordeño.

Al finalizar, los pezones se desinfectan con una solución de agua y tintura de yodo, creando una barrera protectora contra infecciones. Finalmente, el animal es liberado de forma cuidadosa para evitar estrés, garantizando su bienestar. Estas prácticas aseguran la calidad del producto y la salud del ganado.

2.6. Después del Ordeño de la Vaca

Tras el ordeño, la leche es filtrada mediante una tela fina o un filtro, eliminando partículas e impurezas. Luego, se transfiere a recipientes de acero inoxidable o materiales certificados para uso alimentario, preservando su seguridad e integridad. Para evitar el deterioro y mantener sus propiedades físicoquímicas, se realiza un enfriamiento rápido, manteniéndola entre 0°C y 7°C antes de su transporte al centro de acopio o distribución (Awol et al., 2023; Coleman et al., 2023; Nonga et al., 2015).

Simultáneamente, los utensilios utilizados son sometidos a una limpieza minuciosa con detergente, enjuagados y secados cuidadosamente. Además, el área de ordeño es desinfectada completamente, incluyendo pisos y paredes, con detergentes especializados que aseguran un ambiente higiénico y reducen riesgos de contaminación futura. Estas medidas garantizan la

calidad y seguridad de la leche obtenida (Kable et al., 2016; Lemma et al., 2018).

2.7. Determinación de las Propiedades Físicoquímicas de la Leche Cruda

La leche cruda, debido a su composición físicoquímica, constituye un medio altamente favorable para el crecimiento y la proliferación de diversos tipos de bacterias. En su estado fresco y sin procesar, contiene una combinación de propiedades químicas y físicas que la convierten en un entorno idóneo para la multiplicación microbiana. Factores como su abundante contenido de nutrientes, el pH, la alta humedad y la temperatura natural no controlados contribuyen al desarrollo de una amplia variedad de microorganismos (Garedew et al., 2012). Los requisitos y métodos empleados para evaluar estas propiedades se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Requisitos Físicoquímicos de la Leche Cruda y Métodos de Ensayo.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Conservantes	--	Negativo	Negativo	NTE INEN 1500 (colorimetría)
Materia grasa	%	3	--	NTE INEN-ISO 8262-3:2013
Humedad	%	--	--	AOAC 990.20 (gravimetría)
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	--	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa	h	3	--	NTE INEN 18
Punto crioscópico	°C	-0,536	-0,512	INEN 15
Sólidos totales	%	11,2	--	AOAC 990.20 (gravimetría)

Nota. Fuente: Sánchez et al. (2024); Elaboración a partir de la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN y de los métodos AOAC. Se presentan variaciones en las características en función de la raza del animal y la alimentación, sin que ello afecte las características sensoriales establecidas por la normativa técnica nacional.

Como se detalla en la tabla 1, la normativa técnica nacional y los métodos AOAC establecen los límites de referencia para cada uno de los siete parámetros físicoquímicos evaluados: el contenido de conservantes debe resultar negativo mediante colorimetría (NTE INEN 1500); la materia grasa debe alcanzar un mínimo de 3%, según la NTE INEN-ISO 8262-3:2013, norma técnica ecuatoriana adaptada de la Organización Internacional de Normalización (ISO); la humedad se determina por gravimetría (AOAC 990.20) sin un rango mínimo ni máximo definido; las proteínas deben alcanzar al menos

2,9%, conforme a la NTE INEN 16; el ensayo de reductasa exige un mínimo de 3 horas, según la NTE INEN 18; el punto crioscópico debe ubicarse entre $-0,536^{\circ}\text{C}$ y $-0,512^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con la norma INEN 15; y los sólidos totales deben alcanzar un mínimo de 11,2%, mediante gravimetría (AOAC 990.20). Estos siete parámetros constituyeron la base normativa frente a la cual se contrastaron los resultados obtenidos en cada una de las 30 muestras analizadas.

2.7.1. Evaluación de Conservantes (Peróxido de Hidrógeno)

La detección de conservantes en muestras de leche cruda, específicamente peróxido de hidrógeno, se realizó mediante un método cualitativo basado en reacciones colorimétricas con reactivos específicos. Este procedimiento, desarrollado bajo un protocolo estandarizado, permitió identificar visualmente la presencia del conservante mediante cambios en la coloración de la muestra.

Este enfoque cualitativo resultó eficaz para detectar posibles adulteraciones de manera temprana, asegurando la calidad e inocuidad de la leche antes de su procesamiento y distribución.

2.7.2. Análisis de Materia Grasa

El contenido de grasa en la muestra se determinó siguiendo el método estandarizado de la norma técnica nacional. El procedimiento incluyó una digestión ácida para descomponer la matriz de la muestra, seguida de una extracción con éter etílico y éter de petróleo. Posteriormente, se cuantificó el contenido graso mediante gravimetría, evaluando el peso del residuo seco tras evaporar el solvente.

Este método garantiza una medición precisa del porcentaje de grasa en la leche cruda, cumpliendo con los lineamientos de la norma NTE y proporcionando datos confiables para su análisis y evaluación.

2.7.3. Evaluación del Contenido de Humedad

La determinación de la humedad en la muestra de leche se llevó a cabo mediante el método gravimétrico

(AOAC 990.20). Este procedimiento consiste en someter la muestra a un proceso de secado bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo en una estufa de aire forzado. La pérdida de peso registrada tras el secado corresponde al contenido de humedad, expresado como un porcentaje del peso inicial de la muestra.

2.7.4. Análisis de Proteínas

El contenido de proteínas en la leche se calculó mediante el método Kjeldahl, de acuerdo con la normativa técnica nacional, que mide el nitrógeno total en la muestra. El procedimiento incluyó una digestión con ácido sulfúrico y catalizadores, seguida de una destilación alcalina para liberar amoníaco, el cual fue cuantificado por titulación. El resultado se multiplicó por el factor 6,38, específico para proteínas lácteas, permitiendo calcular con precisión su concentración. Este método asegura resultados confiables sobre la calidad proteica del producto.

2.7.5. Prueba de Reductasa

La evaluación de la actividad microbiana en la leche se realizó mediante la prueba de reductasa, de acuerdo con los lineamientos de la normativa técnica nacional. Este método se basa en la capacidad de los microorganismos presentes en la muestra para reducir el azul de metileno. La leche fue incubada con el colorante a 37°C , y se midió el tiempo necesario para la decoloración. El tiempo de reducción obtenido es inversamente proporcional a la cantidad de microorganismos presentes, actuando como un indicador indirecto de la carga microbiana. Este procedimiento estandarizado permitió evaluar la calidad microbiológica de la leche, proporcionando información esencial para determinar su inocuidad y adecuación para el consumo humano.

2.7.6. Determinación del Punto Crioscópico

Siguiendo los lineamientos de la normativa técnica nacional, se calculó el punto crioscópico de la muestra de leche utilizando un crioscopio calibrado, el

cual permitió medir con precisión su temperatura de congelación. Este método se emplea como indicador de posibles adulteraciones, específicamente por la adición de agua. Dado que la presencia de este diluyente eleva el punto de congelación, los valores fuera del rango normal de $-0,536^{\circ}\text{C}$ a $-0,512^{\circ}\text{C}$ en leche pura evidencian alteraciones en el producto.

2.7.7. Determinación de Sólidos Totales

El contenido total de sólidos en la leche fue determinado mediante el método gravimétrico (AOAC 990.20). El análisis consistió en secar una muestra previamente medida en una estufa de temperatura controlada hasta alcanzar un peso constante. El residuo seco obtenido, que incluye proteínas, grasas, lactosa y minerales, se expresa como un porcentaje del peso inicial, proporcionando una medida precisa de los sólidos totales. Este método, reconocido internacionalmente, garantiza resultados exactos y cumple con los estándares establecidos en la norma AOAC 990.20.

2.8. Análisis Microbiológico de la Leche Cruda

Se realizó un análisis microbiológico detallado de la leche cruda, evaluando el recuento de microorganismos aeróbicos mesófilos y células somáticas, parámetros clave para determinar su calidad. El recuento de microorganismos aeróbicos mesófilos se efectuó mediante el método de vertido en placa descrito en la norma técnica nacional, permitiendo cuantificar la población microbiana en condiciones óptimas de crecimiento. El recuento de células somáticas se llevó a cabo mediante citometría de flujo, siguiendo el método AOAC 978.26, para determinar con precisión su concentración por mililitro de leche.

De acuerdo con Chávez (2022), estos indicadores son esenciales para evaluar la aptitud de la leche tanto para el consumo humano como para la producción de derivados lácteos. La aplicación de estos métodos permitió verificar el cumplimiento de los estándares establecidos, garantizando la inocuidad y calidad de la leche cruda, así como su idoneidad para el procesamiento industrial. Los límites microbiológicos

exigidos por la normativa técnica nacional se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Requisitos Microbiológicos de la Leche Cruda.

Requisitos	Límite máximo	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbicos mesófilos	$1,5 \times 10^6$ UFC/ml	NTE INEN 1529-5
Recuento de células somáticas	$7,0 \times 10^5$ RCS/cm ³	AOAC 978.26

Nota. Fuente: Sánchez et al. (2024); Elaboración a partir de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 (Leche cruda. Requisitos, quinta revisión) y del método AOAC 978.26. El almacenamiento, envasado y transporte de la leche cruda debe realizarse de acuerdo con lo señalado por el Reglamento de Leche y Productos Lácteos del Ministerio de Salud Pública (normativa técnica nacional).

La tabla 2 resume los dos parámetros microbiológicos considerados como límite de aceptabilidad para la leche cruda, conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 vigente al momento de la recolección de las muestras: el recuento de microorganismos aeróbicos mesófilos, cuyo límite máximo es de $1,5 \times 10^6$ UFC/ml según la norma NTE INEN 1529-5, y el recuento de células somáticas, cuyo límite máximo es de $7,0 \times 10^5$ RCS/cm³ de acuerdo con el método AOAC 978.26. Ambos indicadores permiten determinar la calidad higiénica de la leche y la salud de la ubre del animal, y constituyeron los referentes normativos frente a los cuales se evaluaron los resultados microbiológicos obtenidos en el presente estudio.

2.8.1. Recuento de Microorganismos Aeróbicos Mesófilos

El recuento de microorganismos aeróbicos mesófilos en la leche cruda se realizó conforme a la norma técnica nacional utilizando la técnica de recuento en placa. Se prepararon diluciones seriadas de la muestra para reducir la carga microbiana a niveles cuantificables, y se sembraron alícuotas en medios de cultivo específicos que favorecieron el crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios.

Las placas inoculadas se incubaron a 30°C durante 72 horas, tras lo cual se enumeraron manualmente las colonias formadas, determinando la concentración de Unidades Formadoras de Colonias por mililitro

(UFC/mL). Este indicador es crucial para evaluar la calidad higiénica de la leche cruda, garantizando su aptitud para el consumo humano y la elaboración de productos lácteos.

2.8.2. Recuento de Células Somáticas

El recuento de células somáticas en la leche cruda se realizó siguiendo el método AOAC 978.26, que utiliza microscopía directa con fluorescencia para la tinción específica y el conteo manual de células presentes. Los resultados se expresaron como el número de células somáticas por mililitro, un indicador clave de la salud de la ubre y de la calidad del producto lácteo.

Un recuento elevado sugiere posibles infecciones en la ubre, como mastitis, y puede alterar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la leche. La estricta aplicación del método AOAC 978.26 asegura resultados precisos y reproducibles, proporcionando información esencial para evaluar la aptitud de la leche cruda para el consumo humano y la elaboración de productos lácteos de alta calidad (Deddefo et al., 2023; Hunt et al., 2012).

3. Resultados

En esta sección se presentan los hallazgos obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico de la leche cruda recolectada en la parroquia Zhidmad, organizados en dos apartados: las propiedades fisicoquímicas y las propiedades microbiológicas de las muestras analizadas.

3.1. Propiedades Fisicoquímicas de la Leche Cruda

Las características fisicoquímicas de la leche cruda se evaluaron utilizando los métodos analíticos recomendados por la AOAC y se contrastaron posteriormente con los estándares establecidos en las normativas del INEN.

Tabla 3. Resultados de las Propiedades Fisicoquímicas de la Leche Cruda.

Parámetro	Método de ensayo	Unidad	Resultado	Límite normativo
Conservantes (peróxido de hidrógeno)	NTE INEN 1500:2017 (colorimetría)	--	Negativo	Negativo

Parámetro	Método de ensayo	Unidad	Resultado	Límite normativo
Grasa	NTE INEN-ISO 8262-3:2013 (gravimetría)	%	3,9	mín. 3
Humedad	AOAC 990.20 (gravimetría)	%	88,586	sin rango normado
Proteína	AOAC 991.20 (Kjeldahl)	%	3,056	mín. 2,9
Prueba de reductasa	NTE INEN 18 (colorimétrico)	h	4	mín. 3
Punto crioscópico	INEN 15	°C	-0,539	-0,536 a -0,512
Sólidos totales	AOAC 990.20 (gravimetría)	%	11,414	mín. 11,2

Nota. Fuente: Sánchez et al. (2024).

El análisis de conservantes (tabla 3), específicamente peróxido de hidrógeno arrojó un resultado negativo en comparación con los valores estipulados en la normativa técnica nacional, confirmando el cumplimiento de lo establecido. En cuanto al contenido de grasa, el valor obtenido fue del 3,9%, dentro del rango establecido por la normativa técnica, que especifica un mínimo de 3%. Respecto al nivel de humedad, la leche presentó un 88,586%, cumpliendo con los requisitos establecidos por la AOAC, aunque esta normativa no define valores mínimos ni máximos para este parámetro.

El análisis de proteína reveló un valor de 3,056%, acorde con los parámetros de la AOAC, que establece un mínimo de 2,9%. La prueba de reductasa, empleada para evaluar la calidad higiénica de la leche, arrojó un tiempo de 4 horas, dentro del rango normativo establecido de un mínimo de 3 horas. El examen crioscópico obtuvo un resultado de -0,539°C, valor que se ubicó ligeramente fuera del rango normativo de -0,536°C a -0,512°C establecido por el INEN, lo que permite identificar posibles adulteraciones, como la adición de agua. La prueba de sólidos totales, realizada mediante gravimetría según la normativa AOAC, reportó un valor de 11,414%, dentro del rango normativo de un mínimo de 11,2%.

3.2. Propiedades Microbiológicas de la Leche Cruda

Se describen a continuación las características microbiológicas de la leche cruda, analizadas mediante los métodos del Manual Bacteriológico Analítico (del inglés *Bacteriological Analytical Manual, BAM*) de la FDA, Capítulo 3 (BAM CAP 03), y el procedimiento

interno de laboratorio PEMSVMB 01 para el recuento en placa, así como el método de recuento de células somáticas por RCS/cm³.

Tabla 4. Resultados del Análisis Microbiológico de la Leche Cruda.

Parámetro	Método de ensayo	Unidad	Resultado	Límite máximo
Aerobios mesófilos	BAM CAP 03 / PEMSVMB 01 (recuento en placa)	UFC/ml	$5,0 \times 10^4$	$1,5 \times 10^6$
Células somáticas	AOAC 978.26	RCS/cm ³	$2,4 \times 10^5$	$7,0 \times 10^5$

Nota. Fuente: Sánchez et al. (2024).

Los resultados obtenidos indican que los niveles de aerobios mesófilos y de células somáticas se encontraron dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 (tabla 4). En el caso de los aerobios mesófilos, el resultado fue de $5,0 \times 10^4$ UFC/ml, valor muy por debajo del máximo permitido de $1,5 \times 10^6$ UFC/ml, lo que refleja un adecuado control microbiológico. Por su parte, las células somáticas presentaron un resultado de $2,4 \times 10^5$ RCS/cm³, igualmente inferior al límite máximo normativo de $7,0 \times 10^5$ RCS/cm³. Estos datos evidencian que los parámetros analizados cumplieron con los estándares de calidad establecidos, garantizando la conformidad de la muestra con los requisitos regulatorios.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio se contrastan a continuación con los reportados por otras investigaciones sobre calidad físicoquímica y microbiológica de la leche cruda, con el fin de interpretar su alcance y significado a la luz del conocimiento disponible en la literatura científica.

El resultado negativo obtenido para peróxido de hidrógeno refleja la prohibición del uso de este compuesto que establece la normativa técnica nacional, aunque investigaciones en el trópico ecuatoriano sugieren que podría conservar la leche hasta por ocho horas sin alterar sus características organolépticas (Campos-Vallejo et al., 2017). En concordancia con este hallazgo, un estudio sobre leche cruda en cantones de Ecuador reportó que el 100% de los productores evaluados cumplió con la legislación vigente, obteniendo

igualmente resultados negativos para peróxido de hidrógeno (Salguero et al., 2023), lo que coincide con lo observado en la parroquia Zhidmad.

El contenido de grasa registrado (3,9%) es coherente con lo documentado en la provincia de Carchi, donde Salguero et al. (2023) reportaron un porcentaje de 3,6%. En una línea complementaria, Díaz-Rivera et al. (2023) sugieren que un mayor contenido graso en la leche podría estar relacionado con pasturas ricas en proteínas disponibles en ciertas estaciones del año, mientras que Rocha et al. (2023) confirman que valores similares al obtenido cumplen con la normativa INEN, lo que indica la ausencia de adulteraciones por dilución.

En relación con el contenido proteico, este componente es esencial en la industria láctea, ya que influye directamente en el rendimiento de productos procesados como yogures y quesos (Contero et al., 2021). Cabe señalar que se estima que un 1,4% de la población presenta alergias a las proteínas de la leche, lo que puede provocar síntomas gastrointestinales (Fernández et al., 2015). A su vez, Aldunce et al. (2022) señalan que la variación proteica depende del tipo de leche, reportando 17 g/L en leche de vaca estándar y hasta 25 g/L en leche alta en proteínas con sabor a chocolate sin lactosa, lo que sitúa el valor obtenido en el presente estudio dentro del rango esperado para leche de vaca estándar.

Respecto a la prueba de reductasa, un estudio realizado en Colombia reportó que las muestras de leche cruda no mostraron degradación del azul de metileno, lo que indica un recuento microbiano normal (Deddefo et al., 2023). En contraste, un análisis en una finca de Managua, Nicaragua, clasificó la leche como tipo B al registrar una carga microbiana igual o inferior a 1.000.000 UFC/mL (Salazar et al., 2023), lo que evidencia la variabilidad de la calidad higiénica de la leche cruda entre distintos contextos productivos y refuerza la validez del resultado obtenido en Zhidmad.

El valor crioscópico obtenido (-0,539°C) fue comparado con el de la leche de cabra, que presentó -0,561°C, diferencia atribuida a factores genéticos,

alimenticios y geográficos (Torres et al., 2021). En una línea complementaria, Quitiaquez-Montenegro et al. (2021) subrayan que durante el periodo de lactancia los puntos crioscópicos varían entre $-0,530^{\circ}\text{C}$ y $-0,510^{\circ}\text{C}$, siendo consistentes con sus propios hallazgos de $-0,517^{\circ}\text{C}$ y $-0,527^{\circ}\text{C}$ en diferentes etapas de lactancia, lo que sitúa el resultado del presente estudio dentro de un rango de variación biológica plausible.

En cuanto a los sólidos totales, estudios en Nariño destacan la influencia de la selección genética en sus niveles, señalando la necesidad de optimización en razas con valores bajos (Kazeminia et al., 2023). Por su parte, Rocha et al. (2023) encontraron variaciones significativas según la raza bovina, con valores de 11,65% en la raza Jersey y 7,76% en la raza Holstein, siendo la Jersey la más cercana al rango ideal, lo que sugiere que la composición genética del hato ganadero de Zhidmad podría explicar en parte el valor obtenido en este estudio.

Los niveles de aerobios mesófilos y de células somáticas obtenidos se ubicaron muy por debajo de los límites máximos normativos, lo que evidencia un adecuado control microbiológico durante el ordeño y el manejo postcosecha de la leche. Este hallazgo es consistente con lo señalado por Liu et al. (2020), quienes advierten que la carga microbiana de la leche cruda constituye un reservorio relevante de genes de resistencia antimicrobiana cuando el control higiénico es deficiente, situación que no se evidenció en las muestras analizadas en el presente estudio. Los límites normativos empleados como referencia en el presente estudio resultan asimismo coherentes con los utilizados en estudios sobre calidad microbiológica de la leche cruda realizados en la República Checa (Bogdanovičová et al., 2016) y en Inglaterra (McLauchlin et al., 2020), los cuales documentan rangos de referencia similares para el recuento de aerobios mesófilos y de células somáticas en leche cruda.

En conjunto, los resultados físicoquímicos y microbiológicos discutidos confirman que la leche cruda producida en la parroquia Zhidmad cumple con los

estándares exigidos por la normativa técnica nacional y por los métodos internacionales de referencia, lo que respalda su idoneidad como materia prima para la elaboración de derivados lácteos de calidad, en línea con el objetivo planteado en este estudio.

5. Conclusiones

El análisis de la leche cruda producida en Zhidmad, Azuay, demostró que sus propiedades físicoquímicas (grasa, proteína, humedad y sólidos totales) y microbiológicas (aerobios mesófilos y células somáticas) cumplen con los estándares establecidos por la normativa técnica nacional (NTE INEN) y por la AOAC, confirmando la idoneidad de esta leche como materia prima para la elaboración de derivados lácteos como queso y yogur, en respuesta directa al objetivo planteado en este estudio.

El aporte novedoso de esta investigación radica en la generación de una línea base de datos físicoquímicos y microbiológicos específicos de la parroquia Zhidmad, una zona productora del Azuay para la cual no existían previamente registros sistematizados de esta naturaleza, lo que permite orientar de manera más precisa las decisiones productivas y regulatorias de los actores locales del sector lácteo.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra el tamaño muestral (30 muestras) y su circunscripción a un único mes de recolección (abril de 2024), lo que impide capturar la variabilidad estacional de las propiedades de la leche cruda a lo largo del año. Asimismo, el análisis microbiológico se limitó a indicadores generales (aerobios mesófilos y células somáticas), sin evaluar la presencia de patógenos específicos, lo que constituye una inconsistencia metodológica a considerar en futuras investigaciones.

Se recomienda realizar investigaciones futuras que evalúen el impacto de factores genéticos, alimenticios y estacionales en la calidad de la leche a lo largo de distintos periodos del año, así como estudios que analicen la viabilidad de esta leche en mercados internacionales. Asimismo, se sugiere fortalecer la

capacitación de los productores en el manejo higiénico del ganado y promover la inversión en tecnología para la conservación y el transporte de la leche, con miras a consolidar al Azuay como un referente nacional en la producción láctea de calidad.

6. Referencias

- Aldunce, P., Espinoza, A., Ramírez, R., & Samba, V. (2022). Análisis comparativo de la respuesta e índice glicémico, carga glicémica y saciedad de leche alta en proteínas y leche sin lactosa en sujetos sanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(1), 25–33. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000100025>
- Asaminew, T., & Eyassu, S. (2011). Microbial quality of raw cow's milk collected from farmers and dairy cooperatives in Bahir Dar Zuria and Mecha district, Ethiopia. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2(1), 29–33. <https://doi.org/10.5251/abjna.2011.2.1.29.33>
- Awol, K., Taye, M., & Kassa, B. (2023). Activation of lactoperoxidase system and its potential for microbial inhibition and preservation of milk in the Great African Rift Valley climate. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2247691. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2247691>
- Babege, K., Eshetu, M., & Kassa, F. (2020). Hygienic production practices and microbial quality of cow milk in Cheha district of Gurage Zone, Southern Ethiopia. *Open Journal of Animal Sciences*, 10(3), 592–607. <https://doi.org/10.4236/ojas.2020.103038>
- Bogdanovičová, K., Vyletlová-Klimešová, M., Babák, V., Kalhotka, L., Kolářková, I., & Karpíšková, R. (2016). Microbiological quality of raw milk in the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences*, 34(3), 189–196. <https://doi.org/10.17221/25/2016-CJFS>
- Campos-Vallejo, M., Puga-Torres, B., Núñez-Naranjo, L., De la Torre-Duque, D., Morales-Arciniega, S., & Vayas, E. (2017). Evaluation of the use of sodium thiocyanate and sodium percarbonate in the activation of the lactoperoxidase system in the conservation of raw milk without refrigeration in the Ecuadorian tropics. *Food and Nutrition Sciences*, 8(5), 526–534. <https://doi.org/10.4236/fns.2017.85036>
- Chávez, D. G. (2022). La adición de probióticos y prebióticos y su influencia en las propiedades del yogur griego. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 3(6), 54–68. <https://doi.org/10.56519/9e00bw21>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research Methods in Education* (8th Edition). Routledge.
- Coleman, M. E., Oscar, T. P., Negley, T. L., & Stephenson, M. M. (2023). Suppression of pathogens in properly refrigerated raw milk. *PLOS ONE*, 18(12), e0289249. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289249>
- Contero, R., Requelme, N., Cachipiendo, C., & Acurio, D. (2021). Calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 33(1), 31–43. <https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.03>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (4th edition). SAGE.
- Deddefo, A., Mamo, G., Asfaw, M., & Amenu, K. (2023). Factors affecting the microbiological quality and contamination of farm bulk milk by *Staphylococcus aureus* in dairy farms in Asella, Ethiopia. *BMC Microbiology*, 23, 65. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02746-0>
- Díaz-Rivera, P., Cuervo-Orsorio, V. D., Hernández-Salinas, G., Cabal-Prieto, A., Herrera-Corredor, J. A., Juárez-Barrientos, J. M., & Ramírez-Rivera, E. J. (2023). Efecto de la estacionalidad en la calidad microbiológica y fisicoquímica de leche de cabra producida en el centro de Veracruz, México. *Biocencia*, 25(1), 100–108. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v25i1.1651>
- Doyle, C. J., Gleeson, D., O'Toole, P. W., & Cotter, P. D. (2017). Impacts of seasonal housing and teat preparation on raw milk microbiota: A high-throughput sequencing study. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(2), 1–12. <https://doi.org/10.1128/AEM.02694-16>
- Fernández, E., Martínez, J. A., Martínez, V., Moreno, J. M., Collado, L. R., Hernández, M., & Morán, F. J. (2015). Documento de consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 92–101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>
- Garedew, L., Berhanu, A., Mengesha, D., & Tsegay, G. (2012). Identification of gram-negative bacteria from critical control points of raw and pasteurized cow milk consumed at Gondar town and its suburbs, Ethiopia. *BMC Public Health*, 12, 950. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-950>
- González-Rodríguez, L. G., Borrás Olivares, I., Ghazi, G., Lozano-Estevan, M. C., & Ortega, R. M. (2024). Alimentación para mantener una adecuada salud muscular y ósea. *Nutrición Hospitalaria*, 41(3), 12–15. <https://doi.org/10.20960/NH.05449>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial McGraw-Hill Education.
- Hunt, K., Drummond, N., Murphy, M., Butler, F., Buckley, J., & Jordan, K. (2012). A case of bovine raw milk contamination with *Listeria monocytogenes*. *Irish Veterinary Journal*, 65(1), 13. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-65-13>
- Kable, M. E., Srisengfa, Y., Laird, M., Zaragoza, J., McLeod, J., Heidenreich, J., & Marco, M. L. (2016). The core and seasonal microbiota of raw bovine milk in tanker trucks and the impact of transfer to a milk processing facility. *mBio*, 7(4), 1–

13. <https://doi.org/10.1128/mBio.00836-16>
Kazeminia, M., Mahmoudi, R., Mousavi, S., & Mehrabi, A. (2023). Raw cow milk quality: Physicochemical, microbiological, and seasonal variation. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 13(3), e10078.
<https://doi.org/10.55251/jmbfs.10078>
- Lemma, H. D., Mengistu, A., Kuma, T., & Kuma, B. (2018). Improving milk safety at farm-level in an intensive dairy production system: Relevance to smallholder dairy producers. *Food Quality and Safety*, 2(3), 135–143.
<https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy009>
- Liu, J., Zhu, Y., Jay-Russell, M., Lemay, D. G., & Mills, D. A. (2020). Reservoirs of antimicrobial resistance genes in retail raw milk. *Microbiome*, 8, 99.
<https://doi.org/10.1186/s40168-020-00861-6>
- McLauchlin, J., Aird, H., Elliott, A., Forester, E., Jorgensen, F., & Willis, C. (2020). Microbiological quality of raw drinking milk and unpasteurised dairy products: Results from England 2013–2019. *Epidemiology and Infection*, 148, e135.
<https://doi.org/10.1017/S0950268820001016>
- Nonga, H. E., Ngowi, H. A., Mdegela, R. H., Nyahinga, G. B., William, R., & Mwandini, M. M. (2015). Survey of physicochemical characteristics and microbial contamination in selected food locally vended in Morogoro Municipality, Tanzania. *BMC Research Notes*, 8, 727. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1716-5>
- Padilla, J., & Zambrano, J. C. (2021). Estructura, propiedades y genética de las caseínas de la leche: Una revisión. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 16(3), 62–95.
<https://doi.org/10.21615/cesmvz.5231>
- Petroche, D. J., Holguín, V. A., & Alarcón, A. I. (2023). Evaluación de la actividad microbiana, antioxidantes y péptidos en la maduración de quesos. *RECIMUNDO*, 7(2), 330–338.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(2\).jun.2023.330-338](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.330-338)
- Quitiaquez-Montenegro, D. A., Muñoz-Domínguez, L. C., & Jurado-Gámez, H. A. (2021). Valoración de calidad composicional, sanitaria y microbiológica de leche cruda en diferentes tercios de lactancia. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 147–157.
<https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1675>
- Rocha, V. G., Guedes, G. G., Dantas, J. V., de Oliveira, A. V. D., Gasparotto, P. H. G., Cavali, J., & Pontuschka, R. B. (2023). Physicochemical and microbiological quality of refrigerated raw bovine milk commercialized in Presidente Médici, Rondônia state, Western Amazon, Brazil. *Acta Veterinaria Brasilica*, 17(1), 53–61.
<https://doi.org/10.21708/avb.2023.17.1.11343>
- Rodiles-López, J. O., Ochoa, G. M., & Zamora, R. (2023). El queso y sus variedades. *Milenaria, Ciencia y Arte*, (21), 19–23.
<https://doi.org/10.35830/mcya.vi21.355>
- Salazar, M. N., Pichardo, C., & Blandón, E. J. (2023). Características físicoquímicas y microbiológicas de la leche de vaca producida en la finca Las Mercedes, Managua, Nicaragua. *La Calera*, 23(40), 77–83. Universidad Nacional Agraria (UNA).
- Salguero, A., De la Torre, D., & Puga-Torres, B. (2023). Calidad de leche cruda de pequeños productores de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, Ecuador, mediante análisis físicoquímicos y ensayos cualitativos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(1), e24611.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.24611>
- Torres, D. F., Torres, M. Z., Joya, C. A., & Castellanos, F. A. (2021). Características composicionales y calidad higiénica de leche de cabra de sistemas de producción de la provincia de García Rovira, Santander (Colombia). *Spei Domus*, 17(1), 1–14.
<https://doi.org/10.16925/2382-4247.2021.01.06>

Reseña Biográfica de los autores

Diana Estefanía Sánchez Cabrera | desanchez@sudamericano.edu.ec

Licenciada en Gastronomía y Servicio de Alimentación y Bebidas por la Universidad de Cuenca (UCUENCA), y Magíster en Alimentos por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Cuenta con experiencia en el ámbito educativo en Gastronomía y desarrolla investigación sobre productos alimenticios y materias primas locales desde un enfoque sustentable. Su trabajo se orienta a la búsqueda de soluciones que fomenten el desarrollo de las comunidades locales a través de la gastronomía, adaptándose a las tendencias alimenticias globales y a los desafíos cambiantes del campo culinario y la ingeniería de alimentos.

José Luis Bustamante Campoverde | jlbustamante@sudamericano.edu.ec

Licenciado en Gastronomía en Alimentos y Bebidas. Es Diplomado Superior en Artes Culinarias y Diplomado en Artes Pasteleras en Francia. Además, cuenta con una Maestría en Sumillería y Enomarketing y una Maestría en

Patrimonio Gastronómico y Culinario, ambas cursadas en España. Con una amplia trayectoria en el sector gastronómico, se desempeña como docente en la carrera de Gastronomía y trabaja como consultor gastronómico, asesorando proyectos culinarios y promoviendo la innovación en la industria. Su enfoque profesional combina la investigación, la docencia y la consultoría para impulsar el desarrollo gastronómico.

María Fernanda Padilla Palacios | mfpadilla@sudamericano.edu.ec

Licenciada en Gastronomía y Servicio de Alimentos y Bebidas por la Universidad de Cuenca (UCUENCA), y Magíster en Gastronomía con mención en Administración de Alimentos y Bebidas, también por la Universidad de Cuenca. Cuenta con 14 años de experiencia en la docencia gastronómica, impartiendo las asignaturas de Técnicas y Procesos de Cocina Básica, Geografía Gastronómica Ecuatoriana y Cocina Ecuatoriana. Coordina actividades relacionadas con la asignación y el seguimiento de las prácticas preprofesionales, y desarrolla proyectos de investigación con publicación de artículos científicos vinculados a la gastronomía tradicional del Ecuador.

Paola Estefanía Castro Criollo | pecastro@sudamericano.edu.ec

Es docente en la carrera de Tecnología Superior en Gastronomía, con formación en Ingeniería de Alimentos. Cuenta con más de 5 años de experiencia en el ámbito educativo y en la producción alimentaria, impartiendo conocimientos en áreas como manipulación de alimentos y conservación. Además de su labor educativa, posee experiencia en el sector de la producción, donde ha implementado procesos que garantizan la seguridad y la calidad de los alimentos, integrando conocimientos técnicos y prácticos en la formación profesional.

Ana Cristina Orquera Tello | acorquera@sudamericano.edu.ec

Es docente de la carrera de Tecnología Superior en Gastronomía, con formación en Ingeniería de Alimentos y una Maestría en TIC's para la Educación. Con una trayectoria de más de una década en el ámbito educativo y de la producción alimentaria, ha impartido conocimientos en educación superior en áreas tecnológicas como la manipulación de alimentos, legislación alimentaria, nutrición y conservación. Cuenta, además, con experiencia en el sector de la producción, donde se ha desempeñado en la implementación de procesos que garantizan la seguridad y la calidad de los alimentos.

Agradecimientos. Los autores expresan su agradecimiento al Instituto Superior Tecnológico Particular Sudamericano (ITS) por el respaldo institucional brindado para el desarrollo de esta investigación, así como a los ganaderos y productores de la parroquia Zhidmad, provincia del Azuay, quienes facilitaron el acceso a sus establos y a las muestras de leche cruda analizadas en este estudio.

Declaraciones de los autores

Contribución de los autores (Taxonomía CReDiT). Diana Estefanía Sánchez Cabrera, José Luis Bustamante Campoverde, María Fernanda Padilla Palacios, Paola Estefanía Castro Criollo y Ana Cristina Orquera Tello: conceptualización, la metodología, la investigación, la curación de datos, el análisis formal, la redacción del borrador original y la redacción, revisión y edición del manuscrito final.

Financiamiento. Esta investigación fue financiada por el Instituto Superior Tecnológico Particular Sudamericano (ITS), institución a la que se encuentran adscritas las autoras y el autor.

Conflicto de intereses. Las autoras y el autor declaran no tener ningún conflicto de interés real, potencial o percibido en relación con la investigación, autoría o publicación de este artículo.

Declaración de disponibilidad de datos. Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles bajo solicitud a la autora de correspondencia (desanchez@sudamericano.edu.ec).

Declaración de uso de Inteligencia Artificial. Se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa exclusivamente para mejorar la ortografía, la redacción y el cumplimiento de las normas de estilo APA, séptima edición; dichas herramientas no participaron en el diseño, la recolección, el análisis ni la interpretación de los datos de la investigación.

Aprobación ética y consentimiento informado. El estudio no implicó intervenciones experimentales ni procedimientos invasivos sobre los animales, dado que las muestras de leche cruda se obtuvieron durante el proceso habitual de ordeño llevado a cabo por los propios ganaderos de la parroquia Zhidmad, conforme a sus prácticas rutinarias de manejo descritas en la sección de Metodología. El acceso a los establos y la recolección de las muestras contaron con la autorización y el consentimiento de los productores participantes, tal como se reconoce en la sección de Agradecimientos. Al no involucrar intervenciones experimentales sobre los animales ni la participación de seres humanos como sujetos de investigación, el estudio no requirió la aprobación de un comité de ética institucional.