

# Caracterización de la calidad fisicoquímica y composicional de la leche de vaca comercializada en el municipio de Rionegro, Antioquia

*Evaluation of the Physicochemical and Compositional Quality of Cow's Milk Commercialized in Rionegro, Antioquia*

<https://doi.org/10.47286/10.47286/01211463.624>

**Mariana Cardona Betancur<sup>1</sup>**  
**Santiago Giraldo Gómez<sup>2</sup>**  
**Ana María Aristizábal Montoya<sup>3</sup>** 

**Cómo citar en APA:** Cardona Betancur, M., Giraldo Gómez, S., & Aristizábal, A. (2025). Caracterización de la calidad fisicoquímica y composicional de la leche de vaca comercializada en el municipio de Rionegro, Antioquia. *Revista Universidad Católica De Oriente*, 35(54), 90 - 103. <https://doi.org/10.47286/01211463.624>

Fecha de recepción: 29-08-2024 / Fecha de aceptación: 09-10-2024

1 Semillerista, estudiante de Nutrición y Dietética de la Universidad Católica de Oriente.

2 Nutricionista Dietista de la Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia.

3 Ingeniera de Alimentos. Magister en Innovación Alimentaria y Nutrición. Coordinadora del semillero Alimentación y Nutrición Humana (A&NH), docente de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Católica de Oriente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1055-0762>

**Dirección de correspondencia:** [aaaristizabal@uco.edu.co](mailto:aaaristizabal@uco.edu.co)

## Resumen

Este estudio se propuso caracterizar la calidad fisicoquímica y composicional de muestras de leche comercializadas en el municipio de Rionegro, Antioquia, con el fin de evaluar su conformidad con los estándares declarados y garantizar su inocuidad para el consumo humano. Se adquirieron 20 muestras de leche de vaca, incluyendo variedades cruda, pasteurizada y ultra alta temperatura UAT (UHT), las cuales fueron analizadas en el laboratorio de química de la Universidad Católica de Oriente. Se realizaron pruebas de plataforma, alcohol, ausencia de conservantes, adulterantes y neutralizantes, ausencia de antibióticos, el análisis fisicoquímico para establecer la porción de proteína, grasa, lactosa, agua añadida, sólidos no grasos, punto crioscópico y densidad de cada muestra mediante el uso del analizador de leche por ultrasonido Lactoscan, así como las pruebas de fosfatasa y peroxidasa para evaluar el tratamiento térmico de las leches. Se encontraron variaciones mínimas entre los valores declarados en el etiquetado y los contenidos reales de grasa, sólidos no grasos, sólidos totales, lactosa, sales y proteína en las muestras analizadas. Sin embargo, se detectó la presencia de fosfatasa en las leches crudas, y peroxidasa en algunas leches pasteurizadas, además del incumplimiento en algunos parámetros establecidos por el decreto 616 de 2006. Se destaca la importancia de mejorar los estándares de producción y etiquetado para asegurar la consistencia y calidad del producto final. Finalmente, estudio subraya la importancia de mantener estándares rigurosos en la producción y comercialización de leche para garantizar su seguridad y calidad.

### **Palabras clave**

Leche comercializada, Calidad de leche, Composición fisicoquímica, Control de calidad, Leche pasteurizada, Leche de vaca, Rionegro, Antioquia.

## Abstract

Cow's milk is an essential component of the human diet due to its high nutritional value and significant contribution to public well-being. However, the quality of milk can vary considerably depending on several factors, including production management and compliance with health and physicochemical regulations. This study aimed to characterize the physicochemical and compositional quality of milk samples sold in the municipality of Rionegro, Antioquia, in order to assess their compliance with declared standards and ensure their safety for human consumption. Twenty samples of cow's milk were collected, including raw, pasteurized, and ultra-high-temperature (UHT) varieties, which were analyzed in the chemistry laboratory of the Universidad Católica de Oriente. Platform tests were conducted to check for alcohol, absence of preservatives, adulterants, and neutralizers, absence of antibiotics, as well as physicochemical analysis to determine the levels of protein, fat, lactose, added water, non-fat solids, cryoscopic point, and density of each sample using the Lactoscan ultrasonic milk analyzer. Phosphatase and peroxidase tests were also performed to evaluate the thermal treatment of the milk. Minimal variations

were found between the values declared on the labels and the actual contents of fat, non-fat solids, total solids, lactose, salts, and protein in the analyzed samples. However, phosphatase was detected in raw milk, and peroxidase was found in some pasteurized milk samples, along with non-compliance in certain parameters established by Decree 616 of 2006, indicating potential deficiencies in pasteurization processes and quality control. The discrepancies observed in nutritional components align with previous studies, highlighting the importance of improving production and labeling standards to ensure consistency and quality of the final product. The presence of certain substances such as chlorides, neutralizers, and non-compliance with Colombian regulations suggests the need for stricter quality control and regulation measures. This study underscores the importance of maintaining rigorous standards in the production and marketing of milk to guarantee its safety and quality. The findings reinforce the need for continuous and improved monitoring throughout the milk supply chain, from production to the final consumer, to mitigate contamination risks and ensure a final product that meets consumer expectations and current health regulations.

### **Keywords**

Milk Quality, Physicochemical Composition, Quality Control, Pasteurized Milk, Cow's Milk, Rionegro, Antioquia.

## **Introducción**

La leche de vaca es un alimento fundamental cuya producción ha experimentado un avance notable en las últimas décadas debido al incremento en el consumo de lácteos y cambios en la alimentación de la población (Sánchez et al., 2020). Este aumento en la producción ha facilitado el acceso generalizado a productos lácteos, contribuyendo significativamente a la mejora del nivel de salud de la población.

El consumo de leche de vaca es esencial desde el punto de vista nutricional, ya que es un alimento completo y equilibrado y proporciona una alta densidad de nutrientes en relación con su contenido calórico. La leche contiene proteínas de alto valor biológico, esenciales para el crecimiento y la reparación de tejidos, siendo rica en caseínas, globulinas y albúminas que aportan los aminoácidos necesarios para las funciones corporales. Además, la fracción lipídica de la leche, compuesta principalmente por lípidos apolares y una pequeña fracción de lípidos polares, es una fuente importante de energía y necesaria para la absorción de vitaminas liposolubles como la A, D, E y K, que desempeñan roles cruciales en la salud visual, inmunológica, ósea y celular (Fernández et al., 2015).

La lactosa, el principal carbohidrato de la leche, no solo proporciona energía, sino que también facilita la absorción de calcio, un mineral clave en la formación y mantenimiento de huesos y dientes. La leche es una fuente rica en minerales como el fósforo, magnesio y potasio, que son fundamentales para la función muscular, el equilibrio electrolítico y la salud ósea. Además, su contenido en vitaminas del grupo B, como la B12 y la riboflavina (B2), apoya el metabolismo energético y el funcionamiento adecuado del sistema nervioso (Fernández et al., 2015).

Por su contenido de agua, cercano al 90 %, la leche también contribuye significativamente a la hidratación del cuerpo, lo que la convierte en una bebida nutritiva y refrescante. Los beneficios del consumo de leche van más allá de su aporte nutricional, ya que su ingesta regular se ha asociado con la prevención de enfermedades crónicas como las cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, la hipertensión y la osteoporosis. Además, en la infancia y adolescencia, el consumo de leche es vital para un crecimiento adecuado y la prevención de la obesidad infantil, al tiempo que en los adultos mayores ayuda a prevenir la pérdida de masa ósea y reduce el riesgo de fracturas (Fernández et al., 2015). Por lo tanto, su consumo es esencial en todas las etapas de la vida, desde la infancia hasta la tercera edad (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, 2024). Para mantener esta calidad nutricional, es crucial un manejo eficiente en la alimentación de los animales utilizando los recursos disponibles de manera óptima (Padilla et al., 2020).

En términos de composición, la leche de vaca contiene entre un 3 y 4 % de proteínas, siendo las más abundantes las caseínas (75 %), globulinas (11 %) y albúminas (5 %). La fracción lipídica (3-6 %) está compuesta mayoritariamente por lípidos apolares (>98 %) y una pequeña fracción de lípidos polares (<2 %). Además, la leche contiene cerca de un 4 % de carbohidratos (Aldana et al., 2020).

En Colombia, la regulación técnica para la leche se estableció mediante el Decreto 616, que especifica los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano (Decreto 616 de 2006), el cual prohibió la comercialización de leche cruda en el país para el consumo humano. Sin embargo, esta medida fue posteriormente derogada por el Decreto 1880, 2011. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural ha implementado un sistema de pago actualizado anualmente según la Resolución 000017, 2012 y sus modificaciones según el Ministerio de Agricultura. A pesar de las regulaciones, no todas las empresas cumplen con la normativa vigente, y la situación es especialmente preocupante en el sector informal. Aunque el Municipio de Rionegro realiza un monitoreo de las leches crudas a través de controles en tanques de acopio comunitario (Alcaldía de Rionegro, 2024), los pequeños productores que venden leche en mercados locales y tiendas de barrio no siempre son supervisados adecuadamente.

La leche de vaca es uno de los alimentos más completos para el ser humano debido a su contenido nutricional, incluyendo proteínas de alta calidad, calcio, vitaminas A y D, vitaminas del complejo B y fósforo, entre otros minerales esenciales en todas las etapas de la vida (Sánchez et al., 2020). Sin embargo, es un alimento altamente perecedero y un medio excelente para el crecimiento de microorganismos, lo que puede provocar deterioro del producto y enfermedades en los consumidores. Por tanto, debe cumplir con ciertas características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas para garantizar su calidad e inocuidad (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, 2024).

En Colombia, el acopio es un eslabón crítico en la cadena de producción de leche, con el 60 % de la producción nacional ingresando al canal formal. Sin embargo, el 30 % de la leche se acopia de manera informal, lo que implica condiciones sanitarias inadecuadas y un riesgo significativo para la salud pública (Conpes 3376 de 2005). La situación actual refleja poca mejora, según asociaciones como Asoleche y Fedegan, la informalidad del sector afecta el cumplimiento de los lineamientos del Ministerio de Agricultura y los requisitos establecidos por el Decreto

616, comprometiendo la calidad y seguridad del producto para los consumidores por lo que son necesarias las pruebas de plataforma buscan detectar adulterantes en la leche (alcalinos, cloruros, peróxidos, entre otros) (Cimpa, 2024).

En este contexto, esta investigación tiene como objetivo general comparar la calidad fisicoquímica y composicional de las leches de vaca comercializadas en el municipio de Rionegro. Los objetivos específicos son analizar el rotulado y etiquetado de las leches consumidas en el municipio de Rionegro respecto al cumplimiento de los requisitos normativos establecidos en el decreto 616 de 2006 y caracterizar fisicoquímica y composicionalmente las leches comercializadas en el municipio de Rionegro. El desarrollo de este proyecto permitirá informar a los consumidores de leche y a los productores sobre la calidad de la leche para garantizar su inocuidad para el consumo humano, ya que es un alimento básico en la alimentación diaria.

## **Metodología**

Se adquirieron 20 muestras de leche de vaca del mercado local de Rionegro, Antioquia, incluyendo variedades crudas, entera pasteurizada y entera ultra alta temperatura UAT (UHT), las cuales fueron tomadas de manera aleatoria de tiendas, almacenes de cadena y minimercados, previa a la identificación de los productos comercializados en el municipio, durante el primer semestre del año 2024.

Las muestras fueron transportadas hasta la Universidad Católica de Oriente y analizadas en el laboratorio de química. Las leches se clasificaron en tres grupos principales: grupo A para leche cruda codificada desde A1 hasta A4, grupo B para identificar la leche entera pasteurizada con rótulos de B1 a B4. Y el grupo C con la leche entera ultra alta temperatura UAT (UHT), codificadas desde C1 hasta C13.

El protocolo para la evaluación de las muestras se construyó de acuerdo a las pruebas y parámetros requeridos por el Decreto 616 de 2006. Para las pruebas de plataforma se emplearon kits de reactivos comerciales adquiridos con el proveedor Cimpa SAS, las cuales incluyeron la detección de fosfatasa, peroxidasa, presencia de almidones, compuestos alcalinos, cloruros, neutralizantes y peróxido. Para el análisis se tomaron muestras de cada una de las leches y se realizaron las pruebas de plataforma de acuerdo con los instructivos del proveedor (Cimpa SAS). Estas están relacionadas a continuación en la tabla 1.

**Tabla 1.** Procedimiento e interpretación de resultados pruebas de plataforma

Prueba	Procedimiento	Resultado positivo	Resultado negativo
Detección de fosfatasa alcalina	Adicione 50 gotas del reactivo FosfaMilk en un tubo seco, incube en baño de maría a 37°C por 3 min, adicione 1ml de leche, incube nuevamente en baño de maría a 37 °C por 60 min y observe la coloración.	Amarillo intenso, indica presencia de fosfatasa alcalina	Amarillo tenue, indica destrucción de la enzima por calentamiento a más de 60 °C
Detección de peroxidasa alcalina	Mida 2 ml de leche, deposite en un tubo de ensayo, adicione 10 gotas del reactivo peroxasa 1 (no homogenice), 5 gotas del reactivo peroxasa 2 y observe la coloración.	Anillo color salmón, indica presencia de peroxidasa	Incoloro, indica destrucción de la enzima por calentamiento a más de 78 °C
Detección de almidones	Mida 2 ml de leche, deposite en un tubo de ensayo, caliente hasta casi punto de ebullición y enfríe inmediatamente, adicione 3 gotas del reactivo StarchMilk y observe la coloración.	Color azul a morado	Color amarillo pálido a blanco leche
Detección de alcalinos	Mida 2 ml de leche, deposite en un tubo de ensayo, caliente hasta punto de ebullición, adicione 3 gotas del reactivo AlcaMilk 1, homogenice, adicione 3 gotas del reactivo AlcaMilk 2 y observe la coloración.	Color rosado fuerte	Incoloro
Detección de cloruros	Adicione 50 gotas del reactivo ClorMilk 1 en un tubo de ensayo, adicione 2 gotas de ClorMilk 2, homogenice, adicione 1 ml de leche y observe la coloración.	Color amarillo canario, indica > 2.3 ppm de cloruros	Color rojo ladrillo, indica < 2.3 ppm de cloruros
Detección de neutralizantes	Mida con una pipeta graduada 2 ml de leche, deposítelos en un tubo de ensayo. Adicione 30 gotas del reactivo NeutraMilk sin agitar. Observe la coloración.	Color rojo carmesí.	Color naranja.

**Nota.** Elaboración propia.

Para el análisis fisicoquímico de las leches, se empleó el analizador de leche por ultrasonido *Lactoscan*, al cual se le suministró una muestra de aproximadamente 10 mL de cada una de las leches. Después de 70 segundos de espera, el equipo arrojó los resultados del contenido de proteína, grasa, lactosa, agua añadida, sólidos no grasos, punto crioscópico y densidad de cada leche analizada, los datos fueron registrados en la base de datos de acuerdo con el código de la muestra analizada.

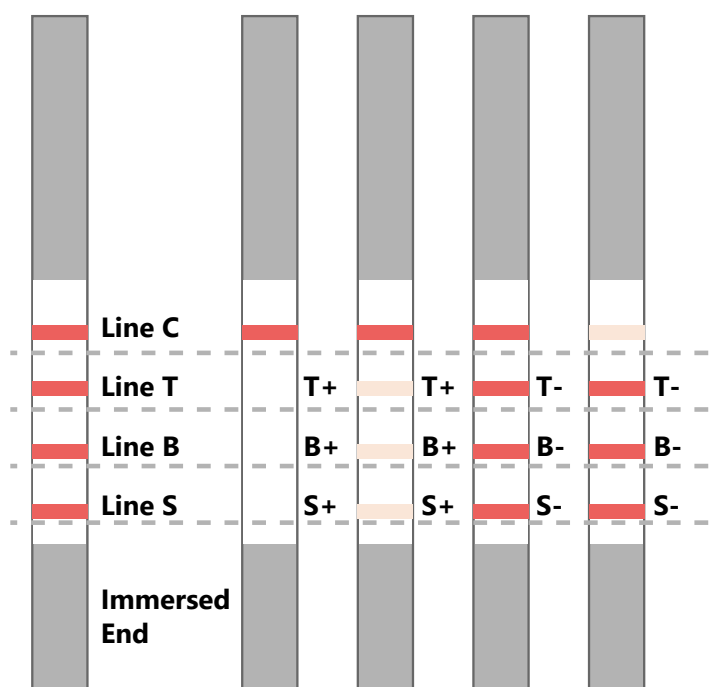
Se realizaron pruebas de alcohol, acidez titulable y ausencia de antibióticos en las muestras de leche cruda. La prueba de alcohol evaluó la estabilidad térmica de la leche. Para ello, se colocaron 2 mL de leche en un tubo de ensayo limpio y seco, se añadieron 2 mL de alcohol al 68 %, se agitó la mezcla y se observó. La ausencia de grumos indicó que la leche cumplía con los estándares de calidad.

Para la determinación de la acidez titulable, se tomaron 9 mL de leche cruda y se depositaron en una cápsula de porcelana, a los cuales se agregaron 3 gotas de fenolftaleína, posteriormente se realiza la titulación con NaOH 0.1 N, dispuesto en el acidómetro con adición dosificada por gotas; se agitó la muestra hasta observar la aparición de un color rosado perdurable por 30 segundos. Se procedió a leer en el acidómetro los grados Dornic (°D) marcados del NaOH hasta

la aparición del color rosado, y el reporte de la acidez se convirtió a porcentaje de ácido láctico (1° D equivale a 0.0; 1% de ácido láctico) como lo solicita la normativa vigente.

En la prueba para determinar la ausencia de antibióticos se llevaron las muestras de prueba a temperatura ambiente (20-25 °C). Se mezcló 200 µl de muestra de leche con el reactivo en los tubos de ensayo; luego se temporizó durante 3-5 minutos y pasado este tiempo se insertó la tira de prueba en el tubo de ensayo. En la figura 1 se ven las líneas que aparecen en la tira de la siguiente manera: línea de control (C), línea de tetraciclina (T), línea de beta-lactámicos (B) y línea de sulfonamidas (S). La presencia de las líneas y su intensidad en comparación con la línea de control (C) determina los resultados positivos (T+, B+, S+) y negativos (T-, B-, S-) para cada antibiótico. Un resultado negativo se determinó por la aparición de la línea correspondiente más oscura que la línea de control, mientras que un resultado positivo se determinó por la ausencia o una línea más clara que la línea de control. La línea de control fue un indicador de calidad y siempre debía aparecer.

**Figura 1.** Interpretación de resultados en las tiras de prueba para antibióticos en leche



**Nota.** Elaboración propia.

Para las muestras de leche que comercialmente cuentan con tratamientos térmicos de pasteurización y ultra alta temperatura UAT (UHT), se compararon los resultados de composición para macronutrientes con la información nutricional declarada en los empaques mediante la tabla nutricional del producto.

Los datos obtenidos fueron analizados descriptivamente utilizando el software Jamovi® y se presentan a continuación.

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados del análisis de tres tipos de leche: entera cruda (A), entera pasteurizada (B) y entera ultra alta temperatura UAT (UHT) (C), para muestras analizadas con temperatura promedio de  $17.5 \pm 2.5$  °C.

### **Rotulado vs. etiquetado**

Los resultados obtenidos en el analizador de leche para las muestras de leche entera pasteurizada y leche entera ultra alta temperatura UAT (UHT) mostraron diferencias entre los valores declarados en la tabla nutricional y el contenido promedio de la muestra evaluada de la siguiente manera: 0.23 % en grasa, 0.23 % en sólidos no grasos, 0.282 % en sólidos totales, 0.38 % en lactosa, 0.145 % en sales y 0.101 % en proteína.

### **Pruebas de plataforma**

En las pruebas de fosfatasa, solo las leches crudas A1 y A2 resultaron positivas, mientras que, en la prueba de peroxidasa, además de A1 y A2, también resultaron positivas las pasteurizadas B1 y B4. Ninguna leche dio positivo en las pruebas de almidón y alcalinos. La prueba de cloruros fue positiva en varias muestras de cada tipo de leche (A2, B1, B2, B4, B5, C1, C3, C4, C5, C7, C10, C11 y C12); de igual manera, la prueba de neutralizante dio positiva en todas las muestras excepto A1, A2 y B1. Todas las leches resultaron negativas en la prueba de peróxido.

### **Pruebas de alcohol y acidez titulable**

En cuanto a las pruebas específicas para leches crudas, todas las muestras resultaron negativas para antibióticos y alcohol, asimismo mostraron un valor de acidez de 0.17. Estos resultados sugieren una variabilidad menor en los componentes nutricionales, aunque revelan la necesidad de mejorar los controles de calidad para evitar la presencia de ciertos compuestos como cloruros y neutralizantes. En general, la ausencia de antibióticos y alcohol en las leches crudas es un indicador positivo, destacando la importancia de mantener estándares estrictos para asegurar la calidad y seguridad del producto final.

### **Fisicoquímicos y composicionales**

Del Decreto 616 de 2006 se establecen los parámetros que debe cumplir la leche entera comercializada en Colombia. El contenido mínimo de grasa es del 3.0 % para leches enteras, independientemente de que sea cruda o tenga un tratamiento térmico. El extracto seco total mínimo es de 11.30 % para la leche cruda y pasteurizada, y de 11.20 % para la leche UHT. El extracto seco desengrasado mínimo es de 8.30 % para la leche cruda y pasteurizada, y de 8.20 % para la leche UHT. El análisis de fosfatasa y peroxidasa no aplica para leches crudas. Con respecto a la peroxidasa, esta debe ser positiva para la leche pasteurizada y negativa para la leche UHT. La fosfatasa debe ser negativa tanto para la leche pasteurizada como para la leche UHT. La densidad a 15/15° C para la leche cruda y pasteurizada debe estar en un rango de 1.030 a 1.033, mientras que para la leche ultra alta temperatura UAT (UHT) el rango es de 1.0295 y 1.0330. Finalmente, el contenido mínimo de proteína es del 2.9 % para todas las variedades de leche.

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos del analizador de leche respecto al contenido fisicoquímico de las muestras analizadas, donde G es el porcentaje de grasa, D la densidad g/mL, SNG el porcentaje sólidos no grasos, ST el porcentaje de sólidos totales (ST), P el porcentaje de proteína y AG el porcentaje de adición de agua en la leche.

**Tabla 2.** Resultados parámetros bromatológicos y fisicoquímicos

LECHE	G	D	SNG	ST	P	AG
A1	2,1	1,033	8,805	10,9	3,4	0
A2	3,2	1,032	8,55	11,745	3,315	0
B1	3,2	1,0288	7,96	11,16	3,085	1,145
B2	3,3	1,0291	8,025	11,32	3,11	0,48
B3	3,5	1,0268	7,415	10,925	2,88	7,88
B4	3,3	1,0295	8,13	11,47	3,155	0
C1	3,4	1,0279	7,98	11,18	3,09	0,96
C2	3,2	1,0286	8,105	11,3	3,14	0
C3	3,4	1,0283	8,08	11,435	3,135	0
C4	3,3	1,0279	8,04	11,355	3,12	0
C5	3,4	1,0277	7,88	11,315	3,06	1,92
C6	3,3	1,0281	7,98	11,27	3,09	0,76
C7	1,9	1,0286	8,07	9,96	3,12	1,92
C8	3,2	1,0291	8,255	11,45	3,2	0
C9	3,4	1,0283	8,05	11,48	3,125	0
C10	3,4	1,0289	8,195	11,54	3,18	0

LECHE	G	D	SNG	ST	P	AG
C11	3,7	1,0273	7,795	11,445	3,03	2,595
C12	3,4	1,0280	7,99	11,345	3,1	0,57
C13	3,2	1,0285	8,1	11,33	3,14	0

**Nota.** Elaboración propia.

Las muestras de leche cruda mostraron una notable variabilidad en los resultados. La muestra A1 presentó un 2.1 % de grasa y una densidad de 1.3273 g/ml, lo que no cumple con los estándares requeridos; sin embargo, tuvo un 8.805 % de SNG y un 10.9 % de ST, cumpliendo solo con los SNG. Por otro lado, la muestra A2, con un 3.2 % de grasa y una densidad de 1.3177 g/ml, cumplió con los estándares de grasa y ST, pero no con los de densidad y SNG, presentando un 8.55 % de SNG. Las dos muestras cumplen con el porcentaje de proteína y no tienen adición de agua, lo que significa que cumplen.

Las muestras de leche pasteurizada también mostraron resultados mixtos. Todas las muestras cumplen con el porcentaje de grasa, pero ninguna cumple con los parámetros de densidad ni de sólidos no grasos (SNG). En cuanto a sólidos totales (ST), solo las muestras B2 y B4 cumplen con los estándares. Todas cumplen con el porcentaje de proteína; sin embargo, solo la muestra B4 no presenta adición de agua, mientras que las demás (B1, B2 y B3) no cumplen debido a esta adición (tabla 3).

Por otra parte, las muestras de leche ultra alta temperatura mostraron una mayor consistencia en los resultados. Todas cumplen con el porcentaje de grasa, excepto la C7. En cuanto a la densidad, ninguna muestra cumple con los estándares establecidos. Solo las muestras C8 y C10 cumplen con los sólidos no grasos (SNG), mientras que en sólidos totales (ST) cumplen todas, excepto las muestras C1 y C7. Finalmente, todas cumplen con el porcentaje de proteína; sin embargo, las muestras C1, C5, C6, C7, C11 y C12 contienen adición de agua, lo que las descalifica del cumplimiento total de los parámetros de calidad.

## Discusión

El análisis de las tres variedades de leche - entera cruda (A), entera pasteurizada (B) y entera ultra alta temperatura (C) revela diferencias significativas entre lo declarado en el etiquetado y los contenidos reales de ciertos componentes, así como variaciones en los resultados de diversas pruebas de plataforma y el incumplimiento del decreto 616 de 2006. A continuación, se compararán estos resultados con los hallazgos previos de otros estudios para proporcionar un contexto más amplio y respaldar las conclusiones.

En primer lugar, la variabilidad promedio en los componentes nutricionales (grasa, sólidos no grasos, sólidos totales, lactosa, sales y proteína) es consistente con estudios previos que también encontraron discrepancias entre los valores declarados y los contenidos reales en productos lácteos, además del incumplimiento de la norma debido a la no conformidad de uno o más componentes de la leche. Por ejemplo, Rizo Plascencia et al. (2021), en un estudio realizado en

México, reportaron diferencias significativas en los contenidos declarados contra los etiquetados, lo que sugiere que los procesos de control de calidad en las empresas dedicadas a la venta de leche entera pasteurizada no son los correctos. Estas variaciones pueden deberse a factores como diferencias en los métodos de procesamiento, almacenamiento o prácticas de etiquetado.

Además, los resultados de los componentes nutricionales mencionados anteriormente en las muestras nos revelan que la norma colombiana no se está cumpliendo, pues algunas presentan adición de agua y no cumplen con el perfil fisicoquímico y nutricional requerido para garantizar su calidad, esto podría deberse a un intento por minimizar costos de producción y mejorar la rentabilidad del producto o a la falta de estándares de control de calidad adecuados. Esto podría generar importantes implicaciones nutricionales para los consumidores de leches que no cumplen con las normativas de calidad. La alteración en su contenido nutricional afectaría tanto la cantidad como la calidad de sus macronutrientes, vitaminas y minerales, lo que podría conducir a deficiencias nutricionales. Estas deficiencias, a su vez, podrían derivar en problemas de salud como alteraciones óseas y digestivas, así como afectaciones en el crecimiento y desarrollo en los grupos y poblaciones más vulnerables, como niños y adultos mayores.

En las pruebas de plataforma, el resultado positivo de la fosfatasa en las leches crudas (A1 y A2) y negativo en las pasteurizadas y ultra alta temperatura es consistente con el decreto 616 – 2016 al igual que lo escrito por la Universidad de Murcia, de España. Esta entidad realiza una recopilación de los principales procedimientos a tener en cuenta en el control de calidad de la leche donde también se narra que la presencia de fosfatasa es un indicador fiable de pasteurización adecuada. Sin embargo, la no presencia de peroxidasa en algunas leches pasteurizadas (B2 y B3) puede generar preocupaciones, ya que podría indicar que la leche no conservaría sus características microbiológicas originales.

El resultado negativo en las pruebas de almidón y alcalinos es un resultado favorable, el cual indica que no hubo adulteración con estos compuestos. Esto coincide con los hallazgos de Noa-Pérez et al. (2019), quien también encontró baja incidencia de adulteración con almidón en leches comerciales en México. No obstante, la detección de cloruros en numerosas muestras de cada tipo de leche sugiere una práctica para restablecer algunos parámetros fisicoquímicos y enmascarar la adición de agua, posiblemente para mejorar el sabor o la conservación (Calderón-Rangel et al., 2013). Dicha adición de agua disminuye su contenido nutricional, ya que, al diluirse, reduce la cantidad de vitaminas y macronutrientes presentes. Además, el Decreto 616 de 2006 prohíbe esta práctica, considerándola como adulteración de la leche.

Si la prueba de cloruros es positiva, se sospecha de anomalías como mastitis, adición de soluciones preparadas u otras alteraciones (Quitiaquez Montenegro et al., 2021). Estas irregularidades pueden modificar tanto las características sensoriales como el valor nutricional de la leche. En Colombia, la normativa prohíbe la adición de cualquier tipo de sustancia a la leche, lo que refuerza la importancia de estas pruebas para garantizar la calidad del producto.

El resultado positivo en la prueba de neutralizantes en todas las leches (excepto en A1, A2 y B1) es un aspecto preocupante. La adición de neutralizantes puede indicar un intento de corregir la acidez y mejorar la estabilidad del producto, pero también podría reflejar problemas iniciales

de calidad o fresca en la leche. Este hallazgo sugiere la necesidad de revisar y fortalecer los controles de calidad y los procesos de producción, como también concluyeron en Calderón-Rangel et al. (2013) en su estudio sobre la calidad de la leche realizando en Córdoba Colombia.

Las pruebas de peróxido resultaron negativas en todas las muestras, lo cual es favorable ya que indica que no se ha utilizado conservante no permitido o adicionado con fines de neutralización de la leche. En cuanto a las leches crudas, la ausencia de antibióticos y el resultado negativo en la prueba de alcohol es un indicativo favorable de que no se utilizaron tratamientos indebidos en los animales y que las muestras son estables térmicamente. El valor de acidez de 0.17 en las leches crudas está dentro del rango aceptable, indicando fresca y calidad adecuada del producto. Estos resultados son coherentes con el Decreto 1880 de 2011, el cual establece que la leche para consumo humano debe ser libres de inhibidores o antibióticos.

Es fundamental el rol del nutricionista dietista al evaluar y caracterizar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las leches que se comercializan, no solo en el municipio de Rionegro, sino también a nivel nacional. Como futuros profesionales de la nutrición, tenemos la responsabilidad de garantizar que los productos ofrecidos a los consumidores sean seguros, adecuados para su uso y posean un valor nutricional óptimo. Es esencial implementar un enfoque integral que incluya la realización de capacitaciones y la educación tanto a los consumidores como a las empresas productoras. Esto permitirá concientizar sobre la importancia de consumir y producir alimentos de alta calidad, favoreciendo la salud pública y promoviendo prácticas responsables en la industria alimentaria.

## **Conclusiones**

Los resultados del estudio indican que las leches industrializadas son sometidas a procesos de estandarización que permiten ajustar los parámetros a los establecidos por la normativa vigente, las variaciones entre los valores declarados y los resultados del análisis se encuentran dentro del rango normal debida la naturaleza del producto.

La detección de ciertos compuestos como son los neutralizantes en las pruebas de plataforma sugiere la necesidad de mejorar los controles de calidad y realizar monitoreos constantes a las leches del mercado, como una medida para asegurar que las leches cumplan con los estándares declarados y mantengan la seguridad y calidad requerida por los consumidores.

La ausencia de antibióticos y el resultado negativo en la prueba de alcohol en las dos muestras de leche cruda es un aspecto positivo, subrayando la importancia de prácticas rigurosas en la producción y procesamiento. No obstante, es necesario analizar una muestra más grande para determinar si estos resultados pueden generalizarse al sector informal de la producción de leche.

El nutricionista dietista juega un rol esencial en garantizar la calidad y seguridad nutricional de los productos lácteos. Es necesario educar tanto a los consumidores como a las empresas productoras sobre la importancia de ofrecer alimentos seguros y con un adecuado valor nutricional, promoviendo así una mejor salud pública.

## Recomendaciones

Se recomienda que investigaciones futuras se enfoquen en aspectos como realizar seguimientos a largo plazo para evaluar la estabilidad de la calidad fisicoquímica y composicional de las leches, incluyendo posibles cambios estacionales y variaciones en las prácticas de producción. Además, se sugiere ampliar los análisis microbiológicos para evaluar la presencia de microorganismos patógenos y la eficacia de los métodos de procesamiento de la leche. Sería relevante también investigar las percepciones y preferencias de los consumidores respecto a la calidad y seguridad de la leche, así como su conocimiento sobre los estándares y normativas aplicables.

Se propone analizar el impacto económico de la informalidad en el sector lácteo y proponer estrategias para mejorar el cumplimiento de las regulaciones existentes, asegurando la calidad e inocuidad de los productos lácteos para los consumidores.

Además, es fundamental considerar la necesidad de ampliar los recursos destinados a la investigación. Esto permitirá no solo mejorar la replicabilidad de los datos obtenidos, sino también realizar un análisis más exhaustivo y robusto de diversos aspectos relacionados con la calidad y seguridad de los productos lácteos.

## Agradecimiento

Este estudio fue posible gracias al financiamiento proporcionado por el Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Católica de Oriente (UCO), a través del semillero de Investigación A&NH (Alimentación y Nutrición Humana) en la convocatoria de menor cuantía. Este apoyo fue fundamental para llevar a cabo la compra de reactivos e insumos necesarios, la recolección de datos, análisis de muestras y construcción de este artículo.

## Referencias

- Alcaldía de Rionegro. (2024). Monitoreo de leche. Alcaldía de Rionegro. <https://rionegro.gov.co/publicaciones/526/monitoreo-de-leche/>
- Aldana, L. P., García, I. I., Restrepo, L. M., Mora-Delgado, J., & Fandiño, C. (2020). *Características composicionales químicas de la leche cruda en predios del cañón de Anaime, Tolima. Investigaciones Andina*, 40(22), 1–9.
- Asoleche (2023). *Asociación colombiana de procesadores de la leche*. <https://www.asoleche.org/>
- Calderón - Rangel, A., Rodríguez, V. C., & Martínez- H., N. (2013). Determinación de adulterantes en leches crudas acopiadas en procesadoras de quesos en Montería (Córdoba). *Orinoquia*, 17(2), 202-206. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89630980006>
- Cimpa (2024). *Pruebas de plataforma de leche*. Recuperado el 30 de julio de 2024, de [https://www.cimpa.com.co/catalogo/pruebas\\_de\\_plataforma\\_de\\_leche\\_control-de-calidad\\_leches\\_saborizadas/](https://www.cimpa.com.co/catalogo/pruebas_de_plataforma_de_leche_control-de-calidad_leches_saborizadas/)
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2005). *Política sanitaria y de inocuidad para las cadenas de la carne bovina y de la leche (CONPES 3376)*. Departamento Nacional de Planeación.

- Decreto 616 de 2006. Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte en el país. Ministerio de protección social.
- Fedegan (2023). *Federación colombiana de ganaderos*. <https://www.fedegan.org.co>
- Fernández, E. F., Hernández, J. A. M., Suárez, V. M., Villares, J. M. M., Yurrita, L. R. C., Cabria, M. H., & Rey, F. J. M. (2015). Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutricion Hospitalaria*, 31(1), 92–101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2012). *Resolución 000017 de 2012. Por el cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al proveedor*. 1–18.
- Ministerio de salud y 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*.
- Noa- Pérez, M., Landeros-Ramírez, P., Gómez-Cruz, Z., González-Aguilar, D. G., Real.
- Navarro, M., Medina-Lerena, M. S., & Reynoso Orozco, R. (2020). Incidencia de adulterantes en leches cruda y pasteurizada en el estado de jalisco, México. *E-cucba*, (12), 15–28. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.v0i12.133>
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2024a). *Calidad y evaluación*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/quality-and-testing/es#:~:text=La%20leche%20cruda%20de%20buena,una%20composici%C3%B3n%20y%20acidez%20normales>.
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (2024b). *Composición de la leche*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/es>
- Padilla, D. G., Dávila, F. P., Alcarraz, R. R., Curi, M. F., Morán, J. V., Carrillo, S. G., Lozano, V. H., & Bravo, C. G. (2020). Effect of the supplementation of multi-nutritional blocks with agro-industrial byproducts on the production and quality of milk of criollo cows at grazing in San Martín, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 31(4). <https://doi.org/10.15381/RIVIP.V31I4.19029>
- Periago, M.-J. (2024). Higiene, inspección y control de calidad de la leche. Universidad de Murcia. <https://www.um.es/documents/4874468/10812050/tema-2.pdf/8e36eac7-23f1-45ed-b671-df6c03c4d467>
- 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. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 147–157. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1675>
- Rizo Plascencia, J. Á., Villagrán de la Mora, Z., García de Alba Verduzco, J. E., Ramírez Hernández, B. C., Alvarado Loza, E., Méndez Robles, M. D., Iñiguez Muñoz, L. E., & Anaya Esparza, L. M. (2021). Evaluación de la composición físico-química y etiquetado nutrimental de leche entera pasteurizada comercial y su cumplimiento con la normatividad oficial mexicana. *E-CUCBA*, 8(16), 60–69. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi16.203>
- Sánchez, M. A., Murray, R. S., Montero, J., Marchini, M., Iglesias, R., & Saad, G. (2020). Importancia de la leche y sus potenciales efectos en la salud humana. *Actualización en Nutrición*, 21(2), 1–15.