

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA LECHE BOVINA EN COLOMBIA, UNA MIRADA HACIA LA PRODUCTIVIDAD NACIONAL.

PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF BOVINE MILK IN COLOMBIA, A LOOK AT NATIONAL PRODUCTIVITY.

Álvaro Andrés Romero

¹ Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Zootecnia, Área Ciencias Agropecuarias y Tecnología de los Alimentos, Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia. ORCID <https://orcid.org/0009-0009-3694-8657>

* Autor de correspondencia:

Álvaro Andrés Romero Pineda, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Zootecnia, aandresromero@ucundinamarca.edu.co, Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia. Teléfono 3208029993, Correo electrónico andres010pineda@gmail.com.

Resumen

Esta investigación busco evaluar las propiedades físicas y químicas de la leche bovina en Colombia y su impacto en la producción del país, donde la producción de leche alcanzo 7.712 millones de litros anuales en 2024, solo el 44-47% se acopian formalmente lo que persiste en un reto significativo relacionado con la variabilidad y la calidad del producto lo que afecta la competitividad en mercados exigentes o de exportación.

Este artículo de revisión presento una síntesis de los principales parámetros fisicoquímicos y sus promedios nacionales, como la grasa (3,64%), proteína (3,05%) la lactosa (4,3%) y solidos totales (12,18%) también como se relaciona con factores genéticos, la alimentación, el manejo sanitario y las condiciones ambientales. Se analizaron muestras provenientes de diferentes regiones destacando que departamentos como Putumayo, la Guajira, Quindío y Nariño reportaron composiciones superiores al promedio nacional, mientras que zonas con mayor informalidad presentaron leche con problemas de adulteración, acidez elevada y menor densidad.

Del mismo modo se revisaron las normas existentes (decreto 616 de 2006 y la resolución 0006 de 2019), se habló de las técnicas empleadas de lactoscan SP, y el impacto de la gestión higiénico-sanitaria en la inocuidad del producto. Se discutió la importancia de genes como DGAT1, SCD1 y los de las caseínas, por su papel en la síntesis de grasas y proteínas lácteas. También se destacó el efecto de sistemas sostenibles como los silvopastoriles y la suplementación con grasas vegetales o ensilaje de naranja en la mejora de la calidad composicional.

Los resultados indicaron que la variabilidad en la composición de la leche colombiana estuvo determinada por factores genéticos, prácticas de manejo, estado fisiológico de los animales, clima, y tipo de alimentación. Finalmente, se concluyó que la adopción de tecnologías analíticas modernas, el fortalecimiento de la capacitación técnica y la formulación de políticas públicas son acciones clave para garantizar una leche de alta calidad, mejorar la trazabilidad e incrementar las exportaciones, que actualmente representan solo el 19% de la producción total.

Palabras clave: Análisis fisicoquímico, calidad de la leche, Productividad láctea, Competitividad internacional, tecnología de análisis.

Abstract

This research sought to evaluate the physical and chemical properties of bovine milk in Colombia and their impact on production. Milk production is projected to reach 7.712 billion liters annually in 2024. Only 44-47% of this milk is formally collected, which remains a significant challenge related to product variability and quality, which affects competitiveness in demanding or export markets.

This review article presents a summary of the main physicochemical parameters and their national averages, such as fat (3.64%), protein (3.05%), lactose (4.3%), and total solids (12.18%), as well as their relationship to genetic factors, nutrition, sanitary management, and environmental conditions. Samples from different regions were analyzed, highlighting that departments such as Putumayo, La Guajira, Quindío, and Nariño reported compositions higher than the national average, while areas with greater informality presented milk with problems of adulteration, high acidity, and lower density. Likewise, existing regulations (Decree 616 of 2006 and Resolution 0006 of 2019) were reviewed, the lactoscan SP techniques used, and the impact of hygienic and sanitary management on product safety were discussed. The importance of genes such as DGAT1, SCD1, and casein genes was discussed, due to their role in the synthesis of milk fats and proteins. The impact of sustainable systems such as silvopastoral systems and supplementation with vegetable fats or orange silage on improving compositional quality was also highlighted.

The results indicated that the variability in the composition of Colombian milk was determined by genetic factors, management practices, animal physiological status, climate, and feed type. Finally, it was concluded that the adoption of modern analytical technologies, strengthening technical training, and developing public policies are key actions to ensure high-quality milk, improve traceability, and increase exports, which currently represent only 19% of total production.

Keywords: Physicochemical analysis, Milk quality, Dairy productivity, International competitiveness, Analytical technologies.

INTRODUCCIÓN

El análisis fisicoquímico de la leche bovina es un pilar fundamental en la evaluación de la calidad de este producto, no solo para el consumo humano, sino también para la producción de derivados lácteos. En Colombia, la industria lechera desempeña un papel crucial tanto en la economía rural como en la seguridad alimentaria nacional. A pesar de la relevancia del sector, se enfrenta a desafíos significativos debido a la variabilidad en la calidad de la leche producida, lo cual afecta la competitividad de los productos colombianos en el mercado global. (Baez Sora, 2021)

Este estudio tuvo como objetivo examinar los principales parámetros fisicoquímicos de la leche bovina en Colombia, tales como el contenido de grasa, proteínas, lactosa, ph, densidad y analizar cómo estos factores impactan en la productividad nacional. Además, se identificaron los factores que influyen en la composición de la leche, como la genética del ganado, las prácticas de manejo, la alimentación y las condiciones ambientales. Estos aspectos, combinados con una infraestructura inadecuada y el limitado acceso a tecnologías modernas de análisis restringen las posibilidades de mejora en la calidad y por ende en la competitividad del sector lechero colombiano.

El documento abordó también la importancia de implementar tecnologías avanzadas de análisis fisicoquímico y estandarizar los métodos de medición, con el fin de garantizar una leche de calidad superior que cumpla con los estándares internacionales. Por ende, se propuso fortalecer la capacitación de los pequeños productores y promover políticas públicas que fomenten la adopción de tecnologías y buenas prácticas ganaderas. Solo a través de estas estrategias será posible mejorar la calidad de la leche, aumentar la productividad y en última instancia, posicionar a Colombia como un actor competitivo en el mercado global de lácteo.

METODO

Este artículo corresponde a una revisión narrativa de la literatura científica, cuyo objetivo fue examinar los principales parámetros fisicoquímicos de la leche bovina producida en Colombia, así como los factores que inciden en su variabilidad y su impacto en la productividad nacional. La búsqueda de información se desarrolló utilizando bases de datos académicas como Scopus, PubMed, ScienceDirect, Scielo, Redalyc, Dialnet, además de documentos técnicos de organismos oficiales como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, ICA, INVIMA, FAO y Fedegán.

Los criterios de inclusión se enfocaron en estudios científicos, revisiones, informes técnicos y normativas publicadas entre 2015 y 2025, que abordaran aspectos relacionados con la composición fisicoquímica de la leche, genética bovina, manejo nutricional, sanidad, normatividad nacional y tecnologías de análisis aplicadas en la industria láctea. Se priorizó la literatura con aplicación directa al contexto colombiano, sin excluir estudios internacionales que aportaran elementos comparativos relevantes.

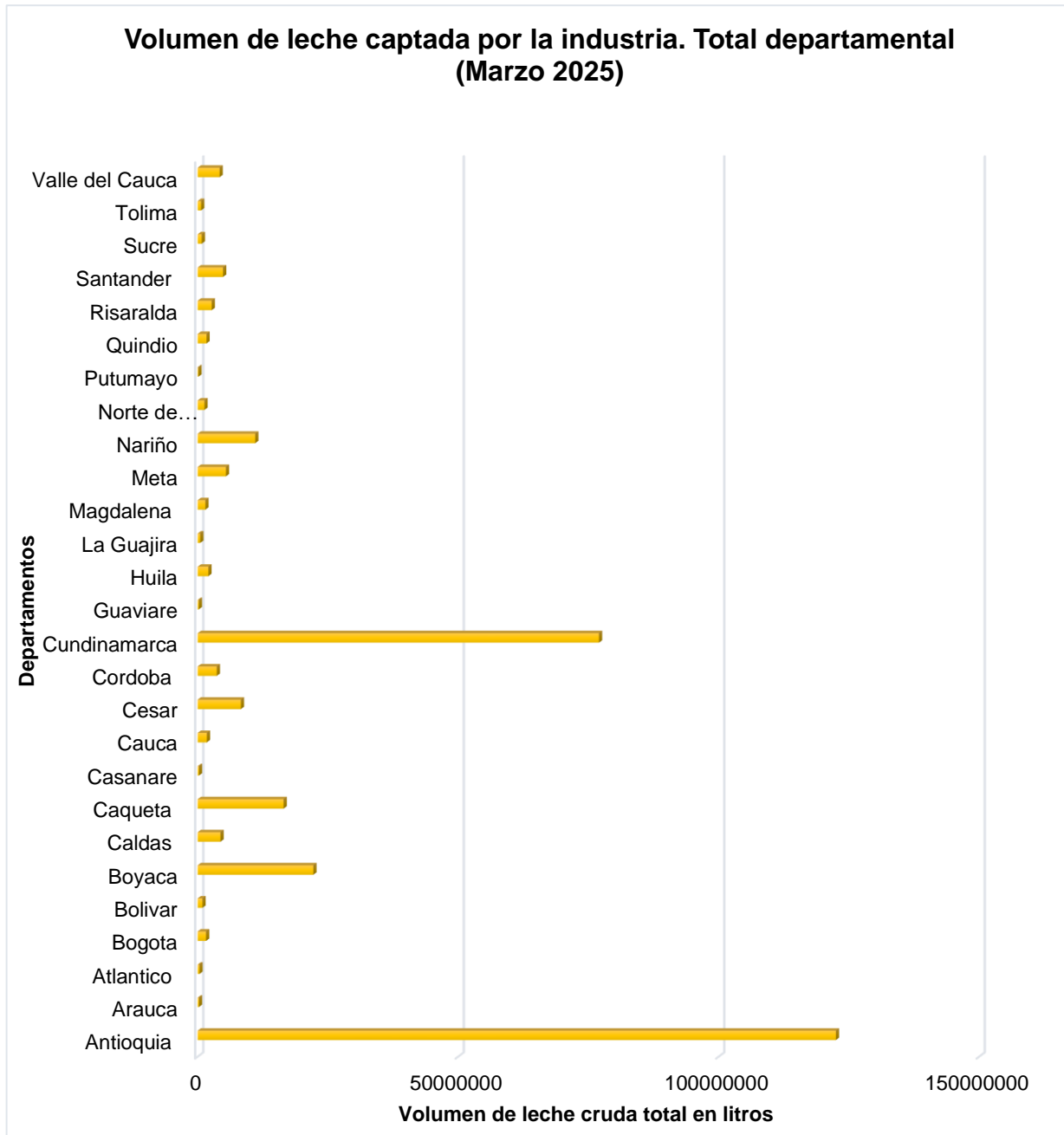
La información recolectada fue organizada y analizada temáticamente, agrupando los contenidos en categorías clave como: composición química y variabilidad, influencia de la genética, alimentación, prácticas sanitarias, normatividad vigente y propuestas de mejora. Este enfoque permitió construir una visión integral de los factores que determinan la calidad fisicoquímica de la leche bovina en Colombia y su relación con la competitividad del sector lácteo a nivel nacional e internacional.

ESTADO DEL ARTE

Productividad en Colombia

Distintos autores coinciden en que la producción total de leche en Colombia es alta, con cifras que rondan los 7.000 millones de litros anuales, destacando departamentos como Antioquia, Cundinamarca y Boyacá, que concentran aproximadamente el 65% total nacional (Fedegan, 2025). Sin embargo, solo entre el 44% y 47% de esta producción es acopiada formalmente y lo confirman diferentes autores como (Ministerio de Agricultura, 2025) y (Asoleche, 2024), lo que limita la estandarización de calidad y el acceso a mercados más exigentes. Las regiones con más formalidad en el acopio presentan o mantienen mejores parámetros fisicoquímicos de la leche, mientras que zonas como la sur del país con mayor informalidad presentan problemas de adulteración, baja densidad y alta acidez (Calderón-Rangel, et al., 2019). Factores como la falta de infraestructura adecuada para almacenamiento y transporte, junto con prácticas sanitarias deficientes, contribuyen a esta situación afectando la calidad final y la competitividad del sector lácteo colombiano. (Agronegocios, 2023).

Gráfica 1. Volumen de leche captada por la industria



Adaptado de: (Ministerio de Agricultura, 2025)

La gráfica 1 revela una marcada disparidad en la producción láctea entre las diferentes regiones de Colombia. Es evidente que Cundinamarca emerge como el principal departamento captador, con un volumen significativamente superior en comparación con el resto del país. Aunque otros departamentos como Antioquia, Nariño, Boyacá y Caquetá también presentan volúmenes relevantes, la concentración productiva en Cundinamarca subraya su rol preponderante en el

abastecimiento de la leche cruda a la industria, lo que tiene implicaciones directas para la logística, la infraestructura de procesamiento y las dinámicas del mercado lácteo nacional.

Tabla 1. Promedio Ponderado de la calidad composicional % a nivel departamental y nacional (marzo 2025)

DEPARTAMENTO	PROTEINA%	GRASA%	SOLIDOS TOTALES %
Antioquia	3,03	3,617	12,101
Arauca	3,081	3,391	12,004
Atlántico	3,025	3,918	12,481
Bogotá	3,09	3,603	12,185
Bolívar	3,09	3,603	12,367
Boyacá	3	3,681	11,96
Caldas	3,03	3,736	12,21
Caquetá	3,003	3,495	12,185
Casanare	2,877	2,977	11,421
Cauca	3,024	3,647	12,248
Cesar	3,073	3,798	12,495
Córdoba	3,039	3,568	11,979
Cundinamarca	3,016	3,703	12,005
Guaviare	3	3	nd
Huila	3,006	3,66	12,259
La Guajira	3,004	3,945	12,732
Magdalena	3,247	3,792	12,5
Meta	3,008	3,49	11,651
Nariño	3,021	3,891	12,305
Norte de Santander	3,007	3,601	11,894
Putumayo	3,369	4	12,742
Quindío	3,104	4,003	12,481
Risaralda	3,003	3,965	12,372
Santander	3,012	3,588	12,106
Sucre	3,043	3,455	11,87
Tolima	3,063	3,467	12,09
Valle del Cauca	3,065	3,86	12,237
Nacional	3,046	3,646	12,187

Adaptado de: (Ministerio de Agricultura, 2025)

La evaluación de la calidad fisicoquímica de la leche bovina en Colombia revela marcadas diferencias entre regiones, determinadas por factores como el sistema de producción, las condiciones agroecológicas, el estado fisiológico de los animales, el manejo nutricional y sanitario en los hatos. En el municipio de Soraca (Boyacá) (Gonzalez Torres, et al., 2016) evaluaron 35 fincas productoras de leche, reportando valores promedio de grasa (3,27%) proteína (2,89%)

lactosa (4,36%) y sales minerales (0,64%) datos que, si bien cumplen con los mínimos establecidos en el decreto 616 de 2006, reflejan una ausencia de manejo nutricional adecuado por parte de los productores. En Sucre (Martinez M & Gomez S, 2017) analizaron 179 muestras de leche cruda en dos temporadas climáticas, encontrando una mayor acidez y alcoholimetría en época seca, pero una buena calidad composicional estándar, con valores estables de grasa, proteína y sólidos totales, aunque acompañados de deficiencias microbiológicas significativas que ponen en riesgo la inocuidad del producto. Un estudio complementario (Romero P, et al., 2018) en las subregiones de la sabana, San Jorge y Golfo del Morrosquillo (también en Sucre) demostró que, aunque los parámetros fisicoquímicos como densidad (≥ 1.030), grasa ($\geq 3,0$ %), proteína ($\geq 2,9$ %) y sólidos totales ($\geq 11,3$ %) estaban dentro de los márgenes normativos, el conteo bacteriano (UFC > 600.000) y de células somáticas (CS > 500.000) superaba los límites establecidos, comprometiendo la calidad sanitaria del producto.

En el departamento de Putumayo, (Florez Delgado, et al., 2024) analizaron 854 muestras de leche cruda en cuatro municipios con sistemas de producción doble propósito, y concluyeron que los parámetros de proteína, lactosa y sólidos totales cumplían con la norma técnica colombiana 399, sin embargo, el porcentaje de grasa fue deficiente en dos de los municipios evaluados, lo cual evidencio una variabilidad regional atribuible a diferencias en alimentación y manejo. En el Meta (Guevara Torres, et al., 2015) aplicaron métodos no convencionales para medir variables fisicoquímicas como densidad, grasa, pH y acidez en leche de sistemas doble propósito, demostrando la viabilidad de técnicas alternativas en regiones con limitaciones tecnológicas, aunque señalaron baja confiabilidad en la alcoometría para medir acidez. En Nariño, (Astaiza-Martínez, et al., 2015) destacaron que la altitud y los pastos de clima frío contribuyen a una mejor calidad composicional, especialmente en el contenido de sólidos totales y grasa, lo que resalta la influencia del entorno agroecológico sobre la composición de la leche.

Complementando el análisis regional, varios estudios enfocaron su atención en variables asociadas al estado fisiológico del animal, la rutina de ordeño y el tipo de sistema productivo. En el hato experimental de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (Norte de Santander), (Rincón Atuesta, et al., 2018) demostraron que las vacas en primer parto mostraron mejor calidad composicional: Proteína (3,215 %), caseína (2,567 %), lactosa (4,347 %), densidad (1,0313 g/mL), SNG (8,55 %) y sólidos totales (12,39 %), datos que superan ampliamente los mínimos exigidos por el decreto 1880 de 2011 y confirman la influencia del estado fisiológico sobre la calidad de la leche. En Nobsa e Iza (Boyacá) (Malpica Cruz & Moreno Figueredo, 2018)

encontraron valores medios de proteína de 2,96 % y grasa entre 3,1 % y 3,5 %, destacando que estos resultados están fuertemente influenciados por la implementación de buenas prácticas ganaderas y rutinas de ordeño adecuadas, lo cual redunda en una leche más segura y de mayor valor nutricional. Por su parte (Navarrete Fernandez, 2019) llevó a cabo un estudio nacional con más de 4.000 muestras provenientes de 15 departamentos, encontrando una correlación inversa entre el recuento de células somáticas y la calidad composicional, siendo los sistemas especializados 46 % más eficientes que los de doble propósito en producción de leche por animal. El 90 % de las muestras estaban libres de residuos de antibióticos, lo cual es un indicador positivo, pero persistían problemas de mastitis en sistemas con ordeño manual, especialmente en zonas de trópico bajo. En Antioquia, un estudio sobre la caracterización de la calidad en el municipio de Rionegro confirmó que los valores de grasa y proteína se ajustaban a la normativa nacional, pero se detectaron fluctuaciones estacionales, posiblemente asociadas a cambios en la alimentación y manejo del ganado. Estos resultados confirman que, más allá de la región, el éxito en la obtención de leche de alta calidad fisicoquímica depende de una adecuada combinación de genética, nutrición, manejo sanitario, tecnología y control de procesos desde el ordeño hasta la conservación del producto.

Ilustración 1. Departamentos con mayor calidad composicional



Adaptado de: (Contexto ganadero, 2024)

Varios estudios coinciden en que la calidad de la leche en regiones como Atlántico, la Guajira, Cesar, Bolívar, Magdalena, Sucre, Quindío, Cauca, Valle del Cauca y Nariño no solo depende de factores ambientales, sino que está directamente relacionada con la genética del ganado y los sistemas de producción adoptados. Según (Contexto ganadero, 2024) la utilización de razas adaptadas al trópico, como el BON (Blanco orejinegro) y la Frankeston, favorece una mayor concentración de sólidos en la leche, factor clave para calificarla como de alta calidad.

Estos hallazgos son respaldados por (Cajas-Giron, et al., 2015) quienes argumentan que las razas criollas y sus cruces con razas europeas (como Holstein), resultan en animales con mayor eficiencia biológica bajo condiciones tropicales, lo que se traduce en leche de mejor composición sin comprender la adaptabilidad ni el bienestar del animal. Por otra parte (The Food Tech, 2024) resalta que los sistemas silvopastoriles y la ganadería de precisión también inciden significativamente en la calidad de la leche. En comparación con modelos de pastoreo convencional, estas prácticas sostenibles no solo mejoran el bienestar animal, sino que incrementan la eficiencia productiva y reducen la variabilidad en la composición láctea. Este enfoque es particularmente en departamentos como Quindío y Nariño, donde se ha reportado un uso eficiente de tecnologías de precisión y certificaciones en buenas prácticas ganaderas (BPG), según (Cerón-Muñoz, et al., 2015) la convergencia de estos estudios sugiere que los departamentos con mejor calidad láctea han logrado integrar genética adaptada, manejo sostenible y avances tecnológicos, creando condiciones propicias tanto para el bienestar del animal como para una producción láctea de alto valor nutritivo e higiénico.

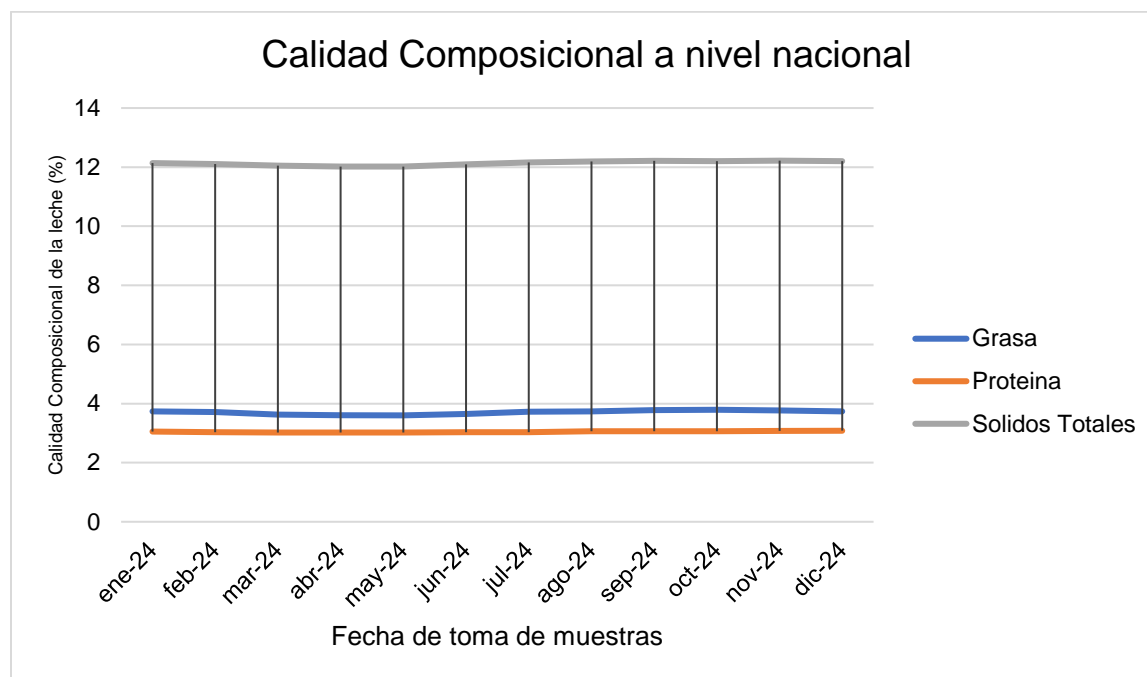
Factores que Afectan la Calidad de la Leche

La calidad de la leche en la especie bovina está influenciada por una serie de factores que incluyen las condiciones sanitarias de la producción, la alimentación, la genética, el manejo durante el ordeño y las condiciones ambientales. Diversos estudios han identificado estos factores como determinantes clave en la variabilidad de la composición de la leche.

En un estudio realizado por (Rodríguez Rodríguez, et al., 2015), sobre la calidad de la leche en Córdoba, Colombia, encontraron que los factores climáticos, especialmente la precipitación, tienen un impacto directo en la composición fisicoquímica de la leche. En períodos de máxima precipitación, se observó un aumento en el contenido de grasa y sólidos totales, lo que podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de pastos frescos. Durante la mínima precipitación, la disminución de la calidad de la leche podría estar asociada con una reducción

en la calidad del forraje disponible y el estrés nutricional de los animales. Este estudio destaca cómo el clima actúa como un factor determinante en la variabilidad de la leche cruda, lo que refleja una fuerte relación entre la dieta animal y la calidad fisicoquímica de la leche.

Gráfica 2. Calidad Composicional a nivel nacional



Adaptado de: (Ministerio de Agricultura, 2025)

En la gráfica 2, adaptada de los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, se observa una imagen significativa de la calidad composicional de la leche bovina a nivel nacional en Colombia durante el año 2024, revelando una notable estabilidad en los principales parámetros fisicoquímicos. Los sólidos totales se mantienen alrededor del 12% a lo largo del año. De manera similar, los niveles de grasa en la leche presentaron este comportamiento, notándose una fluctuación de 3.60% a 3.79% presentando un promedio del 3.7%. La proteína, esencial para la nutrición y las propiedades de procesamiento, mantiene una tendencia constante de alrededor del 3%, ya que presentó datos que variaron entre 3.02% y 3.07%. Está marcada homogeneidad a lo largo del año es un indicador fundamental del buen desempeño del sector lechero, sugiriendo que, a pesar de las variaciones climáticas o de manejo propias de los sistemas productivos, la calidad de la materia prima es buena. En el contexto del análisis fisicoquímico resulta fundamental para la productividad nacional, al asegurar un mayor rendimiento en la

transformación, un mejor precio al productor, un excelente valor nutricional y una mayor estabilidad industrial.

Composición Química de la Leche Bovina y su Variabilidad

La leche bovina es una mezcla compleja de agua, grasas, proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas. Estos componentes no son constantes y pueden variar debido a diversas causas. Esta variabilidad tiene implicaciones directas en la calidad y el uso que se le pueda dar a la leche en la industria (FAO, 2022).

Grasa en la Leche: La grasa es un componente esencial de la leche bovina, tanto desde el punto de vista nutricional como industrial, ya que influye en la textura, el sabor y la estabilidad de los productos lácteos. Su composición incluye triglicéridos, ácidos grasos libres, fosfolípidos y colesterol, y su contenido puede variar entre un 3% y un 6%, dependiendo de factores como la raza del ganado, la alimentación y las condiciones de manejo. Razas como la Holstein suelen producir leche con menor contenido graso en comparación con la Jersey, que presenta una mayor concentración, lo que la hace más adecuada para la elaboración de productos como quesos maduros y mantequilla. La dieta es un factor determinante en la composición y calidad de la grasa láctea; forrajes con alto contenido de fibra favorecen una mejor proporción de ácidos grasos beneficiosos, mientras que dietas ricas en concentrados pueden aumentar la cantidad de grasa total, lo que es ventajoso para la producción de ciertos derivados. Además, la grasa láctea es un elemento clave en la funcionalidad de los productos procesados, ya que su distribución y estructura afectan la cremosidad, la estabilidad y el rendimiento industrial. Un mayor contenido de grasa mejora la calidad sensorial y la eficiencia en la fabricación de mantequilla y quesos, pero en procesos como la producción de leche en polvo o yogur, es necesario un control preciso para evitar problemas en la textura y la estabilidad del producto final (García, et al., 2021).

Proteínas y su Relación con la Calidad de la Leche: Las proteínas de la leche, especialmente la caseína, son fundamentales tanto para la nutrición humana como para la producción de derivados lácteos. Las proteínas lácteas se dividen principalmente en dos grupos: la caseína (Representa aproximadamente el 80% de las proteínas totales) y las proteínas del suero, como la lactoglobulina y la lactoalbúmina (Sanchez Vega & Sepulveda Ahumada , 2021) y Según (Mejía Lopez , et al., 2020), el contenido de proteínas de la leche influye directamente en el proceso de fabricación de productos lácteos como el queso. Una mayor concentración de proteínas mejora la capacidad de cuajado de la leche, un factor crucial en la producción de queso. El contenido

proteico también está vinculado con el valor nutricional de la leche, siendo vital para la formación muscular y la reparación de tejidos en los seres humanos.

La cantidad de proteínas en la leche también puede variar según factores como la raza del ganado, su estado fisiológico (por ejemplo, si está en lactancia o gestación) y su dieta. La alimentación de calidad, especialmente la suplementación con aminoácidos esenciales es crucial para aumentar la eficiencia en la síntesis de proteínas lácteas (Padilla Doval & Zambrano Arteaga, 2021).

Tabla 2. características de la Leche Cruda

Parámetro/Unidad	Leche cruda	
	Min.	Max.
Grasa % m/v mínimo	3.00	
Extracto seco total % m/m mínimo	11.30	
Extracto seco desengrasado % m/m mínimo	8.30	
	Min.	Max.
Densidad 15/15°C g/ml	1.030	1.033
índice Lactométrico	8.40	
Acidez expresada como ácido láctico %m/v	0.13	0.17
índice °C	-0.530	-0.510
Crioscópico °H	-0.550	-0.530

Fuente: Ministerio de la protección social⁸

En la tabla 2 se puede evidenciar las características fisicoquímicas que debe cumplir la leche cruda para consumo o procesamiento de acuerdo con lo establecido por el decreto 616 del 2006 donde se puede ver los valores mínimos y máximos aceptables para asegurar la calidad e inocuidad del producto .

Lactosa y su Influencia en la Calidad de la Leche: Según (Bello Gonzalez, 2015), la lactosa es el principal azúcar presente en la leche y constituye una fuente primaria de energía para el ser humano. Aunque no afecta tanto el sabor de la leche, su presencia influye en la textura de productos lácteos como el yogur y los helados, donde la fermentación de la lactosa ayuda a formar la textura cremosa característica. El contenido de lactosa en la leche es bastante estable, pero puede verse afectado por la salud del ganado. En situaciones de estrés o enfermedades, el contenido de lactosa en la leche puede disminuir. Además, los productos derivados de la leche,

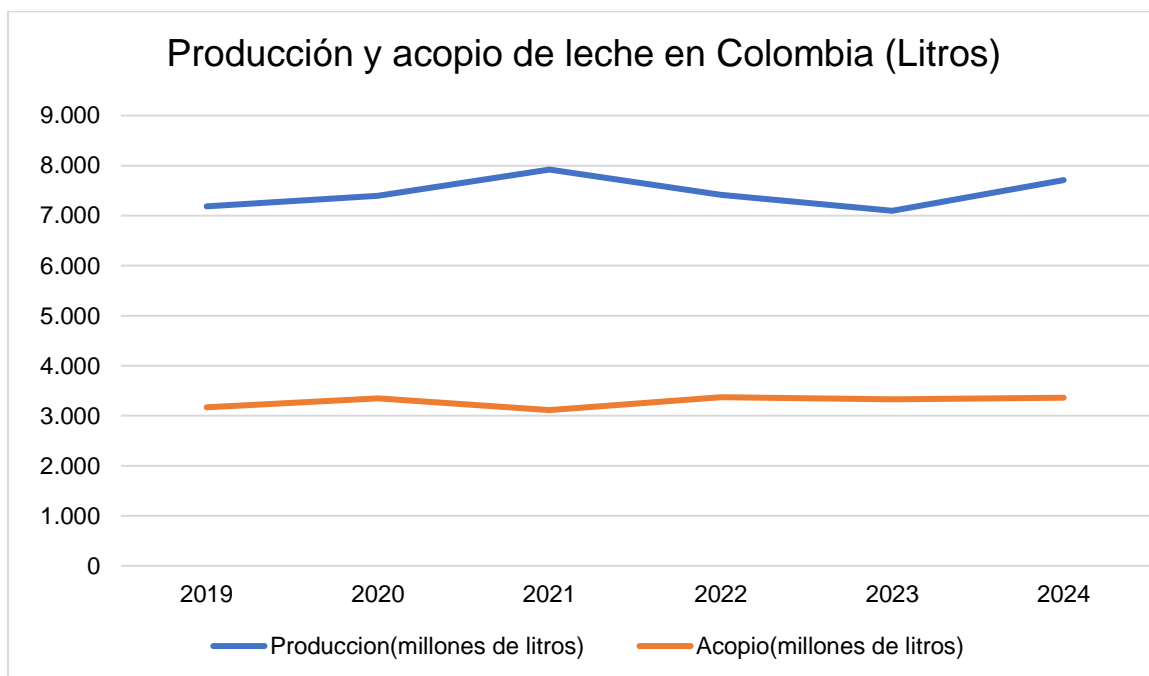
como el queso, tienen niveles reducidos de lactosa debido a que gran parte de esta se elimina durante el proceso de cuajado y separación del suero.

La variabilidad en el contenido de lactosa también tiene implicaciones para las personas que padecen intolerancia a la lactosa. En la actualidad, muchos productos lácteos están diseñados para ser bajos en lactosa o completamente libres de ella (Moreno Aznar, et al., 2019).

1. **Relación Producción y exportación de leche y sus derivados en Colombia**

La producción y exportación de leche y sus derivados en Colombia ha mostrado avances significativos en los últimos años, impulsados por mejoras en la tecnificación del sector y la apertura a mercados internacionales. Diversos estudios científicos destacan el potencial del país para consolidarse como un exportador competitivo, aunque persisten retos en términos de calidad, infraestructura y cumplimiento de estándares internacionales. (Agronegocios, 2023)

Gráfica 3. Producción y acopio de leche en Colombia



Adaptado de: (Fedegan, 2025)

La grafica 3 muestra la evolución de la producción y el acopio de leche en Colombia entre 2019 y 2024. Para el año 2024, la producción total alcanzo aproximadamente 7.712 millones de litros, mientras que el acopio formal se situó en 3.200 millones de litros. Esta diferencia evidencia que

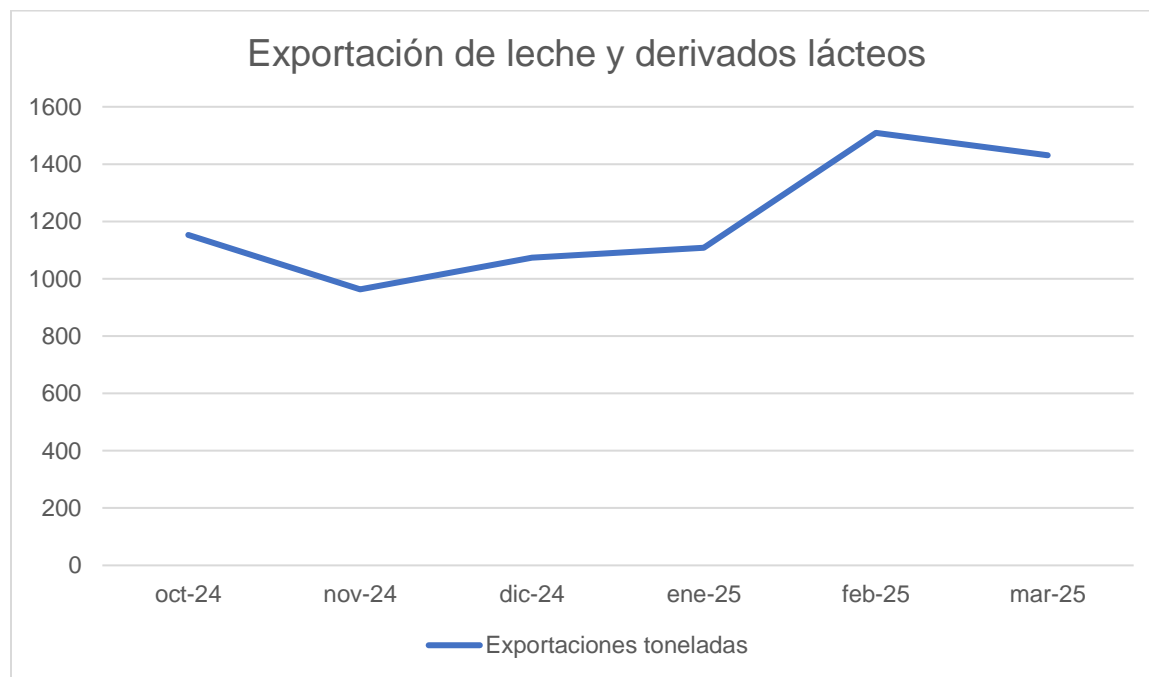
cerca del 58% de la leche producida en el país no entra al sistema formal, lo que constituye un reto crítico para el sector.

El comportamiento observado en la serie temporal refleja una producción relativamente estable, con un pico en 2021 y una leve recuperación en 2024 tras la caída de 2022 y 2023. En contraste el acopio formal ha mostrado menor variabilidad, manteniéndose cercano a los 3.000 millones de litros en todo el periodo, esto tiene implicaciones directas en la capacidad del país para garantizar la trazabilidad, inocuidad y calidad sanitaria del producto lácteo.

Exportación de leche y derivados

La exportación de leche y sus derivados en Colombia ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsadas por mejoras en la calidad sanitaria, acuerdos comerciales y una mayor tecnificación del sector. Según datos del observatorio colombiano de la industria láctea (OCILAC, 2024), en el primer semestre de 2024, Colombia exportó 5.084 toneladas de leche en polvo, representando un aumento del 7,7% respecto al año anterior, sin embargo, estos estudios académicos señalan que persisten desafíos estructurales que limitan la competitividad internacional del país.

Gráfica 4. Exportación de leche y derivados lácteos



Adaptado de: (Fedegan, 2025)

La Gráfica 4 ilustra la evolución reciente de las exportaciones de leche y derivados lácteos en Colombia entre octubre de 2024 y marzo de 2025. Se observa una tendencia de crecimiento sostenido, con un incremento marcado entre enero y febrero de 2025, donde las exportaciones alcanzaron su punto más alto con 1.509 toneladas. Aunque marzo muestra una leve disminución, el volumen sigue siendo superior al de los meses anteriores.

A pesar de esta dinámica positiva, las exportaciones aún representan una proporción limitada del total de la producción nacional (alrededor del 19%). Esta baja participación puede atribuirse a varias barreras estructurales. Una de las principales es que gran parte de la leche producida en Colombia no cumple con los estándares sanitarios y de calidad exigidos por los mercados internacionales, como la carga microbiana aceptable, niveles específicos de residuos de antibióticos, y trazabilidad garantizada desde el origen.

Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos de la Leche Cruda

El análisis de los parámetros físicoquímicos de la leche cruda es fundamental para garantizar su calidad. Según los estudios revisados, los parámetros más importantes incluyen el contenido de grasa, proteína, lactosa, acidez y sólidos totales. Además, el recuento de células somáticas (RCS) y la carga bacteriana son esenciales para evaluar la salud de las ubres y la calidad microbiológica de la leche.

Según lo encontrado por (Rodríguez Rodríguez, et al., 2015), en las muestras de leche cruda en Córdoba, Colombia, los niveles de acidez, grasa y sólidos totales fueron adecuados, con un contenido promedio de grasa de aproximadamente el 3,5%, proteína de 3,2% y sólidos totales de 12,2%. Estos valores cumplen con los estándares establecidos por la legislación colombiana para leche cruda. Sin embargo, el recuento de células somáticas fue un indicador de que algunas vacas presentaban mastitis subclínica, lo que afecta la calidad de la leche debido a la liberación de enzimas proteolíticas que descomponen las proteínas y las grasas de la leche. Por otro lado, (Pineda E. , 2023), en su análisis sobre el lactosuero ácido en Colombia, subraya que el contenido de sólidos totales y proteína en la leche cruda es un indicador clave de la calidad. Este estudio observó que los valores de grasa en la leche variaban entre 3,0% y 3,5%, mientras que los sólidos no grasos fueron generalmente superiores al 8%, lo que indica una buena calidad de la leche. Sin embargo, la presencia de contaminantes microbiológicos, incluidos coliformes y levaduras, sugiere que en algunas zonas de producción la higiene durante el ordeño y almacenamiento no es adecuada, lo que compromete la calidad final de la leche.

Según (Vanegas & Martínez, 2015), uno de los propósitos más significativos del análisis fisicoquímico es garantizar la calidad de la leche para su comercialización. A través de parámetros específicos como el contenido de grasa, proteínas, lactosa, sólidos totales, pH y densidad, se pueden obtener indicios acerca de la frescura de la leche, su aptitud para ser transformada en derivados lácteos y su adecuación para el consumo humano. Este tipo de evaluación no solo ofrece un indicador de calidad, sino que también identifica posibles cambios o alteraciones, como la adulteración con agua o la presencia de sustancias químicas indeseables.

El análisis fisicoquímico de la leche no solo es esencial desde una perspectiva comercial y de salud, sino que también permite a las industrias lácteas mejorar sus procesos de producción. La medición precisa de parámetros como la grasa y la proteína en la leche facilita la formulación y optimización de productos lácteos, como quesos, yogures y leche en polvo, lo que contribuye a mejorar el desempeño de estos procesos y reducir costos (Cuellar Saenz, 2022). Además, este análisis desempeña un papel vital al proporcionar una forma objetiva de medir y controlar la calidad de la leche, desde su origen en las fincas hasta su llegada al consumidor final. No solo es crucial para la salud pública, sino que también influye directamente en la producción y comercialización de productos derivados como quesos, mantequillas, yogures, helados y leche en polvo. El (ICA, 2021) dice que se debe de garantizar que la leche cumpla con los parámetros establecidos ya que es fundamental para que los productos lácteos sean competitivos tanto en el mercado interno como en los mercados internacionales, donde las demandas de calidad son cada vez más estrictas.

Impacto de la Gestión Sanitaria y de Ordeño

El cumplimiento de las buenas prácticas de ordeño (BPO), según la resolución 115708 de 2021 del ICA, tiene un impacto positivo directo en la calidad de la leche cruda ya que permite minimizar los riesgos físicos, químicos, y biológicos que pueden comprometer su inocuidad, resaltando especialmente la estabilidad de los parámetros fisicoquímicos de la leche, conservando su composición natural (grasa, proteína, lactosa) , manteniendo un PH adecuado y evitando alteraciones indeseadas como malos olores o sabores, también permiten preservar propiedades como la crioscopia y la densidad, fundamentales para asegurar que la leche no ha sido adulterada. Las BPO son esenciales para obtener una leche de alta calidad, apta para el consumo humano y competitiva en el mercado. (Corzo, et al., 2018)

La gestión sanitaria y las condiciones durante el ordeño son factores determinantes para mantener la calidad microbiológica de la leche. Los estudios revisados destacan que una adecuada higiene y manejo de las vacas durante el ordeño son cruciales para evitar la contaminación de la leche con microorganismos patógenos, se ha evidenciado que según (Artica Mallqui, 2017) en su estudio realizado en San Alberto (César, Colombia), encontraron que la calidad microbiológica de la leche cruda recolectada en los centros de acopio cumplía con los parámetros establecidos por la legislación colombiana. Sin embargo, el recuento de células somáticas y bacterias mesófilas fue más alto en las muestras recolectadas de vacas con condiciones sanitarias deficientes. Este hallazgo refuerza la importancia de mejorar las prácticas de ordeño, la higiene del personal y las condiciones sanitarias generales de las instalaciones.

Métodos de Análisis y Normatividad en Colombia

Los métodos de análisis de la leche cruda son fundamentales para garantizar que se cumplan los estándares de calidad establecidos por las normativas. En este sentido, los estudios han utilizado una combinación de métodos tradicionales y modernos para evaluar la calidad de la leche.

El (Ministerio de la protección social , 2006), en su obra sobre métodos para el análisis fisicoquímico de la leche, describe los procedimientos utilizados para medir parámetros como la acidez, grasa, proteína y sólidos totales, además de los métodos microbiológicos para detectar bacterias patógenas y células somáticas. Entre estos métodos, algunos como el Lactoscan SP, son estándares en laboratorios industriales y se utilizan ampliamente en Colombia para asegurar la calidad de la leche cruda. La normatividad colombiana, reflejada en el Decreto 616 de 2006, establece parámetros precisos sobre la composición y las características microbiológicas de la leche cruda, garantizando su aptitud para el consumo. Además, (Pineda E. , 2023) recalca la importancia de utilizar métodos rápidos y precisos como el Lactoscan SP, que proporciona resultados casi instantáneos para varios parámetros fisicoquímicos de la leche, lo que facilita su implementación en plantas de procesamiento. Los avances tecnológicos en el análisis de la leche han mejorado significativamente tanto la precisión como la rapidez en la evaluación de su calidad, optimizando los procesos en la industria láctea.

Nutrición y Alimentación del Ganado

Uno de los factores más influyentes en la calidad de la leche es la nutrición y alimentación animal. Según (Gutierrez Leon, 2022) menciona que los sistemas de pastoreo tienen un impacto significativo sobre la calidad de la leche, en su estudio donde comparó la calidad de la leche de vacas Holstein en diferentes sistemas de pastoreo, incluyendo sistemas silvopastoriles y monocultivos de pastos. Los resultados mostraron que las vacas que pastoreaban en sistemas con ryegrass y botón de oro presentaron una mayor producción de leche y mejores características de calidad, como mayor contenido de lactosa, grasa y proteína, en comparación con aquellas que pastoreaban en sistemas de kikuyo. Este estudio demuestra que la diversificación de especies en las praderas mejora la calidad nutricional de la dieta del ganado, lo cual se refleja en una mejor composición de la leche, por otro lado, (Delgado Gonzalez, 2021) menciona que la suplementación nutricional no solo tiene efectos sobre la cantidad de leche, sino también sobre su composición, en su investigación evaluó el uso de ensilaje de naranja en la dieta del ganado, mostró mejoras significativas en el contenido de grasa de la leche, sin afectar negativamente la producción diaria de leche. Esto sugiere que, además de los beneficios económicos, la suplementación con alternativas como el ensilaje de naranja puede mejorar la calidad de la leche de manera sostenible, sin comprometer la cantidad producida.

La producción y composición de la leche en vacas lecheras es un tema ampliamente estudiado, principalmente por su impacto en la calidad nutricional y comercial de los productos lácteos. Según (Martinez Marin & Sanchez Cardenas, 2017) la suplementación con grasas vegetales, específicamente aceite de soya, aceite crudo de palma y grasa sobrepasante, en vacas Holstein durante el primer tercio de lactancia, incrementa significativamente la producción de leche y controla la pérdida de peso corporal, ayudando a evitar el balance energético negativo. Además, este estudio evidenció un aumento en el ácido oleico (Omega 9) en la leche con la adición de aceite de soya, sin cambios significativos en los ácidos linolénico (Omega 3) y linoleico (Omega 6).

Sin embargo, (Garcia Martinez, et al., 2019), sostiene que la composición de la leche, en términos de grasa y proteína, es altamente sensible a la calidad y manejo de la alimentación, destacando la importancia de una adecuada proteína ruminal degradable y una fibra detergente neutra (FDN) suficiente para optimizar tanto la producción como la calidad de la leche. En este sentido, señala que los cambios en la concentración de grasa pueden observarse en un corto plazo (7 a 21 días), mientras que las modificaciones en proteína requieren un periodo más largo (3 a 6 semanas). Adicionalmente, enfatiza la relevancia del manejo para evitar situaciones que

limiten la ingesta normal, como el hacinamiento o el estrés térmico, que pueden alterar negativamente la composición láctea.

Por otro lado, (Aldana Campos, 2017) ofrece un enfoque más integral, explicando que aproximadamente un 55% de la variabilidad en la composición de la leche se atribuye a factores nutricionales y de manejo, mientras que un 45% corresponde a la genética y otros factores fisiológicos como la edad, el estado de lactancia, el ambiente y enfermedades. Estos autores destacan que la relación entre forraje y concentrado en la dieta influye directamente en la proporción molar de ácidos grasos producidos en el rumen, afectando el porcentaje graso en la leche. Además, señalan que enfermedades como la mastitis o acidosis ruminal pueden provocar alteraciones significativas en la composición láctea, lo que evidencia la necesidad de un manejo integral que considere no solo la dieta sino también la salud animal y las condiciones ambientales. En conjunto, estos estudios coinciden en la importancia de la nutrición y el manejo para mejorar la producción y calidad de la leche, aunque difieren en el énfasis dado a ciertos factores. Mientras ²⁸ resalta el beneficio específico de la suplementación con grasas vegetales para mejorar parámetros productivos y perfil lipídico, (García Martínez, et al., 2019) y (Aldana Campos, 2017) enfatizan la necesidad de un manejo dietético balanceado y un abordaje holístico que contemple factores genéticos, ambientales y sanitarios. Esta variedad de perspectivas permite comprender la complejidad del sistema y plantea la necesidad de estudios futuros que integren estos aspectos para optimizar los sistemas productivos de leche.

Efectos de la Genética en la Composición de la Leche

La genética del ganado también influye en la composición de la leche. Las razas como Holstein, Jersey, y otras razas lecheras tienen diferentes capacidades para producir leche con distintos contenidos de grasa y proteína. Se han realizado estudios donde se identifican los genes responsables de esto, (Ochoa, et al., 2023) afirman que genes como DGAT1 y SCD1 desempeñan un papel determinante en la síntesis de triglicéridos y la desaturación de ácidos grasos, afectando directamente la calidad lipídica de la leche. Asimismo, polimorfismo en los genes de las caseínas (CSN1S1, CSN2, CSN1S2, CSN3) y proteínas del suero (LGB, LAA) se han asociado con variaciones en el contenido proteico y en las propiedades tecnofuncionales de la leche, con implicaciones directas para la industria quesera. Por otro lado, (Florez, et al., 2020) trabajaron con una mezcla genética de razas como Gyr, Holstein, Jersey y Rojo Sueco, y observaron variabilidad en los contenidos de grasa y proteína. Este hallazgo resalta la

importancia de considerar las características genéticas del ganado al evaluar la calidad de la leche, ya que las razas con mayor predisposición genética para la producción de grasa pueden ser más adecuadas para ciertos derivados lácteos, como mantequilla y quesos. (Harvatine, et al., 2016), destacan que, si bien la nutrición también es un factor modulador de la composición de la leche, la respuesta a dietas enriquecidas con grasa y aminoácidos protegidos puede estar condicionada por el trasfondo genético del animal, lo que sugiere una interacción relevante entre factores genéticos y ambientales. Estas evidencias resaltan la importancia de integrar estrategias de selección genética con prácticas de manejo nutricional para mejorar la calidad de la leche, especialmente en contextos como el colombiano donde el mejoramiento de la productividad lechera es una prioridad nacional.

Propuestas para Mejorar la Calidad de la Leche en Colombia

Los estudios revisados proponen varias estrategias para mejorar la calidad de la leche cruda en Colombia, centradas principalmente en la mejora de las prácticas de manejo, la higiene y el uso de tecnología avanzada.

La mejora en la calidad de la leche bovina depende en gran medida de la implementación de buenas prácticas de manejo, higiene y control en toda la cadena de producción. (Rodríguez Rodríguez, et al., 2015) sugieren que el control de la calidad microbiológica en las fincas ganaderas podría mejorarse considerablemente mediante la capacitación del personal, la implementación de mejores prácticas de ordeño e higiene, y el uso adecuado de sistemas de refrigeración. De manera similar, (Colombia productiva, 2021) enfatizan la importancia de educar a los productores de leche sobre la higiene y el manejo sanitario adecuado para reducir la prevalencia de mastitis y, por ende, mejorar la calidad de la leche. Además, proponen implementar incentivos para promover el cumplimiento de las buenas prácticas. (Ministerio de la protección social, 2006), por su parte, subraya la necesidad de contar con laboratorios bien equipados y personal técnico capacitado para realizar análisis detallados de los componentes fisicoquímicos de la leche, lo que resulta esencial para garantizar calidad y cumplir con las normativas nacionales.

En el ámbito de la productividad, (Suarez, et al., 2020) destaca que el sector lácteo colombiano puede mejorar su competitividad mediante la implementación de mejores prácticas en ordeño, higiene y optimización de los procesos logísticos. La capacitación del personal y el uso de herramientas de control ha demostrado aumentar la productividad en un 25%, con ahorros en

costos de producción y reducción de tiempos en los ciclos productivos, lo que también favorece la eficiencia en el sector. (Hoyos & Rojas, 2021), resalta que, para mejorar la calidad de la leche, es fundamental la implementación de prácticas sostenibles que incluyan el manejo adecuado del ganado, la nutrición y el bienestar animal. Estas acciones, junto con el control de los contaminantes y la trazabilidad de los productos, permiten asegurar la calidad de la leche y su competitividad en el mercado. Finalmente, (Florez Delgado, et al., 2020) subrayan que la implementación de buenas prácticas de ordeño y la capacitación constante del personal en higiene, así como el adecuado manejo de los sistemas de refrigeración en las fincas ganaderas, son cruciales para reducir la carga microbiológica y garantizar la inocuidad y calidad de la leche desde la finca hasta el consumidor final. La trazabilidad y la supervisión constante también son esenciales para asegurar el cumplimiento de los estándares establecidos.

Este enfoque integral, que abarca desde la educación de los productores hasta la implementación de tecnologías y prácticas sostenibles, es clave para mejorar tanto la calidad de la leche como la competitividad del sector lácteo colombiano a nivel nacional e internacional.

CONCLUSIONES

La variabilidad de los parámetros fisicoquímicos de la leche bovina en Colombia se ve influenciada por factores como la composición genética, las prácticas de manejo, la dieta y las condiciones ambientales del ganado. Esta heterogeneidad limita la capacidad del país para competir en los mercados internacionales al afectar la capacidad para cumplir con los estándares.

La adopción de buenas prácticas ganaderas y el acceso a técnicas de análisis modernas pueden optimizar los procesos de producción y garantizar que la leche satisfaga las demandas del mercado nacional e internacional.

La baja formalidad en el acopio de leche (44-47%) afecta negativamente la trazabilidad e inocuidad del producto, lo que presenta un obstáculo crítico para aumentar las exportaciones y cumplir con los estándares internacionales.

La genética del ganado desempeña un papel relevante en la composición de la leche. Genes como *DGAT1*, *SCD1*, y los de las caseínas y proteínas del suero tienen implicaciones directas

en la calidad nutricional e industrial del producto, siendo la raza Jersey una de las más favorables en este aspecto.

El principal obstáculo que enfrenta la industria lechera colombiana es la falta de infraestructura y acceso a tecnologías modernas para el análisis de calidad en las explotaciones ganaderas y de pequeña escala. Esta situación dificulta la estandarización de los parámetros físicos y químicos y reduce la competitividad del país en los mercados internacionales. Invertir en herramientas analíticas avanzadas y capacitar a los productores es esencial para superar estas limitaciones y garantizar una producción de leche de alta calidad.

Es imperativo fortalecer la estandarización de los métodos de análisis fisicoquímico de la leche y garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes, como el Decreto 616 de 2006 y la Resolución 0006 de 2019 del INVIMA. Esto permitirá mejorar la trazabilidad, asegurar la inocuidad del producto y acceder a mercados con mayores exigencias de calidad. El cumplimiento riguroso de estas normativas no solo mejora la calidad de la leche, sino que también fortalece la confianza de los consumidores y abre nuevas oportunidades de comercialización internacional.

El fortalecimiento de la capacitación técnica a los productores y la formulación de políticas públicas que promuevan buenas prácticas ganaderas, incentivos económicos y asistencia técnica, son pilares fundamentales para mejorar la calidad de la leche y avanzar hacia una producción más competitiva y sostenible.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar políticas públicas que apoyen la capacitación de los pequeños productores de las zonas rurales, fomenten el uso de tecnologías avanzadas para análisis fisicoquímicos y apoyen programas de asistencia técnica. Estas medidas ayudarán a mejorar la calidad de la leche, impulsar la productividad y fortalecer la sostenibilidad de la industria del ácido láctico colombiana. La colaboración entre instituciones académicas, el sector privado y el gobierno será esencial para enfrentar los desafíos actuales y asegurar un futuro más competitivo y sostenible para la industria láctea del país.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a la Universidad de Cundinamarca, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por brindarme la oportunidad de estudiar zootecnia. Mi más sincero agradecimiento al profesorado, cuyo compromiso, experiencia y amor por la docencia han sido esenciales para mi crecimiento académico y personal. En particular, a Luis Miguel Acosta Urrego, gestor del conocimiento, quien ha sido una guía constante durante todo este proceso y un ejemplo de dedicación y profesionalismo.

A mis compañeros, por su inquebrantable cooperación y apoyo durante estos años de estudio, brindando a cada tarea la oportunidad de aprender y compartir experiencias.

Asimismo, quiero agradecer a mi familia por su inquebrantable amor, paciencia y dedicación, que me han inspirado a seguir adelante a pesar de los desafíos. Su apoyo incondicional ha sido la base que me ha permitido alcanzar todas mis metas.

Finalmente, a todas las personas que, de manera directa o indirecta, han contribuido a este trabajo y a mi formación como zootecnista, les expreso mi más sincero agradecimiento.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran algún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Agronegocios. (2023). *Colombia hace parte de los cuatro países que aportan 80% de la producción lechera*. <https://www.agronegocios.co/>.

Alarcon Rincon, M. (2024). *PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN UNA PLANTA DE LÁCTEOS MEDIANTE TRANSFORMACIÓN DIGITAL*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/86139/10766491962024.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Aldana Campos. (2017). *REVALIDACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LA VARIEDAD DE PRODUCTOS LÁCTEOS FLUIDOS ULTRAPASTEURIZADOS MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL. ESTUDIO REALIZADO EN UNA INDUSTRIA LÁCTEA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA*. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/09/15/Aldana-Linda.pdf>

Arauco Villar, & Americas. (2025). *Cómo las prácticas de manejo contribuyen a la reducción de la mastitis y las células somáticas*. . <https://ekomilk.us/como-las-practicas-de-manejo-contribuyen-a-la-reduccion-de-la-mastitis-y-las-celulas-somaticas/>.

Arias , Mader, & Escobar. (2018). *Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2008000100002

Artica Mallqui, L. (2017). *Metodos para el analisis fisicoquimico de la leche y derivados lacteos* . Obtenido de <https://luisartica.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/09/metodos-de-analisis-de-leche-2016.pdf>

Asoleche. (2024). *45% de la leche que se comercializa en Colombia es informal; cae el consumo*. <https://portalechero.com/45-de-la-leche-que-se-comercializa-en-colombia-es-informal-cae-el-consumo/>.

Astaiza-Martínez, Jurado-Sanchez, Zarama-Parra, Vallejo-Timarán, & Benavides-Melo. (2015). *DETERMINACIÓN COMPOSICIONAL DE LECHE CRUDA EN UNA ASOCIACION DE PRODUCTORES EN EL MUNICIPIO DE PUPIALES*. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/1908>.

Baez Sora, J. (2021). <https://omeka.campusuci2.com/biblioteca/files/original/f31b0cfae5c51412051bca1ac0b2612c.pdf>. Obtenido de <https://omeka.campusuci2.com/biblioteca/files/original/f31b0cfae5c51412051bca1ac0b2612c.pdf>

- Bello Gonzalez. (2015). *PRODUCCION DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA LACTEA (LACTASA Y RENINA)*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1539/2009-04P-08.pdf?sequence=1>
- Cajas - Giron , Y.-S., González-Stagnaro, & Rangel-Santos,, R. (2015). *Productividad y adaptación de bovinos criollos y sus cruzamientos en sistemas tropicales de producción*. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.50263>.
- Calderón-Rangel, A., Rodríguez R, V., Arrieta B, G., & Gomezcaceres P , L. (2019). *Calidad de la leche cruda para consumo humano en dos localidades de Sucre* . http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682019000307355.
- Candelaria Carbajo , M. (Marzo de 2023). Obtenido de https://allpetfood.net/entrada/nirs-lasolucion-al-analisis-de-calidad-alimentaria-54255?utm_source
- Cerón-Muñoz, Ramírez Arias, Bolivar-Vergara, Bedoya, & Palacio, L. (2015). *Buenas prácticas ganaderas: Caracterización de sistemas de producción bovina de leche en el Norte Antioqueño y su relación con calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda*. <http://www.lrrd.org/lrrd27/11/cero27216.html>.
- Chilleron , I. (2017). *Potencial de datos espectrales NIRS para la detección de desviaciones de producto en leche respecto al estandar de calidad y seguridad*. Obtenido de https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/27953/TFM_Isabel%20Zafra%20Chilleron.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Colombia productiva. (2021). Obtenido de <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-comunica/noticias/como-mejorar-la-productividad-en-el-sector-lacteo>
- Colombia productiva. (2021). *¿Cómo mejorar la productividad en el sector lácteo?* Obtenido de <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-comunica/noticias/como-mejorar-la-productividad-en-el-sector-lacteo>
- Congreso de Colombia . (1993). *FUNDAMENTOS DE LA POLÍTICA AMBIENTAL COLOMBIANA*. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=297
- Congreso de Colombia . (2011). *Ley 1480 de 2011*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=44306>
- Contexto ganadero. (2024). *Los 10 departamentos con la mejor calidad de leche en Colombia en 2024*. https://www.contextoganadero.com/regiones/los-10-departamentos-con-la-mejor-calidad-de-leche-en-colombia-en-2024?utm_source=chatgpt.com.
- Correa Calderon, A., Avendaño Reyes, L., Lopez Vaca, A., & Macias cruz, U. (2022). *Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242022000200488
- Corzo, Caballero, & Rivera. (2018). *FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICIÓN Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE CRUDA ALMACENADA EN UN CENTRO DE ACOPIO*. Obtenido de

file:///C:/Users/Alvaro%20Andres%20Romero/Downloads/admin,+6.+FACTORES+QUE+INFLUYEN+EN+LA+COMPOSICI%C3%93N+Y%20(3).pdf

Corzo, M., Caballero, I., & Rivera, M. (2021). *FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICIÓN Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE CRUDA ALMACENADA EN UN CENTRO DE ACOPIO*. Obtenido de <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/download/345/316/985>

Cuellar Saenz, J. A. (2022). Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/medicion-e-importancia-de-los-parametros-de-calidad-en-la-leche/>

Delgado Gonzalez, R. (2021). *Efecto de la nutrición en la composición y producción de leche*. https://celticholland.com/2023/09/20/aflatoxina-b1-2-2-2-3-2-2-2-2-2-2/?utm_source

Eraso Cabrera, J. E., & Morillo paz, L. J. (2017). *Estudio del sector lechero del municipio de pasto, a partir del analisis de los factores de competitividad del diamante de porter*. Obtenido de <https://sired.udenar.edu.co/1740/1/90368.pdf>

FAO. (2022). Obtenido de <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/es>

Fedegan. (2025). Obtenido de <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>

Fernandez Fernandez, E., Martinez Hernandez, J. A., Martínez Suárez, V., Moreno Villares, J., & Collado Yurrita, L. (2015). *importancia nutricional y metabólica de la leche*. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/09revision09.pdf>

Fernandez, B. (2022). *Tecnología e higiene de los alimentos*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9824699>

Florez Delgado, capacho mogollon, Quintero Muiño, & Baez Gamboa. (2020). *Efecto de la suplementación con ensilaje de naranja sobre la composición de la leche bovina*. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2974>.

Florez Delgado, D., Cely Leal, Gonzalez, Niño Vera, & Robledo Palomino. (2024). *Análisis bacteriológico y composicional de la leche bovina de cuatro municipios del departamento de Putumayo, Colombia*. <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/4926>.

Florez et al. (2020). *Análisis comparativo de los grupos genéticos Holstein, Jersey y algunos de sus cruces en un hato lechero del Norte de Antioquia en Colombia*. <https://doi.org/10.15517/am.v21i2.4885>.

Foss. (2023). *Tecnología NIR para análisis de rutina de productos alimentarios y agrícolas*. Obtenido de https://www.fossanalytics.com/es-mx/news-articles/technologies/nir-technology?utm_source

Funcion Publica. (2006). *Decreto 616 2006*. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=21980

- Garcia Martinez, E., Fernandez segovia , I., & Lopez , A. (2019). *Determinación del contenido en grasa de la leche por el método Gerber* . Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30627/Grasa%20leche-%202013.pdf>
- Garcia, Montiel, & Borderas. (2021). *GRASA Y PROTEÍNA DE LA LECHE DE VACA: COMPONENTES SÍNTESIS Y MODIFICACIÓN*. Obtenido de <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/download/592/566>
- Gomez, N. (2023). *Sector lacteo en Colombia, un analisis global y retos a futuro*. Obtenido de <https://aneia.uniandes.edu.co/sector-lacteo-en-colombia-un-analisis-global-y-retos-a-futuro/>
- Gonzalez Arrojo, A. (2017). *Desarrollo y evaluacion de herramientas anaíticas para el control de produccion lactea* . Obtenido de https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/37465/TD_AmeliaGonzalezArrojo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gonzalez Torres, Martinez Martinez, & Millan Rodriguez. (2016). *CALIDAD SANITARIA Y COMPOSICIONAL DE LA LECHE CRUDA PRODUCIDA EN LA VEREDA QUEBRADA VIEJA, SORACÁ (BOYACÁ)*. <https://revista.jdc.edu.co/conexagro/article/view/567>.
- Guevara Torres, Gonzales Patiño, Martínez Suárez, & Vanegas Mora. (2015). *Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche de ganaderías doble propósito mediante pruebas no convencionales en Colombia*. <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/642>.
- Gutierrez castro, L., & Güechá Castillo , A. (2019). *Harina de forrajes en la alimentación animal*. Obtenido de <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/download/688/741/2889>
- Gutierrez Leon, A. (2022). https://www.researchgate.net/publication/368242314_Efecto_de_la_adicion_de_grasas_vegetales_en_la_alimentacion_de_vacas_Holstein_en_el_primer_tercio_de_lactacion.
- Harvatine, Boisclair, & Bauman. (2016). *Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10978>.
- Hernandez Martinez , & Alberto Vazquez . (2023). *La cromatografía gaseosa y la cromatografía líquida de alta resolución en la rama agropecuaria*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202023000100010
- Hernández Martínez, & Alberto Vazquez. (2023). *La cromatografía gaseosa y la cromatografía líquida de alta resolución en la rama agropecuaria*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202023000100010
- Hoyos, & Rojas. (2021). <https://www.redalyc.org/journal/1699/169971425004/#:~:text=Estos%20sistemas%20han%20demostrado%20grandes,et%20al.%2C%202018>.
- ICA. (2021). Obtenido de Resolucion 115708: <https://www.ica.gov.co/>

- INVIMA. (2019). *Resolucion 0006 de 2019*. Obtenido de <https://www.invima.gov.co/sites/default/files/medicamentos-productos-biologicos/ACTA-6-SEPFSD-julio-2019.pdf>
- Jurado Gamez, H., & Insuasty Santacruz, E. (2021). *Procedimientos de tecnologia de leche*. Obtenido de <https://sired.udenar.edu.co/7321/1/libro%20leche%20digital.pdf>
- Lopez Romero, J. (2021). *EVALUACIÓN ESPECTROSCÓPICA DE LA LECHE DE DIFERENTES ESPECIES DE MAMÍFEROS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL VILLA MARINA*. Obtenido de http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3504/1/L%C3%B3pez_2021_TG.pdf
- Malpica Cruz, L., & Moreno Figueredo, G. (2018). *Evaluación en la rutina de ordeño y calidad composicional de leche en Nobsa e Iza Boyacá-Colombia*. <https://revista.jdc.edu.co/conexagro/article/view/617>.
- Martinez M, M., & Gomez S, C. (2017). *CALIDAD COMPOSICIONAL E HIGIÉNICA DE LA LECHE CRUDA RECIBIDA EN INDUSTRIAS LÁCTEAS DE SUCRE, COLOMBIA*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000200011#:~:text=La%20normativa%20establece%20que%20la,de%20calidad%20est%C3%A1ndar%20%5B5%5D.
- Martinez Marin, & Sanchez Cardenas. (2017). *Factores nutricionales que afectan a la composición de la leche*. https://www.engormix.com/lecheria/calidad-leche/factores-nutricionales-afectan-composicion_a27057/?utm_source
- Martinez Miranda, M. M., & Diaz Arango, F. O. (2016). *Evaluación de la calidad de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Manizales*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000100008
- Mejía Lopez, A., Rodas, S., & Baño, D. (2020). *La desnaturalización de las proteínas de la leche y su influencia en el rendimiento del queso fresco*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261627010/html/>
- Mendieta, B., Fariñas, T., Reyes, N., & Mena, M. (2018). *Conservacion de forrajes*. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Manual_conservacion_de_forrajes_CRS_USDA_CIAT_2015.pdf
- Mendoza Martinez, G., & Ricalde Velasco, R. (2020). *Alimentacion de Ganado Bovino con dietas altas en grano*. Obtenido de <https://casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/Bovinos.pdf>
- Ministerio de agricultura. (2020). *Cadena lactea Colombiana*. Obtenido de https://www.andi.com.co/uploads/20200430_dt_analsitlechelarga_andreagonzalez.pdf
- Ministerio de Agricultura. (2025). *Cadena lactea colombiana*. Obtenido de https://www.andi.com.co/uploads/20200430_dt_analsitlechelarga_andreagonzalez.pdf

- Ministerio de la protección social . (2006). *DECRETO NUMERO 1011 DE 2006* . Obtenido de https://www.minsalud.gov.co/normatividad_nuevo/decreto%201011%20de%202006.pdf
- Ministerio de salud. (2022). *Análisis de impacto normativo, productos lácteos* . Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/Normativa/PublishingImages/Paginas/analisis-de-impacto-normativo/AIN%20-%20Productos%20%C3%A1cteos%2009062022.pdf>
- Moreno Aznar, Cervera Ral, Ortega Anta, Díaz Martín, & Rodríguez Rodríguez . (2019). *Evidencia científica sobre el papel del yogur y otras leches fermentadas en la alimentación saludable de la población española*. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000600038
- Navarrete Fernández, J. A. (2019). *Influencia del sistema de producción sobre la calidad higiénica, sanitaria y de residuos de antibióticos de la leche cruda en Colombia*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62064>.
- Ochoa, Carabaño, López de Maturana, Gutiérrez , Fernández , & González Recio. (2023). *Genomic regions and candidate genes underlying milk production traits in dairy cattle: An update*. *Frontiers in Genetics, 14*, 1210153. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1210153>.
- OCILAC. (2024). *Observatorio Colombiano de la Industria Láctea*. <https://www.ocilac.com.co/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *Portal Lácteo*. Obtenido de <https://www.fao.org/dairy-production-products/socio-economics/dairy-development/es>
- Padilla Doval, J., & Zambrano Arteaga, J. (2021). *Estructura, propiedades y genética de las caseínas de la leche: una revisión*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072021000300062
- Parsi, J., Godio, L., Miazzi, R., Maffioli, R., Echeverría, A., & Provencal, P. (2018). *VALORACIÓN NUTRITIVA DE LOS ALIMENTOS Y FORMULACIÓN DE DIETAS*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf
- Pineda, E. (2023). *Caracterización química y técnica del lactosuero ácido para su aprovechamiento como materia prima en la industria de alimentos*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/55170/empineda.pdf;jsessionid=8964A2AA92717C5530378DF9AB5155A5?sequence=3>
- Pineda, E. (2023). *Caracterización química y técnica del lactosuero ácido para su aprovechamiento como materia prima en la industria de alimentos*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/55170/empineda.pdf;jsessionid=8964A2AA92717C5530378DF9AB5155A5?sequence=3>
- Quintero, J. (2024). *¿Cómo afecta el fenómeno del niño a la ganadería colombiana?* Obtenido de <https://californiasaludanimal.com/como-afecta-el-fenomeno-del-nino-a-la-ganaderia-colombiana/>
- Reyes , Bon, Moreno, & Rubio. (2016). Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/837/83711204.pdf?utm_source=chatgpt.com

- Rincón Atuesta, Cañizares Lazaro, Rozo Santafe, & Cuetia Londoño. (2018). *Análisis fisicoquímico de la leche para la determinación de su calidad en el hato bovino de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*. <https://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/26/17>.
- Rodriguez Rodriguez, V., Acosta Ruiz , A., & Calderon Rangel . (2015). https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/4391. Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/4391
- Rodriguez, M., & Herrera, V. (2021). *Análisis comparativo de métodos de conservacion de forraje y su impacto en la produccion de leche bovina en el tropico alto*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8658124.pdf>
- Romero P, Calderon R, & Rodriguez R. (2018). *Evaluación de la calidad de leches crudas en tres subregiones del departamento de Sucre, Colombia*. https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/630?utm_source=chatgpt.com.
- Sanchez Vega, R., & Sepulveda Ahumada , D. (2021). *Proteínas y Peptidos lateos*. Obtenido de https://consorciolechero.cl/libro-capitulo/LNS_SI_C2_Prote%C3%ADna.pdf
- Suarez, M., Carulla, J., & Benavides , D. (2020).
- The Food Tech. (2024). Obtenido de <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/estrategias-para-mejorar-la-calidad-de-la-leche-en-colombia-implementacion-de-practicas-sostenibles-control-de-calidad-y-trazabilidad/>
- The Food Tech. (2024). *El futuro del sector lechero en Colombia depende de la capacidad de todos los actores involucrados*. Obtenido de <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/estrategias-para-mejorar-la-calidad-de-la-leche-en-colombia-implementacion-de-practicas-sostenibles-control-de-calidad-y-trazabilidad/>
- Vanegas, & Martinez. (2017). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche en el municipio de Chipaque Cundinamarca y su comercialización (Colombia)*. Obtenido de <https://luisartica.files.wordpress.com/2011/11/metodos-de-analisis-de-leche-2014.pdf>
- Vanegas, D., & Martinez, M. (2015). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche en el municipio de Chipaque Cundinamarca y su comercialización*. Obtenido de [file:///C:/Users/Alvaro%20Andres%20Romero/Downloads/587-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2722-1-10-20210715%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/Alvaro%20Andres%20Romero/Downloads/587-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2722-1-10-20210715%20(6).pdf)
- Villamil, R., Robelto, G., Mendoza , M., Guzman, M., cortes, L., Mendez, C., & Giha, V. (2020). *Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182020000601018

ACUERDO 027 DEL 16 DEL 16 DE DICIEMBRE DE 2021
ARTÍCULO 46.- OPCIONES DE TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD ARTÍCULO PUBLICABLE (REVISIÓN)

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Programa de Zootecnia (Acreditado Alta Calidad Res. MEN 009412 de 2022)

Evidencia anti-plagio - *Turnitin*

ARTÍCULO 61.- DEBERES	ARTÍCULO 62.- FALTAS
13. No cometer fraude académico o plagio en las pruebas de evaluación, exámenes o trabajos escritos presentados en desarrollo del proceso de aprendizaje y formación, así como el respeto a la propiedad intelectual.	1. El fraude: c. Utilizar citas o referencias falsas o registrar indebidamente referencias que no coincidan con las citas. d. Presentar como de su propia autoría la totalidad o parte de una obra, trabajo, documento o invención realizados por otra persona; incorporar un trabajo ajeno en el propio de tal forma que induzca a error al observador o lector en cuanto a la autoría del mismo.

Inserte una evidencia¹ del índice de similitud (%) arrojado por la herramienta *Turnitin* ↓

¹ Procedimiento: tome pantallazo del reporte de originalidad → Guarde el pantallazo como imagen (jpg/jpeg/png) en el PC → seleccione el recuadro o posicione el cursor dentro del recuadro (cuando el texto ya haya sido borrado) → Vaya a la barra de herramientas de Word - pestaña "Insertar" → función "Imágenes" → "Insertar imágenes desde este dispositivo" → seleccione el pantallazo (imagen jpg/jpeg/png) desde la ubicación de guardado en el PC → pique "Insertar".

a5.1 FCA_TG Alvaro Andres Romero Pineda (1).pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.funcionpublica.gov.co Fuente de Internet	2%
2	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
3	studylib.es Fuente de Internet	2%

0% - 25%

Permitido

El documento se puede entregar y radicar como propuesta (anteproyecto).

>25%

No permitido

El documento no se puede entregar ni radicar como propuesta (anteproyecto). Se hace obligatoria la revisión exhaustiva de este por parte del estudiante y el director para hacer los ajustes pertinentes.