

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA LECHE DE BÚFALA PRODUCIDA EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2619 - 2896

02

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA LECHE DE BÚFALA PRODUCIDA EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

PHYSICOCHEMICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF BUFFALO MILK FROM PRODUCERS IN THE ATLANTICO DEPARTMENT

Miller Johannes Claro Vásquez

Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Ingeniero de Alimentos,

Especialista en Gestión de la Calidad, Carrera 29 No 70B-37, Barranquilla, Colombia

Correo electrónico: mjclaro@sena.edu.co

0009-0005-3208-1559

Tulia Inés Pérez de la Ossa

Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Ingeniero de Producción agroindustrial, MSc.

Ciencia y Tecnología de alimentos, Carrera 23 No. 30-32, Corozal, Sucre

Correo electrónico: Tulia.perez32@gmail.com

0000-0003-2857-5765

Teresa Altamar Pérez

Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Ingeniera de alimentos, MSc. Gerencia de

proyectos de investigación y desarrollo, Calle 47 No 44 - 152, Barranquilla, Colombia

Correo electrónico: taltamarp@sena.edu.co

0000-0002-5144-9532

RESUMEN

Este estudio evaluó los parámetros físico-químicos y nutricionales de la leche de búfala de diferentes productores en el departamento del Atlántico. Las muestras fueron transportadas en condiciones isotérmicas a un laboratorio especializado, donde se analizaron parámetros como Grasa, Punto crioscópico, Lactosa, Proteína, Sólidos totales, Acidez, Densidad, Índice de refracción y Estabilidad proteica. Se encontraron diferencias significativas entre los productores en cuanto a estos parámetros, con el productor de Manatí (zona central) tuvo el mayor contenido de sólidos totales ($20,193 \pm 0,0152\%$). La mayoría de los productores cumplió con los requisitos establecidos por la NTC 399 de 2018 para el porcentaje de

grasa, proteína, sólidos no grasos y el índice de refracción. Las conclusiones del estudio indican que sólo el 16% de los productores tuvieron resultados negativos para la estabilidad proteica de la leche de búfala, lo que resalta la importancia de reforzar las prácticas higiénico-sanitarias a lo largo de toda la cadena de producción, desde el ordeño hasta el almacenamiento, para garantizar la seguridad microbiológica de la leche y preservar sus propiedades nutricionales. El análisis estadístico reveló que, además de los factores de manejo y ambientales, la dieta del animal, las razas de ganado y las prácticas de ordeño también influyen en la composición físicoquímica de la leche de búfala.

Palabras Claves: Leche de búfala, Parámetros físicoquímicos, Productores, Atlántico

ABSTRACT

This study evaluated the physicochemical and nutritional parameters of buffalo milk from different producers in the Atlántico department. The samples were transported under isothermal conditions to a specialized laboratory, where parameters such as fat, cryoscopic point, lactose, protein, total solids, acidity, density, refractive index, and protein stability were analyzed. Significant differences were found between the producers regarding these parameters, with the producer from Manatí (central zone) having the highest total solids content ($20.193 \pm 0.0152\%$). Most of the producers met the requirements established by NTC 399 of 2018 for fat percentage, protein, non-fat solids, and refractive index. The conclusions of the study indicate that only 16% of the producers had negative results for protein stability in buffalo milk, highlighting the importance of strengthening hygienic and sanitary practices throughout the entire production chain, from milking to storage, to ensure microbiological safety and preserve the milk's nutritional properties. Statistical analyses revealed that, in addition to management and environmental factors, the animal's diet, breed, and milking practices also influence the physicochemical composition of buffalo milk.

Keywords: Buffalo milk, Physicochemical parameters, producers, Atlantico

INTRODUCCIÓN

La producción de leche de búfala en Colombia ha experimentado un crecimiento considerable en las últimas décadas, impulsada por sus ventajas nutricionales y productivas. Según la Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos (Asobúfalos) (citado en González, 2019), en 2019 se produjeron 126 millones de litros de leche a partir

de 186,155 animales, con un promedio de 3,6 litros por animal. Se proyecta que para 2027, el número de búfalos en el país supere los 1,6 millones, lo que representa un incremento significativo en la producción tanto de leche como de carne (Agronet, 2024). Este crecimiento resalta la importancia creciente del sector bufalino, favorecido por su versatilidad y el valor nutricional de sus productos.

En el departamento del Atlántico, la ganadería bufalina representa alrededor del 1% del inventario pecuario regional, según datos del DANE, ICA y FENAVI (citado en Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2019). Aunque no existen datos exactos sobre la producción de leche de búfala en la región, se estima que la tendencia ascendente en el número de búfalos refleja un aumento en la producción. La leche de búfala, al contener más grasa y proteína que la de vaca, es cada vez más demandada en la industria láctea y cárnica.

Los parámetros fisicoquímicos de la leche, como el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, acidez, densidad y punto crioscópico, son indicadores clave de su calidad y propiedades nutricionales. Estos factores afectan la textura, el sabor y la idoneidad de la leche para la producción de derivados lácteos como quesos y yogures. Además, un adecuado equilibrio en estos parámetros es fundamental para garantizar la calidad del producto y su aceptación en el mercado. Investigaciones previas, como la de Morales et al. (2014), han mostrado que la calidad de la leche bufalina en la región Caribe de Colombia puede ser de buena calidad, pero con áreas de mejora, especialmente en cuanto a la higiene y las prácticas de ordeño.

En Colombia, la calidad de la leche cruda está regulada por el Decreto 616 de 2006 y la NTC 399 de 2018. El Decreto 616 “establece requisitos sanitarios para la leche, asegurando que esté libre de patógenos,

contaminantes y residuos, y regula las condiciones de higiene durante su producción, transporte y almacenamiento”. (p. 2). Adicionalmente, la NTC 399 “define parámetros técnicos para la leche cruda destinada a la industrialización, como el aspecto visual, la limpieza y la condición sanitaria de los animales”. (p. 1). Cabe resaltar que el cumplimiento de la normativa es crucial no solo para proteger la salud pública, sino también para garantizar el acceso a mercados nacionales e internacionales, mejorando la competitividad y la aceptación de los productos lácteos.

A pesar del creciente interés por la ganadería bufalina, la información sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de búfala en el departamento del Atlántico es limitada. El objetivo de este informe es caracterizar los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y nutricionales de la leche de búfala proveniente de seis productores ubicados en las subregiones de centro, oriente y sur del departamento del Atlántico (Colombia). El propósito es ofrecer una visión integral sobre la calidad de la leche producida por estos agricultores y sugerir mejoras en sus prácticas de producción.

DESARROLLO

Investigaciones Internacionales

Investigadores de la Universidad Nacional Nordeste en Argentina, liderados por el Dr. Patiño (2009) realizaron un estudio titulado "El búfalo. leche bufalina: producción mundial. Comparación con la leche bovina. alimentos funcionales derivados de la leche". Esta investigación destacó la superioridad de la leche de búfala en términos de contenido proteico y valor nutricional en comparación con la leche de vaca. El estudio incluyó listado de alimentos funcionales derivados de la leche.

Investigaciones en Colombia

Optimización de Procesos en Colombia: La Universidad de Antioquia, bajo la dirección de Hurtado-Lugo (2005), llevó a cabo un estudio titulado "Determinación de parámetros físico-químicos de leche Bufalina en un sistema de producción orgánica". Esta investigación se demostró que los componentes físico-químicos varían a lo largo del año.

Caracterización de la Leche de Búfala en Colombia: Investigadores de la Universidad de Antioquia, liderados por Ocampo (2016), realizaron un estudio llamado "Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia". Este proyecto concluyó que la leche de búfala presentó valores significativamente más altos en parámetros como proteína (4,07%), grasa (7,23%), lactosa (5,06%), sólidos totales (16,81%) y sólidos no grasos (9,91%) en comparación con la leche de cabra y de vaca, lo cual la convierte en una excelente alternativa para la producción y transformación de productos.

Alternativas de industrialización de la leche de búfala

Actualmente, se busca aprovechar al máximo la leche de búfala debido a su alto valor nutricional. A continuación, se mencionan algunas de las alternativas de industrialización:

Elaboración de quesos: Se producen quesos frescos, ácidos y madurados a partir de la leche de búfala. Investigaciones han demostrado que la leche de búfala aporta características distintivas en términos de sabor, aroma, textura, color, contenido graso, proteínas y calcio, lo que la diferencia de los quesos tradicionales de leche de vaca (Meza y Paba, 2012).

Elaboración de yogur funcional: La crecien-

te demanda de productos funcionales ha llevado al desarrollo de yogures tipo griego a base de leche de búfala con ingredientes beneficiosos para la salud, como el Aloe vera (Hoyos y Montes, 2015).

Leche condensada y evaporada: Se han realizado investigaciones para la producción de productos evaporados, como leche condensada, utilizando leche de búfala y remplazando la sacarosa por oligofructosa con el fin de estudiar la aceptabilidad del este tipo de alimento en el consumidor final (Verhelst, 2015).

MÉTODOS

Selección de las muestras

Se tomaron 100 ml de muestras de leche de búfala de seis (6) productores provenientes de zonas como el Platanal, Totumo, Manatí, Molineros, las canteras aguadas de pablo y Ponedera del departamento del Atlántico. Tres réplicas se utilizaron para el análisis de cada muestra.

Figura1.

Recolección de muestras de leche de búfala con productores del departamento del Atlántico



Fuente: Elaboración propia.

Procedimientos de recolección y almacenamiento de muestras

La muestra tomada se transportó en un recipiente estéril, previamente rotulado, bajo condiciones isotérmicas, con el fin de garantizar la cadena de frío, previniendo de esta manera, el deterioro de la muestra durante su traslado hasta el laboratorio de análisis microbiológico y fisicoquímico de alimentos ubicado en el Centro Para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Regional Atlántico, municipio de Sabanalarga.

Análisis fisicoquímico

Se realizó el análisis fisicoquímico de la leche de búfala, evaluando los parámetros de Grasa (%), Punto crioscópico (°C), Lactosa (%), Proteína (%), Sólidos no grasos (%), Sólidos totales (%), Acidez (%), Densidad (g/mL), Índice de refracción (%), y Estabilidad proteica.

El analizador de leche – MilkoScan se utilizó para el análisis utilizando el método AOAC 972.16:1996 para la determinación de grasa y en el caso de las variables de punto crioscópico, lactosa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales se utilizó el método de espectroscopía infrarroja. La acidez fue determinada según la AOAC 947.5:1947 (titulometría); la AOAC 925.22:1990 para la densidad (gravimetría); la NTC 399:2018 para el índice de refracción (refractometría) y la estabilidad proteica por análisis cualitativo.

Diseño experimental

Para los resultados fisicoquímicos, se implementó un diseño unifactorial compuesto por 18 corridas experimentales. El factor evaluado incluyó la procedencia de la muestra, con seis productores distintos (**Productor 1:** Platanal - Zona Norte; **Productor 2:** Ponedera - Zona Central; **Productor 3:** Manatí - Zona Central; **Productor 4:** Molineros - Zona Norte; **Productor 5:** Totumo - Zona

Sur y **Productor 6:** Las Canteras Aguadas de Pablo - Zona Norte). Cada productor representa una zona del departamento del Atlántico. Las variables respuesta fueron los siguientes parámetros: Grasa, punto crioscópico, lactosa, proteína, sólidos no grasos, sólidos totales, acidez, densidad e índice de refracción. Para los resultados de estabilidad proteica, se utilizó estadística descriptiva para comparar los valores entre los productores de las zonas del departamento del Atlántico.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se realizó con el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus, versión Centurión XVI. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y el método de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher para comparaciones múltiples, con un nivel de significancia del 95% ($\alpha=0,05$). Este procedimiento permitió estimar y comparar los parámetros fisicoquímicos obtenidos de cada productor.

Para los parámetros de estabilidad proteica, se realizaron análisis de los valores utilizando Excel.

RESULTADOS

Los resultados de la caracterización de la leche de búfala revelaron una amplia variabilidad en sus componentes entre los diferentes productores con diferencias significativas. El contenido de grasa mostró una notable diferencia, con el Productor 3 (zona central) alcanzando el valor más alto (9,573%), mientras que el Productor 2 (Ponedera, zona central) presentó el más bajo (3,006%). Similarmente, el punto crioscópico varió, indicando diferencias en la calidad de la leche, siendo el Productor 2 el que presentó el valor más bajo ($-0,5736^{\circ}\text{C}$), lo que podría sugerir una mayor concentración de solutos. En cuanto a la lactosa, el Productor 5 (Totumo, zona Sur) mostró el contenido más alto (4,856%), mientras que el Produc-

tor 6 (Las Canteras Aguadas de Pablo, zona norte) presentó el más bajo (4,146%). Además, el contenido de proteínas fue más alto en el Productor 2 (Ponedera), con 5,003%, cabe destacar que el contenido de proteínas favorece la producción de lácteos como quesos y yogures.

En cuanto a los sólidos no grasos (SNG) y sólidos totales (ST), se observó que el Productor 2 (Ponedera, zona central) presentó los valores más altos de SNG (10,69%) y la menor cantidad de sólidos totales (14,546%), mientras que el Productor 3 (Manatí, zona central) mostró el contenido más alto de ST (20,193%). En términos de acidez, el Productor 1 (Platanal, zona norte) tuvo el nivel más bajo (0,316%), lo que puede indicar mayor estabilidad en la leche, mientras que el Productor 2 (Ponedera, zona central) presentó el nivel más alto (0,943%). La densidad de la leche también mostró diferencias, siendo mayor en el Productor 2 (1,022 g/mL) y menor en el Productor 5 (1,009 g/mL), lo cual está relacionado con el contenido de sólidos totales. Finalmente, el índice de refracción fue significativamente más alto en el Productor 2 (12,35), lo que sugiere una mayor concentración de sólidos disueltos en la leche comparado con otros productores. Estos resultados destacan la influencia de factores como la alimentación, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo en la composición de la leche de búfala.

Ficha técnica de la leche de búfala producida por 6 productores del departamento del Atlántico

La ficha técnica de leche cruda de búfala proveniente de productores del Atlántico se presenta como parte de los entregables del proyecto. Este documento detalla las características de la leche, incluyendo su composición nutricional, condiciones de producción, y los estándares de calidad que aseguran un producto fresco y de alto valor. La leche de búfala, reconocida por su mayor

contenido graso y proteico en comparación con la de vaca, es una opción premium para diversos productos lácteos. Esta ficha técnica tiene como objetivo proporcionar información clara y precisa sobre el producto, garantizando su trazabilidad y cumplimiento de normativas sanitarias y de calidad.

Figura 2.
Ficha Técnica de leche cruda de Búfala de productores del Atlántico.

Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial		FICHA TECNICA DE LECHE CRUDA DE BÚFALA		
Elaborado por: Equipo de Investigador del proyecto SGPS-125422024		Aprobado por: Miller Johannes Claro Vásquez	Fecha: Jul 2024	Versión: 01 Página 1 de 3
NOMBRE DEL PRODUCTO		LECHE CRUDA DE BÚFALA		
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		Es el producto natural resultante de la secreción normal de la glándula mamaria de búfalas (<i>Bubalus bubalis</i>) sanas. Esta leche se obtiene mediante uno o varios ordeños diarios realizados de manera higiénica y completa, y no ha sido sometida a ningún tratamiento térmico.		
MARCAS COMERCIALES		Centros de acoplos, asociaciones bufalinas, Campesinos Independientes.		
REQUISITOS LEGALES		Decreto 616 de 2006 Requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país. NTC 399 de 2018 Requisitos que debe cumplir la leche cruda como materia prima para su industrialización.		
INGREDIENTES		Leche cruda de búfala 100% pura.		
CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS		Color	Blanco opaco	
		Sabor	Suave y ligeramente dulce	
		Olor	Lácteo fresco, sin olores extraños	
		Textura	Cremosa	
		Apariencia	Homogénea	
CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS Norma Técnica Colombiana NTC 399 de 2018		Especificaciones	Mínimo	Máximo
		Densidad 15°C/15°C (Gravedad específica)	1,032	1,038
		Materia grasa, en % fracción de masa/volumen	4,8	—
		Acidez (% ac. láctico) %m/v	0,11	0,18
		Índice crioscópico*	-0,430 °C -0,560 °H	-0,510 °C -0,530 °H
		Proteína, % fracción m/m	3,6	—

	Índice Lactométrico, en °L	12,4	—
	Presencia de conservante	Negativa	
	Presencia de	Negativa	

	adulterante	
	Presencia de neutralizante	Negativa
REQUISITOS MICROBIOLOGICOS	Recuento Microbiano Los recuentos microbianos históricos servirán como base para los criterios de aceptación o rechazo de la planta en la calificación de la calidad de la leche cruda Búfala proveniente de proveedores.	
CONTENIDO NUTRICIONAL	Especificaciones	Valor
	Energía	76 kcal
	Grasa	4,8 g
	Proteína	3,6 g
	Carbohidratos	4,6 g
	Calcio	180 mg
	Fósforo	97 mg
	Potasio	150 mg
	Vitamina A	150 UI
	Vitamina D	0.8 UI
	Vitamina B12	1.1 µg
FORMAS DE CONSUMO	Se recomienda consumirla solo después de ser procesada o transformada en derivados lácteos (quesos y fermentados) o en bebidas (leche termizada, pasteurizada, Ultra Alta Temperatura (UAT o UHT), saborizadas y de avena). Es fundamental asegurar que se le haya aplicado un tratamiento térmico para reducir su carga microbiológica y minimizar el riesgo de bacterias patógenas.	
INSTRUCCIONES DE USO	Consumir únicamente después de someterla a un tratamiento térmico adecuado como pasteurización o ultra alta temperatura. Almacenar refrigerada a temperatura no superior a 4°C. Evitar el consumo directo sin procesamiento para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos.	
CONDICIONES DE OBTENCIÓN	El diseño, la ubicación y el mantenimiento de los sitios o áreas y locales de los hatos, igual que los utensilios y equipos deben garantizar el mínimo riesgo de contaminación de la leche cruda tanto de origen intrínseco (animal) como de origen extrínseco (ambiental).	
CONSUMIDORES POTENCIALES	Industrias de lácteos: Para la producción de derivados lácteos como quesos y yogures, o en bebidas (leche termizada, pasteurizada, Ultra Alta Temperatura (UAT o UHT), saborizadas y de avena). Hogares y consumidores: Interesados en productos lácteos naturales y menos procesados. Restaurantes y panaderías: Utilización en la preparación de platos y productos horneados. Mercados gourmet y tiendas especializadas: Dirigidas a consumidores que buscan productos exclusivos y de alta calidad.	

EMPAQUE Y PRESENTACION	La leche cruda de búfala se maneja típicamente en recipientes de aluminio conocidos como cantinas, especialmente en hatos que no disponen de ordeño mecánico. Estas cantinas tienen una capacidad de aproximadamente 40 litros y son utilizadas para almacenar la leche antes de ser transportada a los centros de acopio. En los hatos con ordeño mecánico, la leche se dirige primero a tanques de refrigeración y luego se transfiere a carrotanques cisterna para su transporte a los centros de acopio o directamente a las industrias lácteas.
INSTRUCCIONES PARA CONSERVACION	Refrigeración: Almacenar la leche de búfala cruda a una temperatura de refrigeración de 4°C (39°F) tan pronto como sea posible después del ordeño. Recipientes adecuados: Utilizar recipientes limpios y adecuados, como tanques de refrigeración o cantinas de aluminio, para mantener la leche fresca y protegerla de la contaminación. Protección contra la luz: Mantener la leche protegida de la luz directa para prevenir la degradación de sus componentes. Consumo o procesamiento rápido: Consumir o procesar la leche de búfala cruda dentro de un período corto para asegurar su frescura y reducir el riesgo microbiológico. Higiene estricta: Seguir prácticas estrictas de higiene durante el manejo y almacenamiento para evitar la contaminación cruzada. Control microbiológico: Realizar análisis periódicos del recuento microbiano.
CONTROLES ESPECIALES DURANTE DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION	Conservación de temperatura: Mantener la leche refrigerada a 4°C (39°F) durante toda la distribución para evitar el crecimiento bacteriano. Transporte: Utilizar vehículos refrigerados y limpios para transportar la leche desde los centros de acopio hasta los puntos de venta para minimizar el riesgo de contaminación. Cumplimiento normativo: Asegurar que todos los vehículos, equipos y operadores cumplan con las normativas sanitarias y de seguridad alimentaria locales. Capacitación del personal: Capacitar al personal involucrado en la manipulación y distribución sobre buenas prácticas de manejo y seguridad alimentaria. Manejo cuidadoso: Evitar el almacenamiento o la distribución junto a otros productos. Proteger de condiciones extremas de temperatura, humedad y luz.
CONDICIONES DE CONSERVACIÓN	Refrigeración a 4°C +/-2°C después del ordeño o entregarse a las plantas de enfriamiento o procesamiento antes de 48 horas.
CONSIDERACIONES DE TRANSPORTE	El personal encargado de recolectar y transportar la leche cruda, así como las plantas de enfriamiento o centros de acopio, deben cumplir con las condiciones estipuladas en el Decreto 3075 de 1997, o cualquier normativa que lo modifique, adicione o sustituya, específicamente en lo que respecta al transporte y la manipulación de alimentos. El transporte de leche cruda desde los hatos hacia los establecimientos puede realizarse utilizando carro tanques o vehículos equipados con recipientes adecuados para este propósito.
CONSIDERACIONES DE ALMACENAMIENTO	La plataforma de recepción de leche debe estar equipada con al menos un transportador mecánico o de rodillo para la manipulación de cantinas, en caso de que se utilice este método de recolección. También debe contar con una báscula para pesar la leche o un tanque receptor de leche, una bomba para facilitar el proceso inicial de enfriamiento, y equipos de enfriamiento con capacidad adecuada. Los tanques destinados al almacenamiento de leche cruda enfriada se utilizan exclusivamente para este propósito. Tienen la capacidad adecuada para recibir la producción diaria y están dispuestos de manera que faciliten la circulación, el control y la limpieza. Estos tanques están equipados con un sistema de graduación, agitador, mecanismo de toma de muestras, termómetro y un sistema que permite su limpieza interna. Además, los reductores de los agitadores de los tanques de almacenamiento están lubricados con lubricantes de grado alimenticio.
VIDA UTIL ESPERADA	En condiciones óptimas de refrigeración a 4°C (39°F) y manteniendo altos estándares de higiene, la leche de búfala cruda puede conservarse por aproximadamente 2 a 3 días. Es importante consumirla rápidamente para asegurar su frescura y calidad.
FABRICANTE	Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA) Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Sede Centro para el desarrollo agroecológico y agroindustrial (CEDAGRO) Cl. 9 #19-120, Sabanalarga, Atlántico

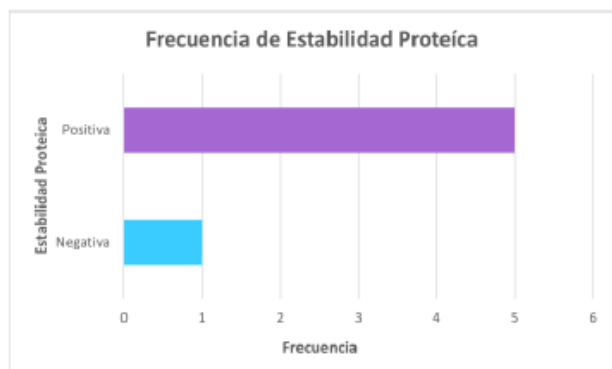
Fuente: Elaboración propia.

Estabilidad proteica de la leche de búfala de productores del Atlántico.

En la **Figura 3** se presenta la frecuencia de aparición de cada valor de estabilidad proteica en las muestras de leche de búfala analizadas, provenientes de los seis productores incluidos en el estudio. Además, se incluyen los porcentajes correspondientes y las estadísticas acumuladas, lo que permite una interpretación detallada de los resultados obtenidos.

Figura 3.

Frecuencia de la leche de búfala entre los 6 productores de estudios del departamento del Atlántico.



Fuente: Elaboración propia.

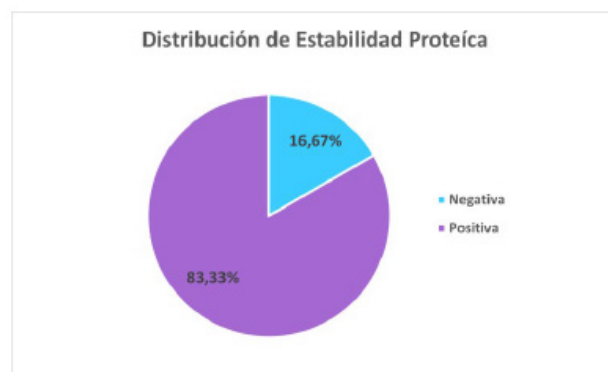
Según los datos presentados en la **Figura 3**, de las muestras de leche de búfala analizadas de seis productores, el 83.3% (5 de 6) mostró estabilidad proteica positiva, mientras que el 16.7% (1 de 6) presentó estabilidad proteica negativa. Estos resultados sugieren que la mayoría de las muestras no cumplen con el criterio de estabilidad proteica en la prueba de alcohol. En cuanto a la frecuencia acumulada y la frecuencia relativa acumulada, estos datos ilustran la distribución y acumulación de los resultados positivos en comparación con los negativos. La alta proporción de muestras con estabilidad proteica positiva indica la necesidad de intervenciones específicas para mejorar la calidad de la leche en la mayoría de los productores. Por otro lado, el productor con

estabilidad proteica negativa parece seguir buenas prácticas en términos de estabilidad, lo que podría reflejar un manejo adecuado de sus procesos de producción.

En la **Figura 4** se observa que la mayoría de los productores (5 de 6) —productores 2 (Ponedera), 3 (Manatí), 4 (Molineros), 5 (Totumo) y 6 (Las Canteras Aguadas de Pablo)— presentaron estabilidad proteica positiva en la prueba de alcohol, lo que sugiere una calidad de leche de búfala predominantemente baja en términos de estabilidad proteica. En contraste, el productor 1 (Platanal, zona norte) mostró un resultado negativo, lo que indica una buena estabilidad proteica.

Figura 4.

Distribución en porcentaje de la leche de búfala entre los 6 productores de estudios del departamento del Atlántico.



Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Al comparar los resultados de porcentaje de **grasa** con otros estudios sobre el contenido de grasa en la leche de búfala, se observa que, en general, este puede variar entre un 6% y un 10%, dependiendo de factores como la alimentación (tipo de forraje y granos) o suplementos alimenticios, las prácticas de manejo, las condiciones ambientales (temperatura y humedad), el periodo de lactancia, la raza y la genética (Bustaman-

te, 2011; Patiño, 2011). En particular, según Méndez y Fraga (2012), se ha observado un mayor contenido de grasa en las primeras semanas postparto. Asimismo, Gaafar et al. (2019) indican que una dieta rica en forrajes de alta calidad y granos puede incrementar el contenido graso de la leche.

El contenido de **lactosa** en la leche es un parámetro clave que influye tanto en su sabor dulce como en sus propiedades nutricionales. Una baja concentración de lactosa puede resultar en una leche menos dulce y con un menor potencial para la producción de productos lácteos fermentados, dado que la lactosa es esencial en el proceso de fermentación (Hettinga, 2019). En este sentido, el productor 5, ubicado en la zona de Totumo (sur), presenta el contenido de lactosa más alto ($4,856 \pm 0,0115$), lo cual podría tener un impacto positivo en el perfil organoléptico de la leche, brindando un sabor más dulce y un mayor valor energético. Además, la lactosa no solo afecta el sabor y la nutrición, sino que desempeña un papel crucial en la elaboración de productos lácteos, como quesos y yogures, donde un contenido óptimo favorece la formación de texturas y sabores deseables, además de mejorar la digestibilidad, especialmente en poblaciones sensibles o intolerantes a este carbohidrato (Hettinga, 2019). Por lo tanto, comprender las variaciones en el contenido de lactosa es fundamental para los productores que buscan mejorar la calidad y aceptación de sus productos lácteos en el mercado.

Por otra parte, el contenido de **proteínas** en la leche de búfala es un factor clave para la industria láctea, ya que estas proteínas, especialmente la caseína, son esenciales para la elaboración de productos como quesos y yogures. Las proteínas lácteas contribuyen a la formación de la estructura y textura de estos productos, además de ser determinantes en su valor nutricional. Al comparar los niveles de proteínas en la leche de búfala con los de la leche de vaca, se observa

que “la leche de búfala suele tener un mayor contenido proteico aproximadamente del 4,36%” (Quazi, 2022, p. 49). Mientras que “la leche de vaca presenta un contenido proteico que varía entre el 3,0% y el 3,5%” (Goulding et al., 2019, p. 21), la leche de búfala puede alcanzar valores de hasta el 5% o más, “dependiendo de factores como la raza, edad, periodo de lactancia y la alimentación del animal” (Cabrera, 2016, p. 21). Esta diferencia es significativa, ya que un mayor contenido de proteínas en la leche de búfala puede resultar en productos lácteos más nutritivos y de mayor calidad.

El parámetro de **sólidos totales** es fundamental para la calidad y el valor nutritivo de la leche, ya que incluye tanto los sólidos no grasos como la grasa láctea, esencial para la palatabilidad y textura de los productos lácteos. Un mayor contenido de sólidos totales generalmente se asocia con mejor calidad de la leche, lo que puede mejorar el rendimiento en la producción de quesos y otros productos lácteos (Granados et al., 2014). Además, se ha demostrado que la proliferación y actividad de las bacterias iniciadoras utilizados para producción de fermentados mejoraron en las muestras con mayores cantidades de sólidos totales (Mahdian & Mazaheri, 2007). En resumen, la variabilidad en los sólidos totales entre productores refleja las diferencias en manejo y alimentación del ganado, lo que afecta directamente la calidad y aceptación de los productos lácteos.

Finalmente, la estabilidad proteica demostró que sólo El productor 1 de Platanal (zona norte) tuvo una reacción negativa a la coagulación, atribuida a su bajo nivel de acidez ($0,316 \pm 0,0057$). Lo anterior sugiere una mayor estabilidad proteica y menor tendencia a la fermentación. Este bajo nivel de acidez podría indicar que la leche de este productor mantiene una buena calidad proteica y está fresca, ya que la estabilidad proteica generalmente refleja la calidad de la leche en términos de su composición y su

capacidad para resistir cambios durante la prueba de alcohol. Según Rodríguez (2012):

Las variantes genéticas de proteínas como la caseína α s1, β -caseína, κ -caseína y β -lactoglobulina afectan tanto la composición como las características tecnológicas de la leche, como la estabilidad térmica, el tiempo de coagulación y la aptitud quesera, factores cruciales para la industria láctea. Estas diferencias genéticas pueden estar influenciadas por aspectos como la alimentación, la edad, el estado fisiológico, la salud del animal, la raza y la estación del año. (p. 10).

Además, el balance mineral en la leche también influye en la estabilidad de las proteínas, ya que el calcio presente en las micelas de caseína es esencial para su estabilidad. Dietas desbalanceadas en minerales, como las que contienen bajo contenido de proteína y fósforo, pueden provocar falsos positivos en la prueba de alcohol, especialmente en vacas alimentadas con pastos y forrajes de baja digestibilidad. El calcio y el fósforo contribuyen a la termoestabilidad de la leche, mientras que los iones de calcio y magnesio pueden desestabilizar el sistema proteico (Hernández y Ponce, 2005).

La variabilidad observada en la estabilidad proteica de los productores en este estudio coincide con los resultados de Cárdenas (2016), que también reportó fluctuaciones en la estabilidad proteica durante el muestreo. En este caso, el productor 1 de Platanal mostró una reacción negativa a la coagulación, mientras que los demás productores presentaron reacciones positivas. Esta variabilidad podría estar relacionada con factores como el pH de la leche, la alimentación y salud del animal, la actividad microbiana o las condiciones de almacenamiento de la leche.

CONCLUSIÓN

En conclusión, los análisis comparativos realizados en este estudio muestran que la leche de búfala presenta una composición fisicoquímica y nutricional superior en comparación con la leche de vaca, lo que la convierte en una materia prima de gran valor para la producción de derivados lácteos. Su mayor contenido de grasa, proteínas, sólidos totales, calcio y vitaminas la hace especialmente adecuada para la elaboración de productos como quesos y yogures. Sin embargo, también se observan variaciones en sus valores, las cuales están influenciadas por factores como el tipo de crianza, la procedencia, la alimentación y la genética, que juegan un papel crucial en la determinación de su calidad.

Por otro lado, independientemente de la especie productora, se destaca que, para garantizar la alta calidad microbiológica de la leche, es fundamental implementar prácticas higiénico-sanitarias estrictas a lo largo de toda la cadena de producción. Esto abarca desde el ordeño hasta el almacenamiento y transporte, asegurando que la leche sea segura para el consumo y que se conserven sus propiedades nutricionales y organolépticas óptimas.

Finalmente, la variabilidad observada en los parámetros analizados subraya la importancia de factores como el manejo del ganado, la dieta y las condiciones ambientales en la calidad final de la leche. Estos resultados sugieren que, para mejorar la calidad de la leche de búfala y optimizar su uso en la producción de derivados lácteos, es necesario un enfoque integral que considere tanto los aspectos genéticos como las prácticas de manejo y producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrea-Cruz, M.A (2022). Características físico químicas de la leche de búfala (*Bubalus bubalis*). [Trabajo de grado, Colegio de Postgraduados] Repositorio Institucional COLPOSDIGITAL. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4913/Cabrera_Cruz_MA_RGP_Ganaderia_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cárdenas-Sáez, B. (2016). Caracterización fisicoquímica y composicional de la leche de búfala. *Colanta Pecuaria*, (55), 8-23. https://biblioteca.colanta.com.co/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2318
- Bustamante-Hijonosa, C.A (2012). Evaluación de la suplementación alimenticia en búfalas (*Bubalus bubalis*), durante el primer tercio de la lactancia, en un sistema de producción en trópico húmedo, en zona ecología interandina en Colombia. [Trabajo de grado, Universidad de Nacional de Colombia] Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10099/7409501.2011.pdf>
- Decreto 616 de 2006. (2006, 28 de febrero). Ministerio de Protección Social. Diario oficial No 46.196 de 28 de febrero de 2006. https://www.redjurista.com/Documents/decreto_616_de_2006_ministerio_de_la_proteccion_social.aspx#/
- González-Bell, J. (2019, marzo 27). Producción de leche de búfala será de 126 millones de litros en 2019 con 186.155 animales en ordeño. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/produccion-de-leche-de-bufala-sera-de-126-millones-delitros-en-2019-con-186-155-animales-en-ordeño>
- Goulding, D. A., Fox, P.F. & O'Mahony, J.A. (2019). Chapter 2 - Milk proteins: An overview. En M. Boland and H. Singh. (Eds.). *Milk Proteins* (pp. 21-98). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00002-5>
- Granados, C., Meza, L.A., Paba, R.S. y Acevedo, D. (2014). Elaboración de Queso de Capa a partir de Leche de Búfala del Municipio Carmen de Bolívar (Colombia). *Información tecnológica*, 25(6), 39-44. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000600006>
- Gaafar, H.M., El-Nahrawy, M.M. & Mohamed, Sh. H. (2019). Milk production and composition of lactating buffaloes fed rations containing corn silage and/or fresh berseem. *Slovak. Journal of Animal Science*, 52(2), 69-80. <https://office.sjas-journal.org/index.php/sjas/article/view/550>
- Hernández, R. y Ponce, P. (2005). Efecto de tres tipos de dieta sobre la aparición de trastornos metabólicos y su relación con alteraciones en la composición de la leche en vacas Holstein Friesian. *Zootecnia Tropical*, 23(3). 295-310. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692005000300005
- Hettinga, K. A. (2019). Chapter 6 - Lactose in the dairy production chain. Lactose. En M. Paques and C. Lindner. (Eds.). *Lactose* (pp. 231-266). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811720-0.00006-4>
- Hoyos-Ozuna, C.Y y Montes-Monterroza, J. (2015). Desarrollo de un yogurt tipo griego a base de leche de búfala con aloe vera (*Aloe Barbadensis*). [Trabajo

de grado, Universidad de Córdoba]
Repositorio Institucional UNICORDO-
BA. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/483deb7e-a68a-4591-a7a5-1fb-f1f6867b6/content>

Hurtado-Lugo, N., Cerón-Muñoz, M., Lopera, M., Bernal, A. y Cifuentes, T. (2005). Determinación de parámetros físico-químicos de leche Bufalina en un sistema de producción orgánica. *Livestock Research for Rural Development*, 17(1). <https://www.lrrd.org/lrrd17/1/hurt17001.htm>

Icontec. (2018). NTC 399:2018 Productos lácteos. Leche cruda. Requisitos. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-2184-de-2019/>

Mahdian, E. & Mazaheri, M. (2007). Evaluation the Effect of Milk Total Solids on the Relationship Between Growth and Activity of Starter Cultures and Quality of Concentrated Yoghurt. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 2 (5) 587-592. https://www.researchgate.net/profile/Mostafa-Tehrani/publication/268205039_Evaluation_the_Effect_of_Milk_Total_Solids_on_the_Relationship_Between_Growth_and_Activity_of_Starter_Cultures_and_Quality_of_Concentrated_Yoghurt/links/55a60f2708ae81aec91388db/Evaluation-the-Effect-of-Milk-To-total-Solids-on-the-Relationship-Between-Growth-and-Activity-of-Starter-Cultures-and-Quality-of-Concentrated-Yoghurt.pdf

Méndez, M. y Fraga, L.M. (2012). Producción de leche y porcentaje de grasa en el día de control de búfalas de río en la provincia de Granma. *Archivos de Ciencia Animal*, 61(233). 11-18. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000100002>

Meza-Montirel, L. y Paba-Suarez, R. (2012). Elaboración De Queso De Capa A Partir De Leche De Búfala Del Municipio Del Carmen De Bolívar (Bolívar). [Trabajo de grado, Universidad de Cartagena]Repositorio Institucional UNICARTAGENA. <https://hdl.handle.net/11227/370>

Morales-Morales, S.A., Rodríguez, N., Vásquez, J.F. y Olivera-Ángel, M. (2014). Influencia de la práctica de ordeño sobre el recuento de células somáticas (RCS) y unidades formadoras de colonias (UFC) en Leche Bufalina. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 189-196. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262014000100021

Ocampo, G.R., Gómez, A.C., Restrepo, V.D. y Cardona, C.H. (2016). Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8(2). 177-186. <https://recia.edu.co/index.php/recia/article-view/185/226>

Patiño, E.M. (2009). El búfalo. leche bubalina: producción mundial. comparación con la leche bovina. alimentos funcionales derivados de la leche. https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/65-bufalo.pdf

Patiño, E.M. (2011). Producción y calidad de la leche bubalina. *Tecnología en Marcha*, 24(5). 25-35. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835762.pdf>

Quazi, S. (2022). An overview of buffalo milk quality from beed district. *International journal of advanced research*, 10(07). 47-52. <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/15001>

Rodríguez-Tavera, E.M. (2012). Caracterización de leches con diferentes grados de estabilidad proteica. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/12129/107511.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2019). Plan De Ordenamiento Productivo Y Social De La Propiedad Rural Del Departamento Del Atlántico. https://upra.gov.co/Kit_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/ATL%C3%81NTICO/Alternativas%20Atl%C3%A1ntico.pdf

Verhelst-Salazar, A. (2015). Elaboración De Leche Condensada De Leche De Búfala (*Bubalus Bubalis*) Adicionada Con Oligofructosa. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54490>