

Caracterización fisicoquímica, bromatológica y sensorial del Queso costeño con Leche de Búfala del Atlántico.

Physicochemical, bromatological and sensory characterization of coastal cheese made from Atlantic buffalo milk.

Miller Johannes Claro Vásquez¹

¹Centro 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](tel:0009-0005-3208-1559)

Tulia Inés Pérez de la Ossa²

²Centro 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](tel:0000-0003-2857-5765)

Teresa Altamar Pérez³

³Centro 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

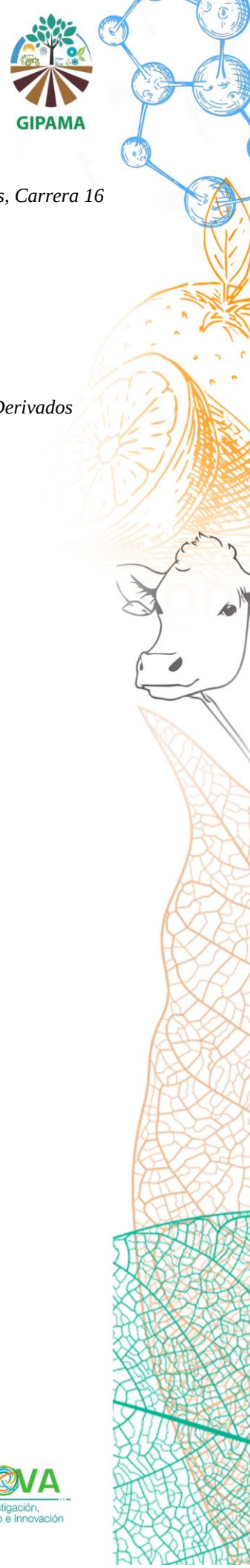
[0000-0002-5144-9532](tel:0000-0002-5144-9532)

Enedys Flórez Cortés⁴

⁴Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Ingeniera de alimentos, Msc Gerencia de proyectos de investigación y desarrollo, Carrera 66B No 66 - 60, Barranquilla, Colombia

Correo electrónico: eflorezc@sena.edu.co

[0009-0001-8142-765X](tel:0009-0001-8142-765X)



Isaac Enrique Sarmiento Coronado⁵

⁵Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Ingeniero Agroindustrial alimentos, Carrera 16

No 31A - 07, Sabanalarga, Colombia

Correo electrónico: isarmientoc@sena.edu.co

[0009-0002-4635-8799](tel:0009-0002-4635-8799)

Lilian Cristina Zuluaga Montiel⁶

⁶Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Técnico en procesamiento de Derivados

Lácteos, Carrera 19 No 22 - 23, Sabanalarga, Colombia

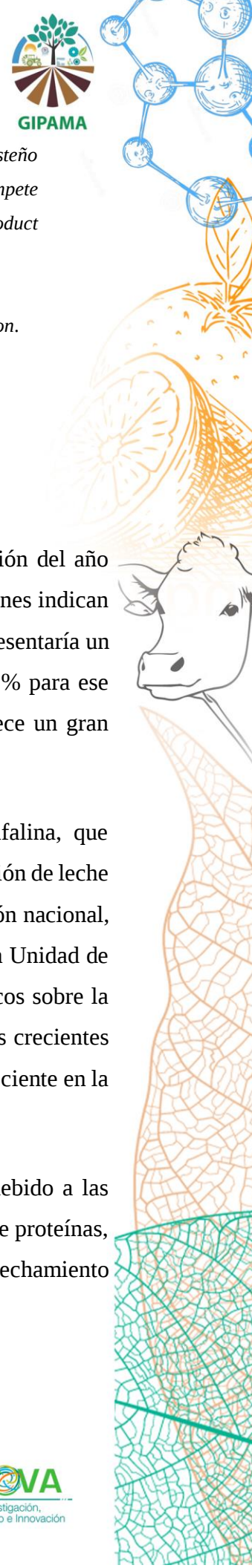
Correo electrónico: licrizumo@hotmail.com

[0009-0008-5112-1212](tel:0009-0008-5112-1212)

Resumen— El queso costeño es un producto tradicional colombiano, conocido por su sabor y textura, generalmente elaborado con leche de vaca (Gutiérrez et al., 2017). Sin embargo, el uso de leche de búfala, rica en grasas y proteínas, ha comenzado a ser considerado como una alternativa para mejorar las propiedades nutricionales y sensoriales de este queso. El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un queso costeño elaborado con leche de búfala (*Bubalus bubalis*). Para ello, se realizó una caracterización fisicoquímica de la leche cruda recolectada de productores del departamento del Atlántico. Posteriormente, se elaboró el queso fresco costeño, variando la temperatura de cuajado (30-35°C) y la concentración de sal (1% y 2%). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar y se contó con la participación de un panel de 23 evaluadores para medir la aceptabilidad sensorial del producto. Una vez determinado el queso con mayor aceptación sensorial, se realizó el análisis fisicoquímico y bromatológico. Los resultados indicaron que el queso fresco costeño, elaborado a una temperatura de cuajado de 35°C y con una concentración de sal del 1%, fue el más aceptado sensorialmente, destacándose por su cremosidad, sabor y balance de salinidad. En cuanto a las características fisicoquímicas, el queso presentó un pH de 5,63, un contenido de grasa del 24,91%, proteínas del 22,99%, sólidos totales del 51,42%, acidez del 0,059%, carbohidratos del 1,41% y un aporte calórico de 321,79 Kcal. Los minerales presentes fueron Zinc (2,74 mg/g), Hierro (1,65 mg/g), Calcio (534,48 mg/g) y Sodio (143,89 mg/g). En conclusión, el queso costeño de búfala mostró atributos sensoriales y nutricionales sobresalientes, lo que resalta su potencial para competir en el mercado de productos lácteos, además de contribuir a la estandarización y mejora de la calidad de los productos lácteos en la región.

Palabras clave— Lácteos; Composición nutricional; perfil sensorial; estandarización de proceso.

Abstract— Costeño cheese is a traditional Colombian product, recognized for its flavor and texture, typically made from cow's milk (Gutiérrez et al., 2017). However, the use of buffalo milk, rich in fat and protein, has started to be explored as an alternative to improve the nutritional and sensory properties of this cheese. The aim of this study was to evaluate the physicochemical and sensory properties of a costeño cheese made from buffalo milk (*Bubalus bubalis*). To this end, a physicochemical characterization of the raw milk collected from producers in the Atlántico region was carried out. Then, fresh costeño cheese was produced, varying the curdling temperature (30–35°C) and salt concentration (1% and 2%). A randomized complete block design was used, and a panel of 23 evaluators assessed the sensory acceptability of the product. After identifying the cheese with the highest sensory acceptance, physicochemical and bromatological analyses were performed. The results showed that the fresh costeño cheese made at a curdling temperature of 35°C and a salt concentration of 1% was the most sensorially accepted, standing out for its creaminess, flavor, and salt balance. The physicochemical characterization revealed a pH of 5.63, fat content of 24.91%, protein content of 22.99%, total solids of 51.42%, acidity of 0.059%, carbohydrates of 1.41%, and a caloric content of 321.79 Kcal. Mineral content included Zinc (2.74 mg/g), Iron (1.65



mg/g), Calcium (534.48 mg/g), and Sodium (143.89 mg/g). In conclusion, the buffalo milk costeño cheese exhibited outstanding sensory and nutritional attributes, highlighting its potential to compete in the dairy market and contributing to the standardization and improvement of dairy product quality in the region.

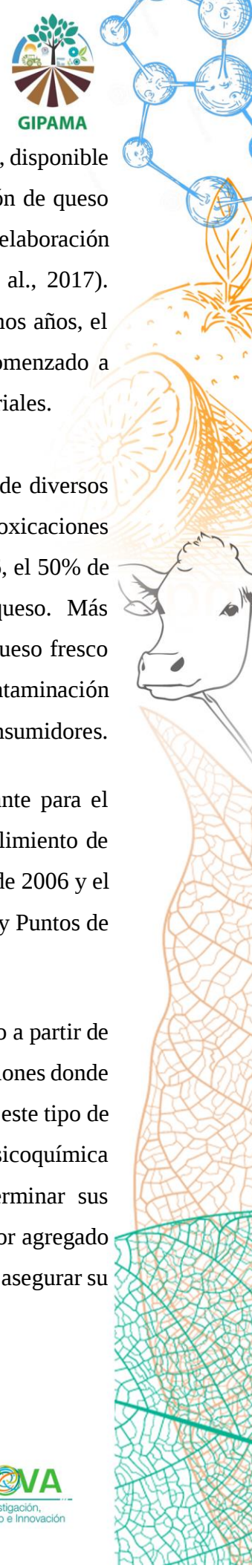
Keywords— Dairy products; Nutritional composition; Sensory profile; Process standardization.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con 521.895 cabezas de búfalo según el último censo de vacunación del año 2023, destacándose las razas como Murrah, Mediterránea y sus cruces. Las proyecciones indican que en 2027 la población de búfalos superará los 1,6 millones de cabezas, lo que representaría un incremento del 406%. Además, se espera que la producción de leche crezca un 421% para ese mismo año (Agronet, 2024). Esta notable producción de leche y sus derivados ofrece un gran potencial para el crecimiento y desarrollo del sector.

En el departamento del Atlántico, la actividad ganadera incluye la ganadería bufalina, que representa el 1% del inventario pecuario del departamento. Esto sugiere que la producción de leche de búfala en el Atlántico podría ser también aproximadamente del 1% de la producción nacional, según cálculos del DANE, ICA y Fenavi entre los años 2012 a 2016 (como se citó en Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2019). Aunque no existen datos específicos sobre la producción de leche de búfala en esta región, el aumento del número de búfalas y las crecientes oportunidades para su transformación indican que el Atlántico sigue esta tendencia creciente en la popularidad de la leche de búfala.

Según Oliveira (como se citó en Carvalho, 2022) esto es particularmente notable debido a las ventajas de la leche de búfala respecto a la de otras especies, ya que contiene niveles de proteínas, grasas y minerales superiores a los de la leche de vaca, lo que hace que su aprovechamiento industrial sea excepcional.



El queso es uno de los productos lácteos más representativos en el mercado colombiano, disponible a nivel nacional y ocupando el tercer lugar en términos de producción. La producción de queso costeño se caracteriza por su alta informalidad y su vinculación con métodos de elaboración artesanal, destacándose en el mercado por su sabor salado y textura (Gutiérrez et al., 2017). Tradicionalmente, este queso se elabora con leche de vaca; sin embargo, en los últimos años, el uso de leche de búfala, debido a su mayor contenido de grasas y proteínas, ha comenzado a considerarse como una alternativa para mejorar sus propiedades nutricionales y sensoriales.

A pesar de su popularidad y preferencia entre los consumidores como acompañante de diversos alimentos, el queso costeño ha sido señalado en varias ocasiones como causante de intoxicaciones alimentarias. Según un informe de Invima (2016), durante el primer semestre de 2016, el 50% de los casos notificados de alertas sanitarias correspondieron a productores de queso. Más recientemente, Navas et al. (2024) han señalado que, a pesar de su popularidad, el queso fresco sigue siendo producido y comercializado bajo condiciones que favorecen la contaminación microbiana y una calidad higiénica deficiente, lo que pone en riesgo la salud de los consumidores.

Por ello, la estandarización de los procesos se presenta como una apuesta importante para el aseguramiento de la calidad e inocuidad de los derivados lácteos, así como el cumplimiento de normativas exigidas para su procesamiento y comercialización, como el Decreto 616 de 2006 y el Decreto 60 de 2002, que promueven la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (HACCP) en las fábricas de alimento.

En el departamento del Atlántico la estandarización del proceso de queso fresco costeño a partir de la leche de búfala aún no está debidamente documentada. Asimismo, no hay investigaciones donde se revele información completa tanto a nivel, fisicoquímico, nutricional y sensorial de este tipo de producto lácteo. Por lo que el objetivo de este estudio es determinar la composición fisicoquímica de la leche de búfala y la producción de queso fresco costeño, así como determinar sus características fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales. Con el fin de aportar valor agregado y contribuir en la estandarización del proceso de este producto lácteo en la región para asegurar su calidad.

2. METODOLOGÍA



Materia prima para el desarrollo del queso costeño.

La Leche de Búfala (*Bubalus bubalis*) se obtuvo de seis (6) productores: Platanal - Zona Norte; Ponedera - Zona Central; Manatí - Zona Central; Molineros - Zona Norte; Totumo - Zona Sur y Las Canteras Aguadas de Pablo - Zona Norte. Tres réplicas se utilizaron para el análisis de cada muestra.

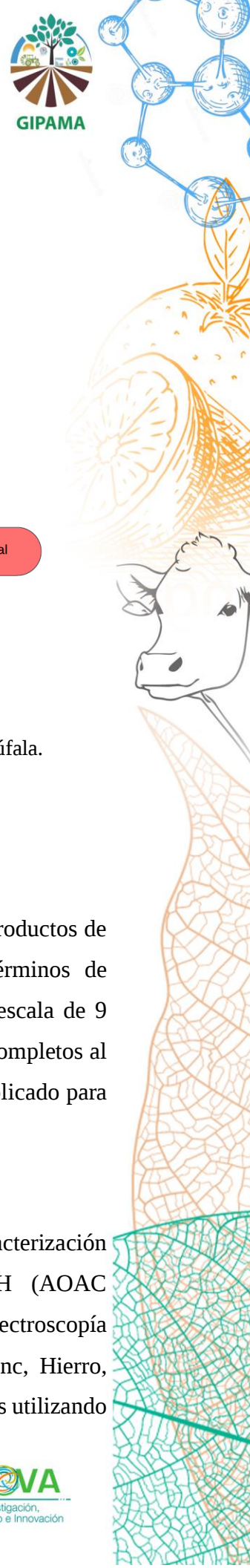
Análisis fisicoquímico de la leche de búfala

Se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, evaluando parámetros como recuento de mesófilos (UFC/mL), grasa (%), punto crioscópico (°C), lactosa (%), proteína (%), sólidos no grasos (%), sólidos totales (%), acidez (%), densidad (%), índice de refracción (%) y estabilidad proteica.

Se utilizó el analizador MilkoScan para los análisis, aplicando los métodos ISO 4833-1:2013 para recuento de mesófilos, AOAC 972.16:1996 para grasa, y espectroscopía infrarroja para lactosa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales. La acidez se determinó por titulometría (AOAC 947.5:1947), la densidad por gravimetría (AOAC 925.22:1990), el índice de refracción por refractometría (NTC 399:2018) y la estabilidad proteica por análisis cualitativo.

Proceso de elaboración del Queso costeño de leche de búfala

El proceso de elaboración del Queso costeño de leche de búfala se describe en la Figura 1. Se analizaron cuatro (4) tratamientos de queso costeño utilizando leche de búfala, variando la temperatura de cuajado entre 30 y 35°C y aplicando dos concentraciones de sal (1% y 2%). Finalmente, se inoculó con el cuajo y se dejó reposar hasta que se formó la cuajada.



Flujograma de la elaboración del Queso fresco costeño a base de leche de Búfala

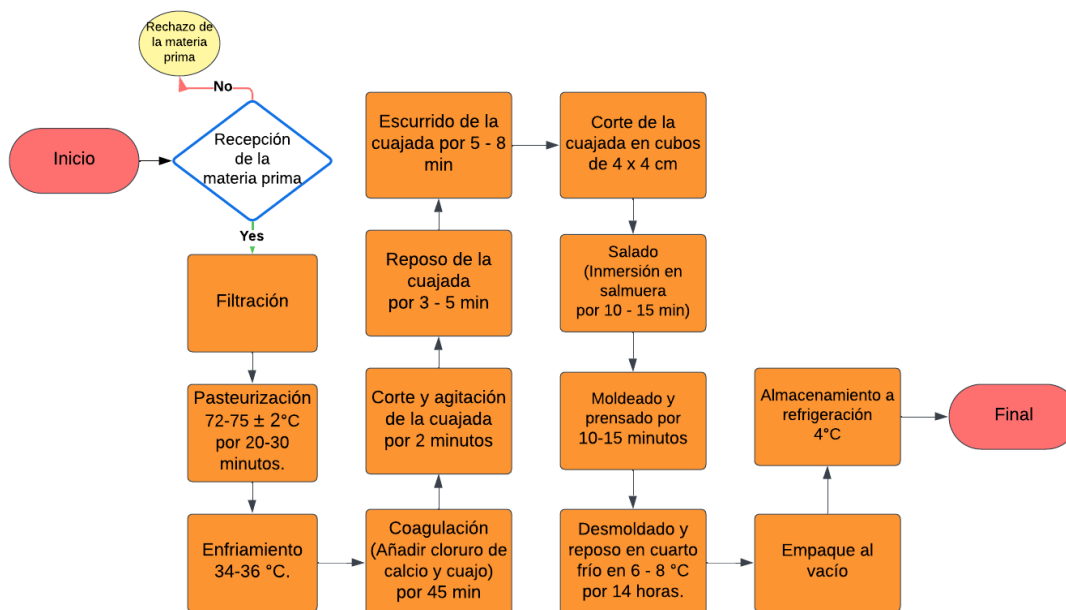


Figura 1. Flujograma de la elaboración del Queso fresco costeño a base de leche de Búfala.

Fuente: Elaboración Propia.

Evaluación Sensorial del Queso costeño de leche de búfala

Se realizó un análisis hedónico con un panel de 23 evaluadores para determinar los productos de mayor aceptación sensorial, evaluando cuatro tratamientos para el queso en términos de (Cremosidad, Sabor, Salinidad, Aceptabilidad general del producto) mediante una escala de 9 puntos. Los resultados se analizaron utilizando un diseño factorial 2X2 con bloques completos al azar, donde cada bloque representó a un panelista. Las muestras se analizaron en duplicado para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Determinación bromatológica y fisicoquímica del Queso mejor aceptado.

Una vez establecido el Queso con mejor aceptación sensorial, se realizó su caracterización fisicoquímica, analizando parámetros como acidez (AOAC 925.22:1990), pH (AOAC 981.12:1990.), Cenizas (AOAC 991.43:1992), Proteína y Sólidos totales (Espectroscopía infrarroja), Grasas (AOAC 972.16:1996), Densidad (gravimetría), contenido de Zinc, Hierro, Sodio, Calcio y Plomo (Método Interno). Los carbohidratos por diferencia y las calorías utilizando



el método de factores de Atwater. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de análisis microbiológicos y fisicoquímicos de alimentos del Centro.

Diseño experimental

El diseño experimental consistió en 92 corridas, organizadas en función de dos factores: (A) Tratamientos, evaluados en los siguientes niveles: T1 (temperatura de cuajado 30°C y concentración de sal al 1%), T2 (temperatura de cuajado 30°C y concentración de sal al 2%), T3 (temperatura de cuajado 35°C y concentración de sal al 1%), y T4 (temperatura de cuajado 35°C y concentración de sal al 2%); y (B) Panelistas, evaluados en los niveles: Panelista 1 hasta Panelista 23. Las variables de respuesta incluyeron los atributos sensoriales de *cremosidad*, *sabor*, *salinidad* y *aceptabilidad general del producto*.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software **STATGRAPHICS Plus**, versión **Centurión XVI**. Para la evaluación de las diferencias entre los tratamientos, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) seguido del método de **diferencias mínimas significativas (LSD)** de Fisher para las comparaciones múltiples, con un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0,05$). Este enfoque permitió estimar y comparar las respuestas sensoriales obtenidas de los panelistas, con el objetivo de identificar el producto con mayor aceptación sensorial.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímico de la leche de búfala de productores del Atlántico

Los resultados presentados en la **Tabla 1** muestran diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en los parámetros fisicoquímicos de la leche analizada entre los distintos productores, con un nivel de confianza del 95%. Estas diferencias reflejan diferencias reales en la calidad de la leche, las cuales están asociadas a la zona de procedencia de cada productor.



Tabla 1. Análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos de la leche de búfala de los productores del departamento del Atlántico*.

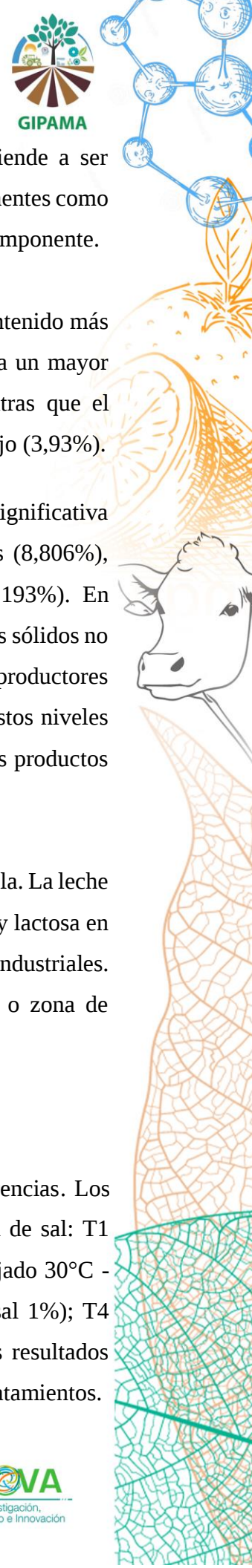
Procedencia de la muestra	% Grasa	% Lactosa	% Proteína	% Solidos no grasos	% Solidos Totales
1	6,486 ± 0,0321 ^B	4,543 ± 0,0115 ^B	3,93 ± 0,01 ^A	9,243 ± 0,0115 ^B	16,62 ± 0,03 ^B
2	3,006 ± 0,0115 ^A	4,646 ± 0,0115 ^D	5,003 ± 0,0230 ^F	10,69 ± 0 ^F	14,546 ± 0,0057 ^A
3	9,573 ± 0,0057 ^F	4,74 ± 0,01 ^E	4,163 ± 0,0057 ^C	9,37 ± 0,0173 ^C	20,193 ± 0,0152 ^E
4	8,27 ± 0,01 ^C	4,59 ± 0,01 ^C	4,246 ± 0,0057 ^D	9,573 ± 0,0057 ^D	18,856 ± 0,0251 ^C
5	8,87 ± 0 ^E	4,856 ± 0,0115 ^F	4,436 ± 0,0057 ^E	9,966 ± 0,0057 ^E	19,963 ± 0,0115 ^D
6	8,753 ± 0,0115 ^D	4,146 ± 0,0057 ^A	4,12 ± 0,0173 ^B	8,806 ± 0,0208 ^A	18,86 ± 0,04 ^C

Media ± Desviación estándar SD. Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística mínima significativa ($p \leq 0,05$). Procedencia de la muestra; **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.

Fuente: Elaboración Propia.

En relación con el contenido de grasa, el productor 3, ubicado en la zona central, presentó el valor más alto (9,573%), superando el promedio reportado por Ocampo et al. (2016) de 7,23%. Este resultado sugiere que el manejo en esta región podría estar orientado hacia una mayor producción de grasa, lo cual es favorable para la elaboración de productos lácteos con mejores características de textura y sabor. Los demás productores mostraron contenidos de grasa intermedios, aunque significativamente diferentes entre sí.

Respecto al contenido de lactosa, el productor 5, de Totumo (zona sur), presentó el nivel más elevado (4,856%). Igualmente, acercándose a lo reportado por Ocampo et al. (2016) que fue de



5,06%, lo que puede sugerir que el contenido de lactosa en la leche de búfala tiende a ser consistente y menos afectado por factores de procedencia, a diferencia de otros componentes como la grasa y la proteína, sino más bien, en la capacidad del rumiante en sintetizar este componente.

En el análisis de proteínas, el productor 2, de Ponedera (zona central), presentó el contenido más alto (5,003%), al valor de 4,07% reportado por Ocampo et al. (2016). El cual indica un mayor valor nutricional y potencialmente adecuado para la producción de quesos, mientras que el productor 1, de la zona de Platanal (zona norte), tiene el contenido de proteína más bajo (3,93%).

En cuanto a los sólidos no grasos y los sólidos totales, se observó una variabilidad significativa entre los productores. El productor 6 presentó el menor valor de sólidos no grasos (8,806%), mientras que el productor 3 registró el mayor contenido de sólidos totales (20,193%). En comparación, los valores reportados por Ocampo et al. (2016) fueron de 9,91% para los sólidos no grasos y 16,81% para los sólidos totales. Este hallazgo destaca que, aunque algunos productores superan los promedios reportados, otros se encuentran por debajo de esos valores. Estos niveles son cruciales, ya que influyen directamente en el rendimiento y la consistencia de los productos lácteos, especialmente en la elaboración de quesos.

Cabe resaltar que existen diferencias inherentes entre la leche de vaca y la leche de búfala. La leche de búfala generalmente tiene un contenido más alto de grasa, proteína, sólidos totales y lactosa en comparación con la leche de vaca, lo que influye en su valor nutricional y sus usos industriales. Estas características hacen que la leche de búfala sea distintiva en cada territorio o zona de procedencia y requiera un tratamiento diferente al de la leche de vaca.

Resultados de análisis sensorial

El estudio comparó muestras de cuatro tratamientos distintos para evaluar las preferencias. Los tratamientos consistieron en variaciones de temperatura de cuajado y concentración de sal: T1 (Temperatura de cuajado 30°C - Concentración de sal 1%); T2 (Temperatura de cuajado 30°C - Concentración de sal 2%); T3 (Temperatura de cuajado 35°C - Concentración de sal 1%); T4 (Temperatura de cuajado 35°C - Concentración de sal 2%). La tabla 2 resume los resultados obtenidos del análisis sensorial de las muestras de queso elaborados bajo los cuatro tratamientos.



Tabla 2. Análisis estadístico de las medias de los descriptores sensoriales en los cuatro tratamientos de Queso Fresco de leche de Búfala.

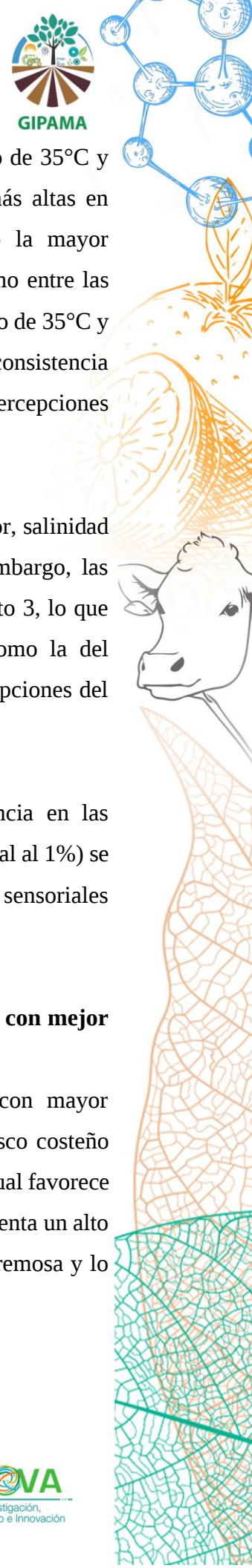
Tratamientos	Creмосidad	Sabor	Salinidad	Aceptabilidad general
T1	5,347 ± 1,5698 ^B	4,347 ± 1,6197 ^A	4,326 ± 1,4970 ^A	4,782 ± 1,5062 ^A
T2	4,565 ± 1,6188 ^A	4,108 ± 1,5951 ^A	3,956 ± 1,5144 ^A	4,217 ± 1,3884 ^A
T3	6,326 ± 1,0292 ^C	5,891 ± 1,0548 ^B	5,760 ± 1,6436 ^B	6,065 ± 1,2995 ^B
T4	6,326 ± 1,2211 ^C	5,543 ± 1,0435 ^B	5,304 ± 1,2589 ^B	5,652 ± 1,1524 ^B

Media ± Desviación estándar SD. Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística mínima significativa ($p \leq 0,05$). Tratamientos: T1 (Temperatura de cuajado 30°C - Concentración de sal 1%); T2 (Temperatura de cuajado 30°C - Concentración de sal 2%); T3 (Temperatura de cuajado 35°C - Concentración de sal 1%); T4 (Temperatura de cuajado 35°C - Concentración de sal 2%).

Fuente: Elaboración Propia.

El **Tratamiento 1** (temperatura de cuajado de 30°C y concentración de sal al 1%) mostró puntuaciones moderadas en todos los atributos evaluados: cremosidad, sabor, salinidad y aceptabilidad general. Aunque sus medias no fueron las más altas en comparación con los otros tratamientos, se destacó por tener una desviación estándar relativamente alta en casi todos los atributos. Esto sugiere una mayor variabilidad en las percepciones de los panelistas, lo que indica que las opiniones sobre este tratamiento fueron más diversas. Esta variabilidad podría ser una desventaja si se busca consistencia en la aceptación del producto, por lo que el Tratamiento 1 podría no ser la opción ideal si se prioriza la homogeneidad en las evaluaciones.

En cuanto al **Tratamiento 2** (temperatura de cuajado de 30°C y concentración de sal al 2%), se observó que presentó puntuaciones ligeramente inferiores en cremosidad y sabor, mientras que los valores de salinidad y aceptabilidad general fueron intermedios. Las desviaciones estándar de este tratamiento fueron comparables a las del Tratamiento 1, indicando también una considerable variabilidad en las percepciones de los panelistas. La puntuación más baja en cremosidad y sabor, junto con una alta variabilidad, sugiere que el Tratamiento 2 no fue el más favorable en términos de aceptación general y consistencia. Por lo tanto, este tratamiento no parece ser la mejor opción si se busca un equilibrio entre aceptación y uniformidad en las evaluaciones.



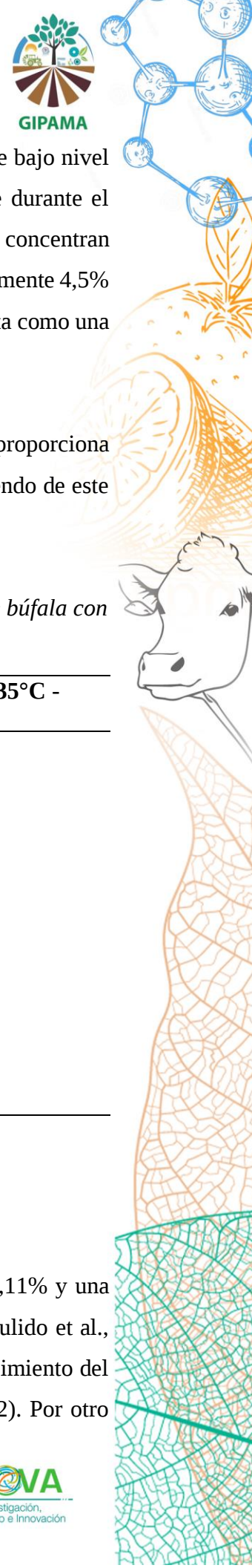
El análisis de los tratamientos reveló que el **Tratamiento 3** (temperatura de cuajado de 35°C y concentración de sal al 1%) fue el más destacado, obteniendo las puntuaciones más altas en cremosidad, sabor, salinidad y aceptabilidad general. Este tratamiento presentó la mayor uniformidad y fue el más preferido por los panelistas, indicando un equilibrio óptimo entre las características sensoriales. En comparación, el **Tratamiento 4** (temperatura de cuajado de 35°C y concentración de sal al 2%) también obtuvo buenas puntuaciones, pero con una consistencia ligeramente inferior. A pesar de las altas puntuaciones, la menor uniformidad en las percepciones del Tratamiento 4 lo hace menos ideal en términos de consistencia de aceptación.

Finalmente, el **Tratamiento 4** mostró puntuaciones competitivas en cremosidad, sabor, salinidad y aceptabilidad general, con medias altas en todos los atributos evaluados. Sin embargo, las desviaciones estándar fueron ligeramente menores en comparación con el Tratamiento 3, lo que sugiere una buena consistencia en las evaluaciones, aunque no tan destacada como la del Tratamiento 3. A pesar de sus altas puntuaciones, la menor consistencia en las percepciones del Tratamiento 4 podría ser un factor para considerar al tomar la decisión final.

En resumen, tomando en cuenta tanto las altas puntuaciones como la consistencia en las evaluaciones, el **Tratamiento 3** (temperatura de cuajado de 35°C y concentración de sal al 1%) se presenta como la mejor opción, proporcionando un equilibrio ideal de características sensoriales que fueron altamente valoradas por los evaluadores.

Resultados de la caracterización bromatológica y fisicoquímica del Queso fresco con mejor aceptación sensorial.

Los resultados de la caracterización bromatológica y fisicoquímica del queso con mayor aceptación sensorial se presentan en la **Tabla 3**. El análisis revela que el queso fresco costeño elaborado con leche de búfala tiene un nivel de acidez de 0,059% y un pH de 5,63, lo cual favorece la estabilidad y frescura del producto, sin alterar su sabor característico. Además, presenta un alto contenido de grasas (24,91%) y proteínas (22,99%), lo que le confiere una textura cremosa y lo convierte en una fuente significativa de proteínas para la dieta diaria (Aguilar, 2011).



Aunque el queso carece de fibra y su contenido de carbohidratos es bajo (1,41%), este bajo nivel de carbohidratos se debe principalmente a la lactosa, cuya concentración se reduce durante el proceso de fabricación del queso. Según Yunes y Benedet (2000), en este proceso se concentran las proteínas y las grasas, mientras que los niveles de lactosa disminuyen a aproximadamente 4,5% en la leche de búfala (El-Salam y El-Shibiny, 2011). Por lo tanto, este queso se presenta como una excelente opción para quienes buscan alimentos bajos en carbohidratos.

Adicionalmente, el queso elaborado contiene un 51,42% de sólidos totales, lo que proporciona firmeza y una consistencia densa, junto con un valor energético de 321,79 kcal, haciendo de este un alimento nutritivo y apetecible.

Tabla 3. Caracterización bromatológica y fisicoquímica del Queso fresco de leche de búfala con mejor aceptación sensorial.

Queso Fresco de leche de búfala - Tratamiento 3 (Temperatura de cuajado 35°C - Concentración de sal 1%)	
Acidez	0,059±0,003
pH	5,63±0,056
Ceniza	2,11±0,00
Grasas	24,91±0,749
Proteína	22,99±0,084
Fibra dietaria Total	0,00±0,00
Sólidos Totales	51,42±0,551
Zinc	2,74±0,063
Hierro	1,65±0,0141
Calcio	534,48±20,81
Sodio	143,89±1,484
Plomo	0,00±0,00
Contenido Carbohidratos	1,41±0,00
Contenido Calorías	321,79±0,00
Media ± Desviación estándar SD	

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al perfil mineral, el queso costeño presentó un contenido de cenizas de 2,11% y una concentración de calcio de 534,48 mg/g, lo cual es beneficioso para la salud ósea (Pulido et al., 2018). Además, su contenido de zinc (2,74%) y hierro (1,65%) contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico y a la promoción de la salud en general (Chasapis et al., 2012). Por otro



lado, el contenido de sodio, de 143,89 mg por cada 100 gramos, proporciona un sabor salado equilibrado, sin exceder los niveles recomendados para una dieta saludable.

De acuerdo con Caballero (2011), el queso costeño es un tipo de queso fresco; en este sentido, sus características coinciden con las de otros quesos frescos, por lo que sus resultados son similares de acuerdo a un estudio por (Carvalho, 2022) el cual analizó la leche de búfala producida en el estado de Pará (Brasil), utilizada para elaborar el queso tipo Minas Frescal, que es un tipo de queso fresco, y caracterizó sus composiciones fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales, además de su rendimiento económico y nutricional para ser utilizada en el almuerzo escolar. Los resultados mostraron que el queso fresco presentó un contenido de humedad de 55%, grasa de 26,22%, Solidos totales de 45%, y Ácidez de 0,5%. En cuanto al contenido mineral, el contenido de hierro fue de 1,90 mg/g, Zinc de 2,1 mg/g, y calcio de 941,9 mg/g.

Asimismo, otro estudio realizado por Aguilar (2011) se centró en analizar las diferencias en la composición química y las características sensoriales de quesos frescos elaborados con estas dos tipos de leche (leche entera de vaca (*Bos taurus*) y leche entera de búfala (*Bubalus bubalis*). Sus resultados en cuanto el queso fresco elaborado con leche de búfala fueron 22,85% de proteína cruda, 21,04% de grasa, 45,62 de materia seca, 2,24 de cenizas y 58,10 de humedad.

Estas comparaciones destacan que el queso fresco costeño y otros quesos frescos elaborados con leche de búfala presentan perfiles bromatológicos y fisicoquímicos que los hacen ideales para distintos mercados y aplicaciones. Por ejemplo, el queso Minas Frescal, al ser más húmedo, es perfecto para platos frescos o aquellos que no requieren mucha cocción. En cambio, el queso costeño, con su textura más firme y menos humedad, tiene una consistencia más estable, lo que lo hace ideal para otras preparaciones culinarias.

4. CONCLUSIONES

La caracterización fisicoquímica de la leche de búfala reveló diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los parámetros analizados entre los distintos productores. La leche de búfala muestra un perfil altamente favorable para la producción de derivados lácteos, como el queso costeño. Con un contenido significativo de grasa y proteínas, esta leche contribuye a la cremosidad y riqueza de los productos elaborados. Los parámetros analizados, como la acidez, el pH y la densidad, indican que



la leche de búfala es ideal para la elaboración de quesos de alta calidad, cumpliendo con los estándares de sabor y textura que los consumidores esperan.

Las variaciones en las condiciones de producción del queso costeño de búfala, como la temperatura de cuajado y la concentración de sal, influyen significativamente en las características sensoriales del queso. Se encontró que el tratamiento 3 con temperatura de cuajado a 35°C y 1% de sal fue el más aceptado por los evaluadores. Este queso costeño de búfala destacó por su cremosidad, sabor equilibrado y salinidad adecuada.

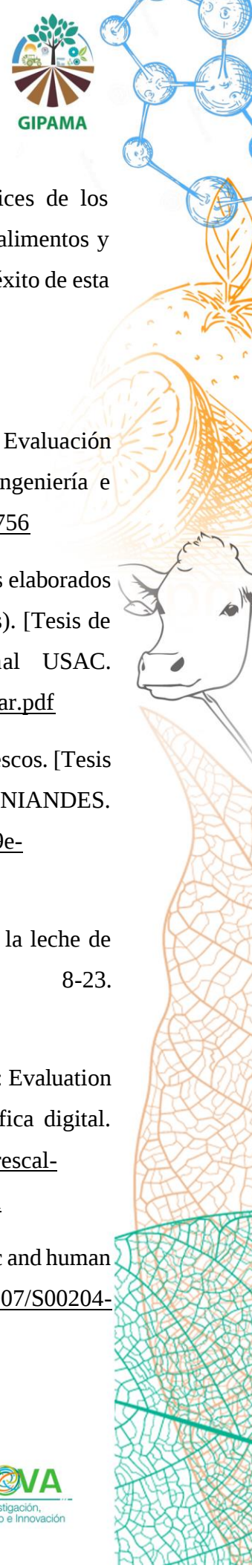
El queso costeño de búfala presenta un perfil fisicoquímico y nutricional destacado, con un pH de 5,63, un contenido de grasa del 24,91%, proteínas del 22,99%, sólidos totales del 51,42%, acidez de 0,059%, contenido calórico de 321,79 Kcal. Además, de un perfil de minerales, calcio (534,48 mg/g), zinc (2,74 mg/g), hierro (1,65 mg/g), sodio (143,89 mg/100 g), lo que sugiere su potencial para competir en el mercado de productos lácteos y contribuir a la salud nutricional de los consumidores.

La estandarización de los procesos de producción es crucial para mejorar la calidad del queso costeño y asegurar su competitividad en el mercado, lo que podría beneficiar tanto a los productores como a los consumidores de la Región.

5. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA del SENA, por su valioso apoyo y por destinar los recursos necesarios para la ejecución de este proyecto. Su compromiso con el fomento de la investigación y la innovación en el sector agroindustrial ha sido fundamental para el desarrollo de esta iniciativa.

Agradecemos sinceramente al personal técnico del Centro de Valor Agregado (CVA) del Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial (CEDAGRO) del SENA en Sabanalarga, Atlántico, por su dedicación, profesionalismo y colaboración en todas las etapas del proyecto. Su conocimiento y experiencia han sido clave para los resultados obtenidos.



Asimismo, expresamos nuestro agradecimiento al equipo técnico y a los aprendices de los programas de procesamiento de derivados lácteos, tecnólogos en procesamiento de alimentos y control de calidad del CEDAGRO-SENA, cuya participación fue fundamental para el éxito de esta iniciativa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arteaga, M.R., Soto, I.L., Soto, J.A., Teherán, L.M. y Vélez, G.I. (2017). Evaluación fisicoquímica de la leche de búfala producida en el departamento de córdoba. Ingeniería e Innovación, 5(2), 1-11. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rri/article/view/1756>

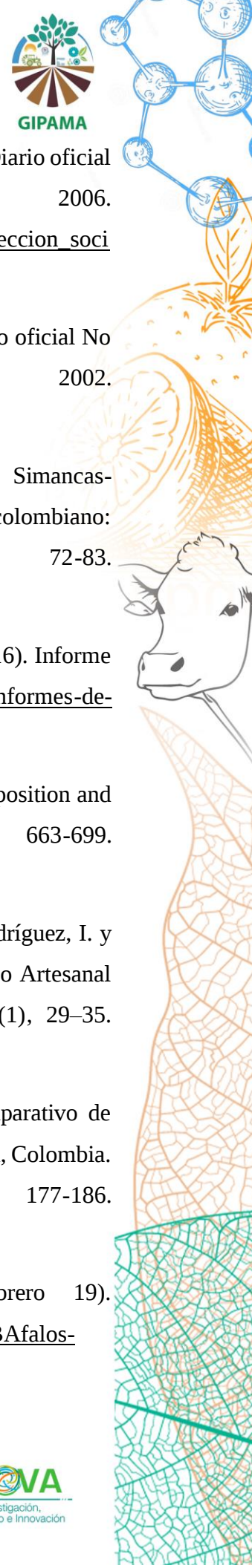
Aguilar-Guerra, A. (2011). Comparación química y sensorial de quesos frescos elaborados a base de leche entera de vaca (*Bos taurus*) y leche entera de búfala (*Bubalus bubalis*). [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala] Repositorio Institucional USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2827/1/Tesis%20Lic%20Zoot%20Otto%20Aguilar.pdf>

Caballero-Granados, R.A. (2011). Producción y comercialización de quesos frescos. [Tesis de grado, Universidad de los Andes] Repositorio Institucional UNIANDÉS. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/0d0e781c-0631-4fff-919e-fa550fc3b994/content>

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

Carvalho-de Moraes, M. (Eds.). (2022). Buffalo milk and cheese minas frescal: Evaluation physicochemical, microbiological, sensorial, economic and as school lunch. Científica digital. <https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/buffalo-milk-and-cheese-minas-frescal-evaluation-physicochemical-microbiological-sensorial-economic-and-as-school-lunch>

Chasapis, C.T., Loutsidou, A.C., Spiliopoulou, C. y Stefanidou, M. (2012). Zinc and human health: an update. Archives of Toxicology, 86(4), 521-534. <https://www.doi.org/10.1007/S00204-011-0775-1>



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#/

Decreto 60 de 2002. (2002, 18 de enero). El Presidente de la República. Diario oficial No 44.686 del 24 de Mayo de 2002. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6005>.

Gutiérrez-Castañeda, C., Quintero-Peñaranda, R., Burbano-Caicedo, I. y Simancas-Trujillo, R. (2017). Modelo de quesería artesanal bajo un signo distintivo en el Caribe colombiano: caso Atlántico. Revista Lasallista de Investigación, 14(1), 72-83. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69551301007.pdf>

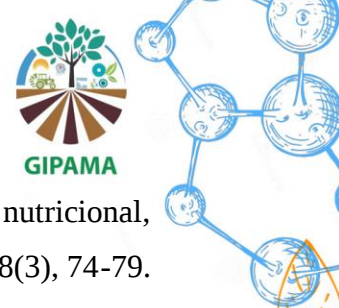
Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima). (2016). Informe de Gestión 2016. https://www.invima.gov.co/images/pdf/nuestraentidad/Gestion/Informes-de-Gestion/Inf_Getion_I_Sem_2016_08_Sept_DG_Final.pdf

El-Salam, M.A. y El-Shibiny, S. (2011). A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk. Dairy Science & Technology, 91(6), 663-699. <https://www.doi.org/10.1007/S13594-011-0029-2>

Navas-Guzmán, N.M., De la Rosa-Barrios, L., Ruiz-Arrieta, M., Ballesta-Rodríguez, I. y Peluffo-Rivera, A. (2024). Calidad Higiénica De Ventas Informales De Queso Fresco Artesanal En El Mercado Público De Barranquilla, Colombia. Ciencia en Desarrollo, 15(1), 29–35. <https://doi.org/10.19053/01217488.v15.n1.2024.15747>

Ocampo, R., Gómez, C., Restrepo, D. y Cardona, 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://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9423024>

Por qué los búfalos son los reyes del trópico. (2024, febrero 19). Agronet. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Por-qu%C3%A9-los-b%C3%BAfalos-son-los-reyes-del-tr%C3%B3pico.aspx#>



Pulido, R., Pinzón, D.M. y Tarazona-Díaz, M.P. (2018). Caracterización nutricional, microbiológica y sensorial de queso fresco. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 38(3), 74-79. <https://n9.cl/48ino>

Segovia-Espindola, L.N. (2023, del 15 de Junio). Composición físico-químico de la leche de búfala (*Bubalus bubalis*) [Conferencia]. XXVIII Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Argentina. https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/53893/RIUNNE_FVET_A_C_Segovia_Espindola_LN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sumit, A., Sindhu, J.S. y Khetra, Y. (2022). Buffalo Milk. *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Third edition). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00125-2>

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

Yunes, V.M. y Benedet, H.D. (2000). Desenvolvimento experimental de queijo fresco de leite da espécie bubalina. *Food Science and Technology International*, 20(3), 285-290. <https://www.doi.org/10.1590/S0101-20612000000300002>