



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD INGENIERIA**  
**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Efecto de la adición de leche sobre su composición,  
Ph y características inmunológicas de la cuajada de calostro

**Trabajo de Titulación para optar al título de  
Ingeniero Agroindustrial**

**Autor:**

Pazmiño Orozco, Bethy Maribel

**Tutor:**

PhD. Davinia Sánchez Macias

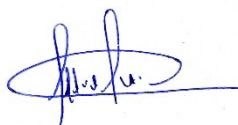
**Riobamba, Ecuador. 2026**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Bethy Maribel Pazmiño Orozco, con cédula de ciudadanía 0605512128, autora del trabajo de investigación titulado: “EFECTO DE LA ADICIÓN DE LECHE SOBRE SU COMPOSICIÓN, PH Y CARACTERISTICAS INMUNOLÓGICAS DE LA CUAJADA DE CALOSTRO”, y la directora Davinia Sánchez Macias, tutora y directora del proyecto de investigación “Diseño e implementación de programas y estrategias basadas en SMART & PACT Science concepts para fomentar la integridad científico-académica en todos los niveles educativos. IMPACT SCIENCE”, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 12 de junio de 2026.



---

Bethy Maribel Pazmiño Orozco  
C.I:0605512128

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Davinia Sánchez Macias catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE LECHE SOBRE LA COMPOSICIÓN, PH Y CARACTERISTICAS INMUNOLÓGICAS DE LA CUAJADA DE CALOSTRO, bajo la autoría de Bethy Maribel Pazmiño Orozco; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 12 del mes de junio de 2026



---

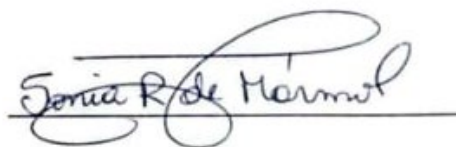
Davinia Sánchez Davinia  
C.I:1744211934

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL


Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación EFECTO DE LA ADICIÓN DE LECHE SOBRE SU COMPOSICIÓN, PH Y CARACTERISTICAS INMUNOLÓGICAS DE LA CUAJADA DE CALOSTRO, presentado por Bethy Maribel Pazmiño Orozco, con cédula de identidad número 0605512128, bajo la tutoría de PhD Davinia Sánchez Macias; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 12 de junio de 2026

**Sonia Rodas, PhD.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Handwritten signature of Sonia Rodas in blue ink, written over a horizontal line.

**Sebastián Guerrero, Mgs.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Handwritten signature of Sebastián Guerrero in blue ink, written over a horizontal line.

**José Miranda, PhD.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Handwritten signature of José Miranda in blue ink, written over a horizontal line.



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



UNACH-RGF-01-04-08.17  
VERSIÓN 01 : 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **PAZMIÑO OROZCO BETHY MARIBEL** con CC: **0605512128**, estudiante de la Carrera **AGROINDUSTRIA**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"EFECTO DE LA ADICIÓN DE LECHE SOBRE SU COMPOSICIÓN, PH Y CARACTERÍSTICAS INMUNOLÓGICAS DE LA CUAJADA DE CALOSTRO"**, cumple con el 4 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 17 de marzo de 2026



---

PhD. Davinia Sánchez Macías  
**TUTORA**

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi corazón el presente trabajo de investigación a Dios por brindarme su apoyo incondicional, al ser el guía que me cuida y me bendice los pasos que doy día a día.

A mi padre Edwin Pazmiño y mi madre Norma Orozco por ser mi principal apoyo durante toda mi vida, por confiar en mí cada día para poder cumplir mis expectativas siempre brindándome su amor, enseñanzas y cariño incondicional, para poder ser la persona que hoy en día soy.

A mis hermanos Diego, Camila, Fabricio, Guadalupe, que siempre estuvieron conmigo brindándome su apoyo y cariño incondicional en esta etapa de la vida.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi abuelita Laura, que desde el cielo estará celebrando conmigo uno más de mis triunfos.

*Bethy Maribel Pazmiño Orozco*

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía, brindarme sabiduría y por poner en mi vida a las personas y momentos correctos a lo largo de este camino.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirme las puertas para poder cumplir tan anhelado sueño de ser una profesional.

A mi tutora de tesis PhD Davinia Sánchez Macias por ser un pilar fundamental en este proceso y apoyarme en cada paso de esta etapa.

A mi padre Edwin Pazmiño y mi madre Norma Orozco, quienes siempre confiaron en mí y en mis sueños, brindándome su apoyo incondicional y alentándome en todas mis etapas de estudio, gracias por cada sacrificio que hicieron sin que yo lo pidiera, por depositar su entera confianza en cada reto que se me presentaba y brindándome su entero apoyo para poder sobresalir.

A mis hermanos que siempre estuvieron conmigo brindándome su apoyo y cariño en esta etapa de la vida.

A mis amigos (Rashell, Ale, Alison, Annie, July, Dayana, Andrés, Criss) por formar parte de este largo camino universitario, apoyándonos en los buenos y malos momentos en todo el trayecto de la vida estudiantil.

Y, de manera especial, a Andrés Sebastián, por estar conmigo en cada momento, tanto en los buenos como en los difíciles, por apoyarme cuando más lo necesité y por extenderme su mano en los momentos más complicados.

A la vida, por sus lecciones, sus golpes, sus momentos y también sus regalos.

**Este logro no es solo mío, es de cada una de las personas que estuvieron aquí, las que ya no están y de las que nunca dejaron de creer en mí.**

*Bethy Maribel Pazmiño Orozco*

# ÍNDICE GENERAL

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR .....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
Original .....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO .....	
ÍNDICE GENERAL .....	
ÍNDICE DE TABLAS. ....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT .....	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Antecedentes.....	14
1.2. Problema.....	14
1.3. Justificación .....	15
1.4. Objetivos.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Estado del arte.....	17
2.2. Fundamentos teóricos.....	18
2.2.1 Calostro y leche.....	18
2.2.2 Utilidades y aprovechamiento del calostro.....	20
2.2.3 Cuajadas Lácteas .....	20
2.2.4 Productos derivados.....	22
2.2.5 Interferencia del calostro en la leche .....	23
2.2.6 Color instrumental.....	23
2.2.7 Tratamiento térmico en productos lácteos .....	24
2.2.8 Textura de productos tipo cuajada.....	24
2.2.9 ELISA.....	26
CAPÍTULO III. METODOLOGIA .....	28
3.1. Tipo de investigación .....	28
3.2. Diseño de investigación.....	28
3.3. Materias primas y elaboración de las cuajadas.....	32
3.3.1 Técnicas de recolección de datos.....	34
3.3.2 Población de estudio y tamaño de muestra.....	38
3.3.3 Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos .....	38
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1 Características del calostro, leche y sus cuajadas .....	39
4.2 Composición química básica de las cuajadas de calostro .....	40
4.3. Textura Instrumental .....	42
4.4. Color instrumental.....	44

4.5 Cuantificación de inmunoglobulina G .....	48
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	50
5.1. Conclusiones .....	50
5.2 Recomendaciones .....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	51
ANEXOS.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Diferencia entre calostro bovino y leche bovino .....	19
Tabla 2 Productos elaborados con calostro y leche. ....	22
Tabla 3. Codificación, días de almacenamiento, concentración de leche y calostro.....	29
Tabla 4 Matriz de consistencia .....	29
Tabla 5 Operacionalización de variables .....	31
Tabla 6. Escala de valoración según la diferencia de color.....	36
Tabla 7. Preparación de la curva patrón de IgG .....	37
Tabla 8 Valores medios y desviación estándar de la composición fisicoquímica básica e IgG de la leche, calostro y mezclas.....	39
Tabla 9. Valores medios de la composición fisicoquímica básica y composicional de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento. ....	40
Tabla 10 Valores medios de la textura instrumental de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento. ....	42
Tabla 11 Valores medios del color instrumental externo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento.....	44
Tabla 12 Valores medios del color instrumental interno de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento. ....	45
Tabla 13 Valores medios de la diferencia de color por efecto de concentración y efecto de tiempo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7, 15 días de almacenamiento. ....	46
Tabla 14 Valores medios de la diferencia de color por efecto de concentración y efecto tiempo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento. ....	47
Tabla 15 Valores medios de la cuantificación de Inmunoglobulinas g de las cuajadas de calostro 100%, 75%,50% en 1, 7, y 15 días de almacenamiento.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Parámetros de textura, Gráfica general de perfil de textura.....	25
Figura 2	Análisis de ELISA por el método de sándwich.....	27
Figura 3.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las cuajadas de calostro.....	33

## RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de la adición de diferentes concentraciones de leche sobre la composición, pH, textura, color y calidad inmunológica de la cuajada de calostro bovino durante un periodo de almacenamiento de 15 días. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental comparativo, en el cual se elaboraron cuajadas con tres concentraciones: 100% calostro, 75% calostro, 50% calostro, las cuales fueron sometidas a un tratamiento térmico de 60°C y almacenadas en refrigeración. Se analizaron parámetros composicionales, pH, acidez, textura instrumental, color externo e interno, inmunoglobulinas G (IgG) en los días 1, 7, 15. Los resultados mostraron que el incremento en concentración de calostro influyó directamente en el aumento de la acidez, la firmeza, la adhesividad, y la intensidad de color amarillo, mientras que la adición de leche permitió obtener cuajadas con menor dureza, menor adhesividad y un color más claro. El pH se mantuvo estable durante el almacenamiento, donde se pudo observar valores más bajos en las cuajadas con mayor concentración de calostro. Además, la concentración de IgG fue mayor en las cuajadas elaboradas con 100% de calostro y disminuyó mediante el incremento de adición de leche, pero estuvo presente este parámetro en todas las concentraciones. Finalmente, la incorporación de leche al calostro permitió modificar las propiedades fisicoquímicas y composicionales de la cuajada de calostro sin eliminar su valor inmunológico.

**Palabras claves:** calostro, cuajada, leche, inmunoglobulinas

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of adding different concentrations of milk on the composition, pH, texture, color, and immunological quality of bovine colostrum curd during a 15-day storage period. The study was conducted using a quantitative approach and a comparative experimental design, in which curds were prepared with three concentrations: 100% colostrum, 75% colostrum, and 50% colostrum, which were subjected to heat treatment at 60°C and stored under refrigeration. Compositional parameters, pH, acidity, instrumental texture, external and internal color, and immunoglobulin G (IgG) were analyzed on days 1, 7, and 15. The results showed that an increase in colostrum concentration directly influenced higher acidity, firmness, adhesiveness, and yellow color intensity. In contrast, the addition of milk resulted in curds with lower hardness, adhesiveness, and a lighter color. The pH remained stable during storage, with lower values observed in curds with higher colostrum concentrations. Additionally, the IgG concentration was higher in curds made with 100% colostrum and decreased with increased milk addition, but this parameter was present in all concentrations. Finally, the incorporation of milk into colostrum enabled modification of its physicochemical and compositional properties without compromising its immunological value.

**Keywords:** colostrum, curd, milk, immunoglobulin.



Reviewed by:  
Mgs. Hugo Romero  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0603156258

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

El calostro bovino es la primera secreción obtenida de la glándula mamaria durante los primeros tres a cuatro días posteriores al parto. Presenta una alta concentración de proteínas, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, especialmente inmunoglobulinas, que desempeñan un papel fundamental en la transferencia de inmunidad pasiva y en el desarrollo del neonato (McGrath et al., 2016; Rasmussen et al., 2016). Debido a esta composición, el calostro ha despertado interés no solo en la nutrición animal, sino también en la alimentación humana, ya que sus componentes bioactivos pueden contribuir al fortalecimiento del sistema inmunológico y presentar propiedades antimicrobianas (McGrath et al., 2016).

En diferentes regiones del mundo, el calostro ha sido utilizado tradicionalmente para la elaboración de productos alimenticios mediante calentamiento, proceso que provoca la coagulación de las proteínas y la formación de una estructura tipo gel similar a una cuajada. Este fenómeno ocurre debido a la desnaturalización de las proteínas y su posterior agregación, lo que permite formar una red proteica capaz de retener agua y otros componentes del sistema lácteo (Fox et al., 2015).

El calostro no presenta una disponibilidad ilimitada, ya que se produce antes del parto y se obtiene en los primeros días posteriores al parto, dado que su principal uso es la alimentación del ternero. Debido a esto, se han estudiado diferentes concentraciones que combinan calostro bovino con leche bovina con el fin de aumentar el volumen del producto. El uso de proporciones como 50% y 75% de calostro permite evaluar distintos niveles de mezcla con leche, lo que puede influir en el proceso de la coagulación, la textura y el rendimiento de productos tipo cuajada (Fox et al., 2015; McGrath et al., 2016).

No obstante, existe información científica limitada acerca de cómo la adición de leche al calostro puede modificar propiedades fisicoquímicas y funcionales del producto final, como el pH, la textura o la estabilidad de compuestos bioactivos como las inmunoglobulinas. Por ello, resulta necesario estudiar el efecto de diferentes proporciones de calostro y leche en las características de estos productos.

## 1.2. Problema

El calostro bovino es un alimento muy nutritivo y beneficioso para la salud, ya que contiene grandes cantidades de proteínas, sustancias bioactivas y anticuerpos que ayudan a mejorar la salud. Por estas razones, cada vez hay más interés en su aprovechamiento dentro de la industria alimentaria para elaborar productos con beneficios para la salud. Sin embargo, su producción es ilimitada lo que hace que no siempre haya suficiente cantidad. Por eso, se ha pensado en mezclarlo con leche en distintas cantidades para incrementar el volumen del producto.

Aun así, agregar leche al calostro puede cambiar la forma en que se comportan sus componentes que contiene, lo que podría afectar las características del producto final. A pesar de esto, no existe información bibliográfica acerca de cómo la adición de diferentes concentraciones de leche influye en la composición, textura, color y calidad inmunológica de productos elaborados a partir de calostro, como es el caso de la cuajada.

Adicionalmente se desconoce cómo el producto elaborado con estas mezclas puede verse afectado en cuando a las características anteriores durante su almacenamiento. Por esta razón, surge la necesidad de investigar el efecto de la adición de distintas concentraciones de leche sobre la composición fisicoquímica, textura, color y calidad inmunológica de la cuajada de calostro durante 15 días de almacenamiento, por ejemplo la estabilidad del color podría verse alterada por efecto del tiempo y de manera diferencial en cada uno de los productos también se desconoce si las inmunoglobulinas G presentes luego de la coagulación permanecen estables durante el almacenamiento.

### **1.3. Justificación**

La investigación se justifica por la necesidad de optimizar el aprovechamiento del calostro bovino en la elaboración de alimentos con valor agregado. El calostro es un alimento de gran valor nutricional, ya que contiene proteínas (12-20%), inmunoglobulinas principalmente la IgG y otros compuestos que aportan beneficios para la salud y fortalecen el sistema inmunológico, lo que ha despertado interés en su uso para el desarrollo de productos con valor agregado (McGrath et al., 2016).

Sin embargo, el calostro no es un recurso ilimitado dado que solo se obtiene durante las primeras 72 a 96 horas (3-4 días) posterior al parto. Por esta razón, añadir leche puede ser una alternativa para aumentar la cantidad de producto y facilitar su uso en la elaboración de alimentos ya que permite incrementar el volumen disponible. Aun así, al mezclar leche con calostro pueden producirse cambios en algunas características del producto, como su textura, color o composición (Sánchez-Macías et al., 2024).

Por tal razón, es importante realizar estudios que permitan conocer cómo la adición de leche en diferentes proporciones influye en las características de productos elaborados a partir de calostro, como sería la cuajada. La información obtenida permitirá generar bases científicas que ayuden a un mejor aprovechamiento del calostro y al desarrollo de nuevos productos en el sector lácteo.

## **1.4. Objetivos**

### **General**

Evaluar el efecto de la adición de distintas concentraciones de leche sobre la composición, textura, color y calidad inmunológica de la cuajada de calostro durante 15 días.

### **Específicos**

- Determinar la composición y pH en la leche, en el calostro, sus mezclas y en las cuajadas durante el tiempo de almacenamiento.
- Evaluar el efecto de la adición de la leche sobre los parámetros de textura, color instrumental y la estabilidad del color durante el tiempo de almacenamiento de la cuajada de calostro.
- Cuantificar la concentración de inmunoglobulina G tanto en las materias primas como en las cuajadas experimentales durante el tiempo de almacenamiento.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Estado del arte

Diversas investigaciones han analizado el potencial del calostro bovino como ingrediente funcional y su impacto en la salud humana. De acuerdo con la literatura revisada, los autores coinciden en que el calostro constituye una fuente concentrada de proteínas, inmunoglobulinas y otros compuestos bioactivos con propiedades inmunológicas, nutricionales y terapéuticas.

Las revisiones bibliográficas realizadas por Ortiz (2021), El-Loly (2022), Gomes et al. (2021) y Mehra et al. (2020) destacan la elevada concentración de inmunoglobulinas, lactoferrina, factores de crecimiento y micronutrientes presentes en el calostro, así como su potencial en la prevención y manejo de trastornos gastrointestinales, infecciosos e inflamatorios. Por otra parte, varios autores coinciden que, aunque los resultados sean positivos aún se requieren más estudios para respaldar su aplicación como ingrediente funcional.

Desde el punto de vista tecnológico, diferentes estudios han evaluado cómo la adición de calostro en la leche modifica las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los productos lácteos. Falconi (2021) y Sánchez et al. (2021) demostraron que la adición de calostro incrementa el contenido de proteína y grasa, y puede elevar la concentración de inmunoglobulinas en queso y suero. Aunque, también se reportaron cambios en acidez y estabilidad microbiológica durante el almacenamiento, lo que sugiere que su incorporación debe controlarse cuidadosamente para no comprometer la vida útil del producto.

Otros trabajos han profundizado en la composición mineral y estructural del calostro. Lichtmannsperger (2024) evidenció variaciones en macrominerales y microminerales asociadas a la alimentación del ganado, mientras que Sats et al. (2023) y Tsioulpas et al. (2007) describieron cambios significativos en el tamaño de las micelas de caseína, estabilidad y capacidad de coagulación durante los primeros días postparto. Estos hallazgos confirman que el calostro presenta propiedades estructurales distintas a la leche madura, lo que influye directamente en su comportamiento tecnológico.

Además, investigaciones más recientes han identificado proteínas diferenciales, péptidos antimicrobianos y vesículas extracelulares con potencial aplicación en nutrición y biotecnología (Liu et al., 2024; Santoro et al., 2022). En conjunto, estos estudios refuerzan el valor biológico del calostro, pero también evidencian su complejidad composicional.

Por otra parte, factores como la suplementación mineral preparto (McDermott et al., 2024) y los tratamientos térmicos (Vargas, 2023) pueden modificar ciertas propiedades estructurales y funcionales del calostro, afectando parámetros como firmeza, cohesividad y estabilidad del gel en productos cuajados.

Por último, la literatura demuestra el potencial nutricional y funcional del calostro bovino, así como su influencia sobre las propiedades fisicoquímicas de los productos lácteos. Sin embargo, existe limitada información acerca del efecto específico de mezclar calostro con diferentes concentraciones de leche sobre la calidad tecnológica e inmunológica de productos como la cuajada durante el almacenamiento, lo que justifica el desarrollo de la presente investigación.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1 Calostro y leche**

El calostro bovino es conocido como la primera secreción obtenida de la glándula mamaria durante las primeras 24-72 horas posteriores al parto y se diferencia de la leche debido a su alto contenido proteico, por la presencia de inmunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidasa y lisozima además de ser rico en vitaminas y minerales, por lo cual se ha usado en la alimentación humana como suplemento o elaborando alimentos a base de calostro, mostrando una mejora en el sistema gastrointestinal, respiratorio e inmune (Reyes et al., 2020).

Desde el punto de vista biológico, el calostro cumple una función esencial en la transferencia de inmunidad pasiva al neonato, ya que los bovinos nacen con un sistema inmunológico inmaduro, no existe transferencia significativa de anticuerpos de la madre al feto durante la gestación y dependen casi exclusivamente de la absorción intestinal de inmunoglobulinas presentes en el calostro para su protección frente a agentes patógenos (Godden et al., 2019). En comparación con la leche madura, el calostro posee mayor viscosidad, color amarillo intenso y mayor densidad, características directamente relacionadas con su elevada concentración proteica y lipídica (Sánchez-Macías et al., 2024).

Diversos estudios describen al calostro como un fluido biológico complejo, más que como un simple alimento inicial. Además de aportar nutrientes esenciales, actúa como modulador del sistema inmunológico, promotor del desarrollo intestinal y protector frente a agentes patógenos durante las primeras etapas de vida (McDermott et al., 2021).

Por otro lado, la leche bovina es una secreción biológica producida por las glándulas mamarias de la vaca después del parto, cuya función principal es aportar nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo del recién nacido. Desde el punto de vista composicional, está constituida aproximadamente por 87% de agua, 3-5% de proteínas, 3-4 % de grasa, 4,5-5 % de lactosa y 0,7 % de minerales, además de vitaminas y enzimas. Las proteínas se clasifican principalmente en caseínas y proteínas del suero, las cuales cumplen funciones nutricionales y tecnológicas en la elaboración de productos lácteos.

La fracción lipídica se encuentra en forma de glóbulos grasos dispersos en una fase acuosa, aportando energía y compuestos bioactivos como fosfolípidos y ácidos grasos esenciales. Debido a su composición y estructura coloidal, la leche es considerada una emulsión natural compleja que puede transformarse en diferentes productos mediante

procesos como coagulación, fermentación y maduración (Walstra et al., 2006; Fox & McSweeney, 2015; FAO/IDF, 2011).

En cuanto a las diferencias entre calostro y leche en la Tabla 1 se presenta las principales.

**Tabla 1**

*Diferencia entre calostro bovino y leche bovina*

<b>Parámetro</b>	<b>Calostro bovino</b>	<b>Leche bovina</b>
pH	6,0 - 6,4	6,6 - 6,8
Acidez titulable (% ácido láctico)	0,4-0,45	0,14-0,18
Proteína (%)	16,12	3,20
Grasa (%)	5,0 - 7,0	3,0 - 4,0
Humedad (%)	76	87-88
Cenizas (%)	0,9 - 1,2	0,7 - 0,8
Color	Amarillo intenso	Blanco-amarillento
Textura	Espesa, viscosa	Fluida
Ácido láctico (%)	0,461	0,160
Estabilidad en Etanol (%)	53	85
Diámetro micela caseína (nm)	227	196
Inmunoglobulina G (IgG, g/L)	12,26 – 212	< 1

*Nota.* McGrath et al. (2016); El-Loly (2022); Godden et al. (2019); Sánchez-Macias y Ortiz (2024). <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2022.07.001>

El calostro bovino presenta características fisicoquímicas y nutricionales significativamente diferentes a las de la leche madura, debido a su función biológica en la transferencia de nutrientes y compuestos inmunológicos al recién nacido. En términos de pH, el calostro presenta valores ligeramente más bajos (6,0-6,4) en comparación con la leche madura (6,6-6,8), lo que se relaciona con su mayor concentración de proteínas y compuestos solubles. De igual manera, la acidez titulable es mayor en el calostro (0,4-0,45%) de ácido láctico) que en la leche madura (0,14-0,18 %), reflejando una mayor concentración ácidos nitrogenados (McGrath et al., 2016; Godden et al., 2019).

En cuanto a su composición, el calostro contiene mayores concentraciones de grasa (5,0-7,0%) y proteína (alrededor de 16,12%) en comparación con la leche, que normalmente presenta entre 3,0-4,0% de grasa y cerca de 3,2% de proteína. Este mayor contenido proteico se debe principalmente a la presencia de inmunoglobulinas y otras proteínas que ayudan a proteger al ternero después del parto (McGrath et al., 2016; El-Loly, 2022). Además, el calostro tiene menor contenido de humedad (alrededor de 76%) que la leche madura (87–88%), lo que explica que tenga una mayor cantidad de nutrientes y sólidos totales.

Desde el punto de vista físico, el color amarillo intenso del calostro se debe a su mayor contenido de carotenoides, vitaminas liposolubles y proteínas. En cambio, la leche madura tiene un color blanco-amarillento característico. Además, el calostro es más espeso y viscoso debido a su alto contenido de proteínas, inmunoglobulinas y sólidos totales, mientras que la leche madura es más líquida y fluida. (Godden et al., 2019).

Otro aspecto importante es la concentración de inmunoglobulina G (IgG). En el calostro puede oscilar entre 12,26 - 212 g/L, mientras que en la leche normalmente es menor a 1 g/L; esto muestra que el calostro es la principal fuente de defensas para el ternero recién nacido. Además, el tamaño de las micelas de caseína es un poco mayor en el calostro (227 nm) que en la leche (196 nm), lo cual puede influir en sus propiedades tecnológicas y de coagulación (McGrath et al., 2016; El-Loly, 2022).

### **2.2.2 Utilidades y aprovechamiento del calostro**

El calostro bovino ha sido tradicionalmente utilizado para la alimentación del ternero; sin embargo, su elevado valor funcional ha impulsado su aprovechamiento en la elaboración de alimentos funcionales, suplementos nutracéuticos y productos farmacéuticos (Ortiz, 2021).

Diversos estudios han demostrado que el consumo de calostro bovino puede fortalecer el sistema inmunológico, mejorar la salud intestinal, favorecer la regeneración de tejidos y ejercer efectos antimicrobianos y antiinflamatorios. Estos beneficios se atribuyen a la acción sinérgica de inmunoglobulinas, factores de crecimiento y proteínas bioactivas (Gomes et al., 2021).

Asimismo, se ha reportado su uso como coadyuvante en trastornos gastrointestinales, infecciones respiratorias, enfermedades inflamatorias intestinales y como suplemento en deportistas para mejorar el rendimiento y la recuperación muscular (Mehra et al., 2020).

### **2.2.3 Cuajadas Lácteas**

Según la Comisión de Codex Alimentarius la cuajada puede entenderse como el producto resultante de la coagulación de la leche, el cual es un proceso en el que las proteínas lácteas principalmente caseínas y proteínas del suero sufren modificaciones estructurales que conducen a la formación de una red tridimensional tipo gel, capaz de retener agua, grasa y otros componentes sólidos. (Codex Alimentarius Commission, 2018). Existe diferentes tipos o agentes que pueden producir la coagulación de las proteínas lácteas, tal y como se describe a continuación

#### **a. Coagulación térmica**

La coagulación térmica ocurre cuando la leche es sometida a altas temperaturas, lo que provoca la desnaturalización de las proteínas séricas, principalmente la  $\beta$ -lactoglobulina, que posteriormente interactúa con las micelas de caseína. Este proceso genera una red proteica que da lugar a la formación de un gel o cuajada. Sin embargo, a

diferencia de otros tipos de coagulación, este mecanismo depende directamente de la temperatura y el tiempo de exposición al calor (Asaduzzaman et al., 2021).

Este tipo de coagulación es especialmente relevante en productos sometidos a tratamientos térmicos intensos, donde se busca modificar la estructura proteica. Además, la coagulación térmica puede afectar propiedades como la textura, el color, la retención de agua y la estabilidad del producto final (Asaduzzaman et al., 2021).

b. Coagulación enzimática

Es un proceso causado principalmente por enzimas como la quimosina, la cual actúa sobre la caseína de la leche. Esta acción provoca la desestabilización de las micelas por ruptura de las k-caseínas, permitiendo la formación de un gel firme que da origen a la cuajada. Este tipo de coagulación es de gran importancia en la elaboración de la mayoría de quesos, debido a que se obtiene una estructura más consistente y elástica (García et al., 2021).

Además, la eficacia de este proceso depende de la actividad coagulante de las enzimas utilizadas, ya que una adecuada relación entre la capacidad de coagulación y la actividad proteolítica permite obtener una cuajada de mejor calidad, evitando defectos en la textura y el sabor del producto final (Wiśniewski et al., 2025).

c. Coagulación ácida o láctica

La coagulación ácida ocurre cuando el pH de la leche disminuye debido a la producción de ácido láctico por bacterias lácticas o por adición de un componente ácido externo. Este descenso de pH provoca la desestabilización de las micelas de caseína al acercarse a su punto isoeléctrico ( $\sim$ pH 4,6), generando una red proteica más débil y menos elástica en comparación con la coagulación enzimática (Juan & Trujillo, 2022).

Este tipo de coagulación es propio de productos como el yogur y algunos quesos frescos, donde la textura final es más suave y frágil. De igual forma el control del pH y la velocidad de acidificación son factores clave que determinan la calidad del producto final (Juan & Trujillo, 2022).

d. Coagulación mixta

La coagulación mixta combina la acción de enzimas coagulantes y la acidificación láctica. En este caso, la leche experimenta simultáneamente la hidrólisis enzimática de la k-caseína y la reducción del pH, lo que ayuda a una coagulación más eficiente y controlada, este tipo de coagulación es común en la elaboración de ciertos quesos donde se busca un equilibrio entre firmeza y humedad (Juan & Trujillo, 2022). La interacción entre ambos mecanismos favorece la formación de una red proteica más estable, lo que influye directamente en propiedades como la textura, la sinéresis y la capacidad de retención de agua de la cuajada, este comportamiento es clave en la industria láctea, ya que permite ajustar las características finales del producto mediante el control simultáneo de la actividad enzimática y el nivel de acidificación, optimizando así la calidad del queso obtenido (Wiśniewski et al., 2025).

## 2.2.4 Productos derivados

El calostro bovino puro sin adición de leche ha adquirido relevancia en la agroindustria como materia prima para el desarrollo de productos con alto valor agregado. Entre los principales productos derivados se encuentran los polvos de calostro, cápsulas, tabletas, bebidas funcionales y productos fermentados, utilizados en nutrición animal y humana (McDermott et al., 2021).

El calostro se puede procesar mediante técnicas como la liofilización, centrifugación y filtración para obtener polvos o suplementos que conservan sus componentes beneficiosos (Sacerdote et al., 2013).

Por otra parte, Benavides (2019) elaboró calostro liofilizado Holstein con panela y canela (hasta 90.90% calostro), pasteurizado, con alta aceptabilidad sensorial en la fórmula 7.27% de panela y 1.81% de canela. Anamika y Seth (2017) reportaron calostro liofilizado es útil para fórmulas infantiles o bebidas deportivas.

Otro producto es la zamora, el cual es un producto tradicional elaborado a partir de calostro bovino, obtenido mediante calentamiento directo hasta provocar su coagulación natural debido a la elevada concentración de proteínas totales e inmunoglobulinas. El tratamiento térmico induce una rápida desnaturalización y agregación proteica, formando una masa firme, de color amarillo intenso y textura gelatinosa (Godden, S. M. 2008).

Por otro lado, la mezcla de calostro con leche se propone como una estrategia tecnológica para mejorar la aceptabilidad sensorial del producto, reduciendo la dureza, la adhesividad y la intensidad del color, sin eliminar completamente su valor inmunológico. Más ejemplos de productos elaborados de calostro con leche se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Productos elaborados con calostro y leche.*

<b>Producto</b>	<b>Proporción De uso de Calostro</b>	<b>Beneficios Clave</b>
Yogur	5-15%	Aumenta las proteínas, IgG, minerales
Fermentado	100-50%	Aumenta la calidad sensorial en altas concentraciones de calostro
Helado	Varias cantidades	Aumenta la viscosidad Disminuye la fusión

Azza et al. (2018) prepararon yogur funcional usando leche de búfala al 3% de grasa como base, agregando jarabe de dáttil al 5% en todos los tratamientos (excepto control) y calostro bovino en concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15%. Esto elevó significativamente sólidos totales a 18,80%, proteínas totales a 6,70%, IgG a 10,80 mg/100 g, lactoferrina a 0,967 mg/100 g, calcio a 191,63 mg/100 g y fósforo a 111,62 mg/100 g versus control; los nutrientes incluso subieron levemente durante 12 días de almacenamiento a 5°C,

manteniendo excelente estabilidad, sin diferencias en sabor, apariencia, cuerpo/textura y con alta aceptabilidad sensorial general.

Nazir et al. (2018) elaboraron calostro fermentado utilizando diferentes mezclas calostro y leche entera en proporciones 100:0, 80:20, 60:40 y 50:50; el análisis sensorial (apariencia, sabor, textura, consistencia, aceptabilidad general) mostró puntuaciones decrecientes al aumentar la leche, las mejores calificaciones en cuanto al uso del calostro puro y 80:20, mientras que la mezcla 50:50 presentó las puntuaciones más bajas.

Por otro lado, Mouton et al. (2015) evaluaron la adición de calostro en la elaboración de helados en diferentes cantidades. Los resultados demostraron que el aumento del calostro aumentó ligeramente la cantidad de bacterias aeróbicas a 3,0 UFC/g, viscosidad más espesa, pero redujo la velocidad de derretimiento, lo que permitió que el helado se mantuviera más estable, sin impacto negativo en el sabor, recomendando su uso para mejorar textura.

### **2.2.5 Interferencia del calostro en la leche**

La presencia de calostro en la leche puede interferir en sus propiedades tecnológicas, afectando parámetros como pH, acidez, estabilidad térmica y comportamiento durante la coagulación (Falconi, 2018). El alto contenido proteico y mineral del calostro puede provocar gelificación prematura, aumento de la viscosidad y disminución de la vida útil del producto lácteo (Walstra et al., 2006).

Por otro lado, McGrath et al. (2016) mencionan que el calostro recién ordeñado después del parto tiene más grasa entre 5,7% y 8% y mucha más proteína 10,6% a 16,1% comparado con la leche normal de vaca grasa 3% aprox., proteínas solo 3-4.5%. El problema principal es que el calostro tiene muchas proteínas especiales (inmunoglobulinas, lactoferrina) que no dejan cuajar bien la leche. En una fábrica de queso, el calostro mezclado no forma la masa sólida (cuajada) como la leche normal, porque estas proteínas "bloquean" el cuajo.

### **2.2.6 Color instrumental**

El color instrumental en alimentos es la determinación objetiva y cuantitativa del color mediante equipos como el colorímetro o el espectrofotómetro, los cuales miden la luz reflejada o transmitida por una muestra y la expresan en coordenadas numéricas estandarizadas CIELAB, en el cual L\* representa la luminosidad, a\* indica el eje rojo-verde (valores positivos = rojo, valores negativos = verde) y b\* representa el eje amarillo-azul (valores positivos = amarillo, valores negativos = azul). La diferencia total de color ( $\Delta E^*$ ) permite cuantificar la magnitud del cambio cromático entre muestras o tratamientos (Nedomová et al. 2017).

El color en la leche y de los productos lácteos depende de la forma en que la luz se dispersa en componentes como las proteínas de la leche y los glóbulos de grasa, así como de la presencia de pigmentos naturales como el  $\beta$ -caroteno, que contribuye a valores positivos

de  $b^*$  (Walstra, Wouters & Geurts, 2006). Valores altos de  $L^*$  indican una leche más blanca, mientras que variaciones en  $a^*$  y  $b^*$  pueden reflejar cambios derivados de tratamientos térmicos, oxidación o fermentación.

Cuando la leche o posiblemente el calostro son conciliados al color, se podría producir la reacción de Miller

Este es un conjunto de reacciones químicas que se producen entre aminoácidos, componentes de las proteínas y azúcares reductores cuando los alimentos son sometidos a calentamiento. A diferencia de la caramelización, este proceso implica múltiples transformaciones químicas que generan numerosos compuestos volátiles responsables de los sabores y aromas característicos de alimentos tostados, horneados o fritos. Como resultado, se producen cambios en el color del alimento, generalmente hacia tonalidades marrones, así como una modificación y enriquecimiento de sus propiedades organolépticas (Franz & Franz, 2023).

La Reacción de Maillard no solo afecta la apariencia del alimento, sino que también puede disminuir su valor nutricional. Durante esta reacción algunos compuestos bloquean aminoácidos esenciales como la lisina, reduciendo su disponibilidad para el organismo. Esto es especialmente importante en productos como el calostro, donde se busca conservar los aminoácidos para el desarrollo del recién nacido y la salud humana (Cingöz & Yörükoğlu, 2024).

### **2.2.7 Tratamiento térmico en productos lácteos**

El tratamiento térmico en la producción de derivados lácteos es un proceso importante en el que se controlan el tiempo y la temperatura para eliminar microorganismos que pueden causar enfermedades y para inactivar algunas enzimas que podrían afectar la calidad del producto. Su principal objetivo es destruir bacterias dañinas, garantizando que los productos lácteos sean seguros para el consumo humano. Además, la aplicación de calor produce cambios en las proteínas y desactiva enzimas naturales presentes en la leche. Este efecto también se utiliza como una forma de verificar que la pasteurización se realizó correctamente (Universidad del Quindío, 2020).

El procesamiento térmico de los alimentos se basa en la relación entre tiempo y temperatura, lo que significa que la efectividad del tratamiento depende tanto del nivel de calor aplicado como del tiempo durante el cual se mantiene ese calor. En la industria láctea, esta relación se utiliza para establecer condiciones adecuadas que permitan eliminar microorganismos que pueden afectar la salud, como *Mycobacterium tuberculosis* o *Listeria monocytogenes*, procurando al mismo tiempo conservar en lo posible las propiedades nutritivas y las características del producto.

### **2.2.8 Textura de productos tipo cuajada**

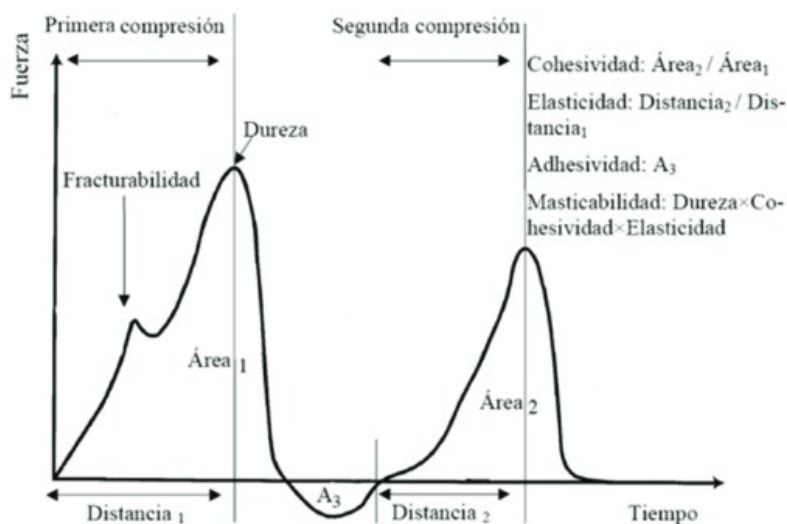
Según Szczesniak (2002), la textura es un atributo sensorial y funcional derivado de las propiedades estructurales del alimento, que puede ser medida instrumentalmente a través

de pruebas mecánicas objetivas. En productos lácteos coagulados como la cuajada, la textura depende de la formación de una red tridimensional de caseínas que retiene agua, grasa y otros componentes del suero. Walstra, Wouters y Geurts (2006) explican que, durante la coagulación enzimática o ácida, las micelas de caseína se desestabilizan y forman una matriz continua responsable de propiedades como firmeza, elasticidad, cohesividad y capacidad de retención de agua.

La textura suele evaluarse mediante el Análisis de Perfil de Textura (TPA, Texture Profile Analysis), técnica que mide parámetros como dureza, cohesividad, elasticidad y adhesividad, permitiendo una caracterización cuantitativa del comportamiento mecánico del producto (Lucey, 2002), el TPA consiste en la aplicación de uno o dos ciclos de compresión sobre la muestra y el registro de la curva fuerza y tiempo resultante, a partir de la cual se derivan los parámetros mecánicos fundamentales. El cual se muestra en la figura 1, y se detalla en la tabla 3.

**Figura 1**

*Parámetros de textura, Gráfica general de perfil de textura*



*Nota.* Análisis de propiedades de textura. Modificado por Hleap y Velasco, 2010.  
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/749/376>

A continuación, se detalla los parámetros del perfil de textura con sus específicas definiciones matemáticas y sensorial.

**Tabla 3***Definiciones matemáticas y sensorial de parámetros del perfil de textura TPA*

<b>Parámetro</b>	<b>Definición Matemática</b>	<b>Definición Sensorial</b>
Dureza	Valor máximo de carga del ciclo de compresión	La fuerza máxima necesaria para masticar o comprimir un alimento entre los dientes molares
Trabajo Terminado	Área bajo la curva Carga vs. Distancia hasta la distancia objetivo.	La energía o esfuerzo que se necesita para romper un alimento
Trabajo Total	La suma del área bajo la curva durante la compresión y descompresión del alimento en ambos ciclos	La cantidad total de energía que se necesita para masticar el alimento durante las primeras mordidas.
Fuerza de adhesividad	El valor más alto de fuerza negativa que se mide al retirar la sonda del alimento después de la primera compresión.	La fuerza que se necesita para despegar el alimento de las superficies de la boca o el paladar mediante la lengua.
Trabajo de Adhesión	Fuerza negativa máxima del primer ciclo de compresión.	La fuerza que se necesita para separar el alimento de las superficies con las que entra en contacto, como la lengua, dientes o el paladar.

Nota. Recuperado de Brookfield Texture Pro CT  
<https://www.brookfieldengineering.com/products/software/texturepro>

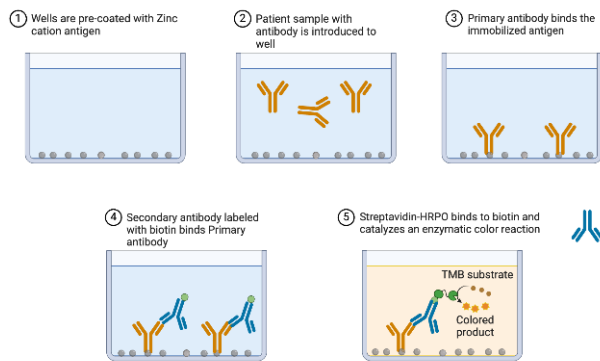
### **2.2.9 ELISA**

El ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) es una técnica inmunoenzimática utilizada para la detección y cuantificación específica de antígenos o anticuerpos mediante la interacción antígeno-anticuerpo y una reacción enzimática que genera una señal colorimétrica medible (Engvall & Perlmann, 1971).

En el caso de la determinación de inmunoglobulinas como IgG en leche o calostro bovino, el más utilizado es el ELISA tipo sándwich. En este método un anticuerpo de captura es previamente inmovilizado en la superficie de una placa de microtitulación. Cuando se añade la muestra, el antígeno de interés se une a dicho anticuerpo, luego se agrega un segundo anticuerpo específico de detección, que también reconoce al antígeno, pero en un epítipo diferente, formando una estructura tipo “sándwich”. Este segundo anticuerpo está conjugado con una enzima, que al reaccionar con un sustrato cromo génico produce un cambio de color proporcional a la concentración del analito presente, tal y como se detalla en la figura 2 (Crowther, 2000; Lequin, 2005).

## Figura 2

### *Análisis de ELISA por el método de sándwich*



*Nota.* ELISA- Definition, Principle, Procedure, Types, Steps, Applications. Recuperado de Sciencevidid 2022 [https://sciencevidid.com/elisa/#google\\_vignette](https://sciencevidid.com/elisa/#google_vignette)

## **CAPÍTULO III. METODOLOGIA**

### **3.1. Tipo de investigación**

El proyecto de investigación satisface las condiciones metodológicas del enfoque cuantitativo, dado que el análisis se basó en una medición objetiva y numérica de variables fisicoquímicas, texturales e inmunológicas asociadas a la cuajada de calostro con diferentes niveles de adición de leche, en un contexto experimental. El proyecto se realizó con un enfoque analítico y un nivel de profundidad explicativo, orientado a comprender las relaciones causales entre las variables de interés. La temporalidad del estudio fue longitudinal, lo que implica que la recolección de datos se realizó en momentos específicos durante el almacenamiento. Los datos obtenidos fueron de tipo primario, recolectados directamente mediante los procedimientos experimentales diseñados para esta investigación.

### **3.2. Diseño de investigación**

La investigación es experimental debido a que se manipulan variables independientes, en este caso las distintas concentraciones de leche añadidas a la cuajada de calostro, con el propósito de evaluar su efecto sobre las variables dependientes del producto durante el almacenamiento. Además, es comparativa porque se contrastan las diferentes formulaciones con variadas proporciones de leche.

Las cuajadas se dividieron en grupos según el tratamiento aplicado, como se muestra en la Figura 2. Las variables independientes del estudio fueron el calostro, la leche, los días de almacenamiento y la concentración de leche en la formulación; mientras que las variables dependientes incluyeron las propiedades físicas (pH, acidez), color instrumental, composición química básica (% grasa, % humedad, % sólidos totales), los parámetros de textura instrumental (dureza, trabajo terminado, adhesividad) y la concentración de inmunoglobulinas G.

El experimento se repitió en tres ensayos independientes y de cada tratamiento se obtuvieron muestras por triplicado y se analizó a los 1,7 y 15 días post-elaboración, en cada tiempo de almacenamiento se determinaron variables dependientes, en total se analizaron 81 muestras correspondientes a la combinación de 3 concentraciones de leche x 3 tiempos de almacenamiento x 3 repeticiones y 3 muestras.

En la tabla 4 se mencionan la codificación de las muestras según su concentración en leche y días de almacenamiento

**Tabla 4***Codificación, días de almacenamiento, concentración de leche y calostro.*

Concentración de leche	Almacenamiento		
	Día 1	Día 7	Día 15
100% Calostro	C0-D1	C0-D7	C0-D15
0% leche	N= 9	N=9	N=9
75% Calostro	C25-D1	C25-D7	C25-D15
25% leche	N= 9	N= 9	N= 9
50% Calostro	C50-D1	C50-D7	C50-D15
50% leche	N= 9	N= 9	N= 9

Las muestras de cada tratamiento y día serán marcadas según el lote de repetición (R1, R2, R3) y el número de muestra (M1-M2-M3)

La asociación de objetivos y las variables involucradas en cada uno de ellos se muestran en la matriz de consistencia (Tabla 5). mientras que las variables que forman parte de este estudio están listadas y operacionalizadas en la Tabla 6.

#### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 5***Matriz de consistencia*

Objetivo específico	Variable independiente	Variable dependiente	Indicadores principales
Determinar la composición y pH en la leche, en el calostro, sus mezclas y en las cuajadas durante el tiempo de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leche, calostro, mezclas y cuajadas,</li> <li>• Tiempo de almacenamiento</li> </ul>	Composición y pH	% Grasa, humedad, acidez ceniza, pH
Evaluar el efecto de la adición de la leche sobre los parámetros de textura, color instrumental y la estabilidad del color durante el tiempo de almacenamiento de la cuajada de calostro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuajadas con 100% calostro</li> <li>• 75% calostro y 25% leche</li> <li>• 50% calostro y 50% leche</li> <li>• Tiempo de almacenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura, color instrumental</li> <li>• Estabilidad de color</li> </ul>	Comprensión (N), valores L*, a*, b*h, $\Delta E$

Objetivo específico	Variable independiente	Variable dependiente	Indicadores principales
<p>Cuantificar la concentración de inmunoglobulina G tanto en las materias primas como en las cuajadas experimentales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calostro, Cuajadas con 100% calostro, 75% calostro y 25% leche, 50% calostro y 50% leche</li> <li>• Tiempo de almacenamiento</li> </ul>	<p>Cantidad de inmunoglobulinas</p>	<p>Concentración de IgG (µg/ml)</p>

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 6**

*Operacionalización de variables*

<i>Variable</i>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicadores principales</b>	<b>Escala/Unidad</b>	<b>Instrumento/ Método</b>
Concentraciones de leche en la formulación	Nivel de concentración de la leche a la elaboración de la cuajada de calostro	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Concentración (100% C)</li> <li>– Concentración (75%C-25%L)</li> <li>– Concentración (50%C-50%L)</li> </ul>	%	Medición
Composición química básica	Proporción de componentes básicos en la cuajada de calostro	<ul style="list-style-type: none"> <li>– % Grasa,</li> <li>– % Humedad</li> <li>– % Cenizas</li> </ul>	%	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Método Gerber,</li> <li>– Calcinado,</li> <li>– desecación</li> </ul>
Textura instrumental	Propiedades físicas que determinan la consistencia de la cuajada	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Firmeza</li> <li>– Trabajo de dureza realizado</li> <li>– Fuerza Adhesiva</li> </ul>	N, %, adimensional	Texturómetro (TPA)
Color	Características visuales de la cuajada evaluadas instrumentalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>– L* (luminosidad),</li> <li>– a* (rojo-verde),</li> <li>– b* (amarillo-azul)</li> <li>– Índices de diferencia de color <math>\Delta E^*</math></li> </ul>	Unidades CIELab	Colorímetro
pH	Medida del grado de acidez o alcalinidad de la cuajada, según la concentración de iones hidrógeno (H <sup>+</sup> ).	– pH	1-14 Unidades	Potenciómetro
Inmunoglobulinas	Cantidad de inmunoglobulinas G presentes en la cuajada	Concentración de IgG	mg/mL, µg/g	ELISA cuantitativo

### **3.3. Materias primas y elaboración de las cuajadas**

#### **a. Obtención de materias primas**

El calostro fue obtenido de una hacienda ubicada en el cantón Pelileo, que cumple con todos los requisitos de calidad e higiene establecidos en el Reglamento Sanitario de los Alimentos (ARCSA-DE-067-2015-GGG). El cual fue recolectado durante el primer ordeño postparto (0–6 h) bajo condiciones sanitarias controladas. La leche bovina fue obtenida de vacas raza Holstein provenientes de una hacienda certificada que se encuentra en bayushig, cumpliendo con los parámetros de calidad fisicoquímicos establecidos en la normativa vigente Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 (Leche cruda. Requisitos). Para el traslado de las materias primas, estas se colocaron en recipientes de tipo alimenticio previamente esterilizados y se transportaron en un cooler con bolsas de hielo, lo que permitió mantenerlas en condiciones adecuadas. Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio del grupo de INTEGRALAB, donde se desarrolló el trabajo de investigación en las instalaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo. El calostro se llevó al ultra congelador a -20 °C.

#### **b. Elaboración del pool de calostro**

Los envases de calostro se descongelaron a 4 °C por dos días; posteriormente, se mezclaron todos los envases para formar un pool homogenizado. El pool fue distribuido en 4 envases plásticos de 6 L previamente esterilizados y almacenado nuevamente a -20 °C.

#### **c. Elaboración de las cuajadas**

Para la elaboración de las mezclas, se descongeló un envase de calostro a 4 °C durante dos días. En envases previamente esterilizados se colocó las mezclas de calostro con la leche, las cuales fueron:

- Mezcla 1: 100% calostro (1 litro)
- Mezcla 2: 75% Calostro + 25% Leche (0,75 L + 0,25 L)
- Mezcla 3: 50% Calostro + 50% Leche (0,5 L + 0,5 L)

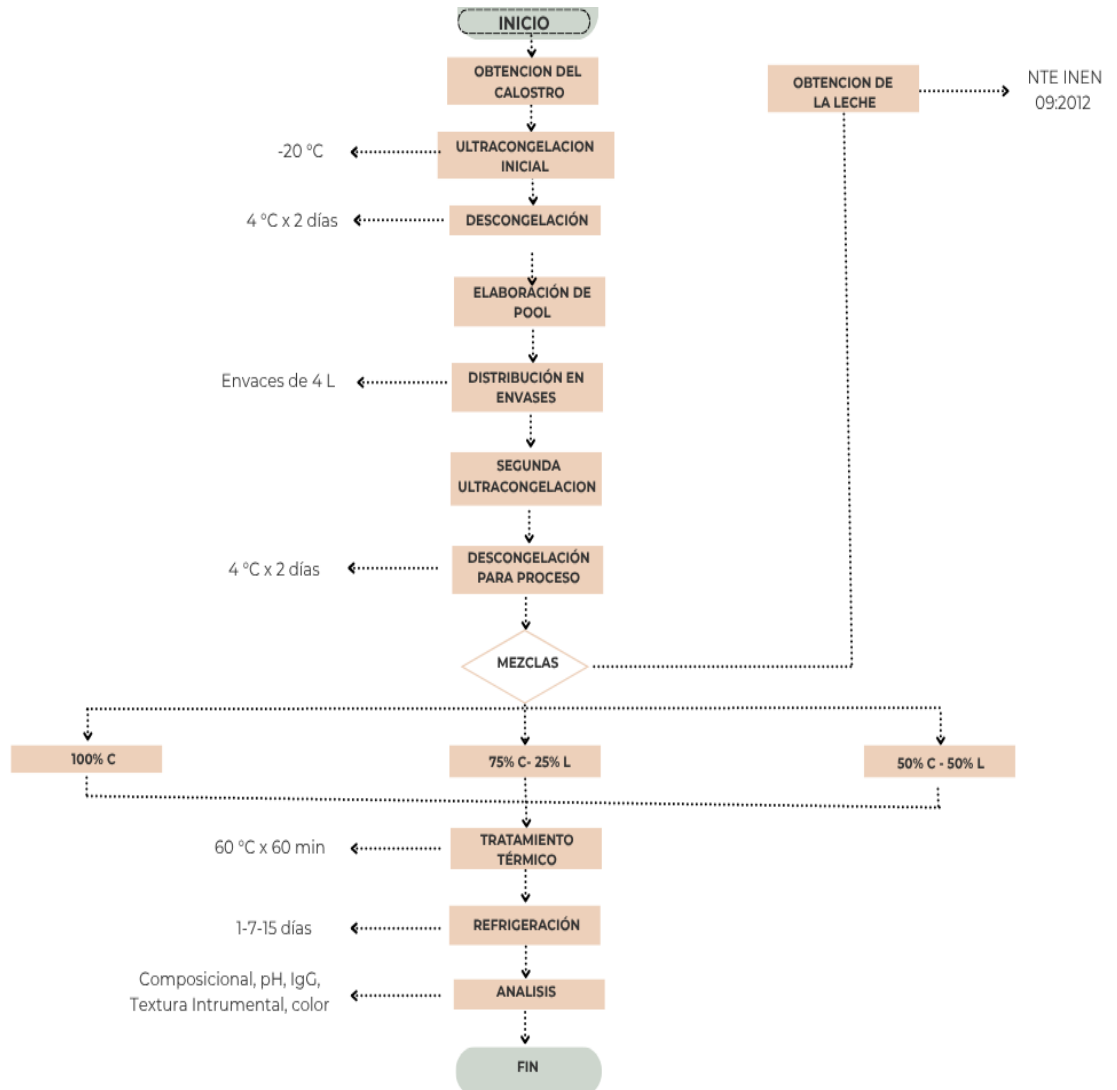
Cada mezcla fue homogeneizada y transferida a envases de 100 ml previamente codificados, obteniendo 32 envases en total para cada repetición: 27 de muestras, 1 de control, 3 de mezclas y 1 para IgG. Los frascos de las mezclas previamente analizadas fueron sometidos a un baño de agua precalentado a 60 °C, manteniéndose a dicha temperatura durante 60 minutos, verificando con un termómetro calibrado el interior de la muestra control. Pasado el tiempo, se aplicó un choque térmico y las muestras fueron almacenadas en refrigeración.

Al día uno se tomaron 10 frascos para realizar los análisis en el siguiente orden: color externo, textura instrumental, color interno, acidez titulable, pH, grasa%, humedad%, sólidos totales% y inmunoglobulinas, siguiendo el protocolo establecido para las cuajadas. El mismo procedimiento se repitió en los días 7 y 15, y además para las repeticiones 2 y 3.

Como se muestra a continuación en la figura 3

**Figura 3.**

*Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las cuajadas de calostro*



Los análisis se dividieron de la siguiente manera:

#### **Leche, calostro y mezclas**

- pH
- Acidez titulable (°D)
- Color instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$ )
- Composición química básica: % grasa, % humedad, % sólidos totales, % proteína, % lactosa
- Inmunoglobulinas G (IgG)

#### **Cuajadas de calostro**

- pH
- Acidez titulable (°D)
- Color instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$ )
- Composición química básica: % grasa, % humedad, % sólidos totales
- Textura instrumental
- Inmunoglobulinas G (IgG)
- Medición de Suero

### **3.3.1 Técnicas de recolección de datos**

#### **a. pH y acidez**

El pH fue determinado con un pH metro marca Hach, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10. Para la medición de las materias primas, mezclas y cuajadas se realizó de la siguiente manera: la sonda fue introducida directamente en cada muestra, manteniéndola completamente sumergida. El valor fue registrado una vez que la lectura se estabilizó. Entre mediciones, la sonda fue enjuagada con agua destilada y secada con papel de laboratorio para evitar contaminación cruzada.

La acidez titulable fue determinada mediante titulación ácido-base, expresando los resultados en grados Dornic (°D). Para las muestras líquidas (materias primas y mezclas) se tomaron 10 ml de muestra en un matraz aforado; para las muestras sólidas (cuajadas) se pesaron 5 g y se disolvieron en 10 ml de agua destilada, homogeneizando hasta obtener una mezcla uniforme. En ambos casos se añadieron 5 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con solución de NaOH 0,1 N hasta la aparición de un color rosado persistente. El volumen de NaOH consumido permitió calcular el porcentaje de ácido láctico expresado en °D (Fabro et al., 2006).

#### **b. Cuantificación de suero libre**

La medición del suero se realizó antes de realizar los análisis en la cuajada, donde con ayuda de una jeringa de 10 ml se tomó con mucho cuidado el suero de la superficie de la misma y se anotó los valores obtenidos.

#### **c. Composición básica de la leche, calostro y cuajadas**

##### **Grasa (%)**

El contenido de grasa fue cuantificado mediante el método volumétrico Gerber, que emplea digestión ácida con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 91% y separación centrífuga. Para las muestras líquidas (materias primas y mezclas) se colocaron en un butirómetro de leche 11 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 11 ml de muestra y 1 ml de alcohol amílico. Para las muestras sólidas (cuajadas) se utilizaron 12 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 91% y se pesaron 12 g de muestra, añadiendo igualmente 1 ml de alcohol amílico para disolver las proteínas y liberar la grasa. En ambos casos la mezcla fue centrifugada a 1200 rpm durante 5 minutos, permitiendo la separación de la grasa en una fase visible cuya concentración fue leída directamente en la escala graduada del butirómetro.

##### **Humedad (%)**

El contenido de humedad fue determinado por desecación en estufa a 105 °C. Para las muestras líquidas (materias primas y mezclas) se tomaron entre 5 y 10 ml en una cápsula tarada, para las muestras sólidas (cuajadas) se pesaron entre 5 y 10 g de muestra previamente molida en una cápsula tarada. En ambos casos las cápsulas se colocaron en estufa durante un mínimo de 2 horas hasta alcanzar peso constante, se enfriaron en desecador evitando la exposición al ambiente y se pesaron nuevamente. El porcentaje de humedad se calculó mediante la fórmula:

$$\% H = \frac{(Peso\ húmedo - Peso\ seco)}{Peso\ seco} \times 100$$

#### **Sólidos Totales (%)**

Los sólidos totales, que representan la fracción de la muestra que permanece tras la eliminación completa del agua e incluyen proteínas, grasas, carbohidratos y minerales, fueron obtenidos por diferencia aritmética a partir del porcentaje de humedad tanto para las muestras líquidas como para las sólidas, aplicando la relación: (Nielsen, 2017)

$$\% Sólidos\ Totales = 100 - \%H$$

#### **Proteína (%) y Lactosa (%)**

El contenido de proteína y lactosa total fueron determinado mediante el analizador de leche milktester marca MASTER ECO

#### **d. Textura instrumental**

Para la obtención de datos en textura se ocupó el equipo TexturePro CT Brookfield de EE. UU y la sonda TA-MP, la cual es una sonda de malla para cuantificar la consistencia de los productos, las muestras se encontraban en forma cilíndrica de 5,8 cm x 4 cm. Los resultados que se obtienen son generados por la curva que relaciona la fuerza aplicada con el tiempo, permitiendo identificar múltiples parámetros texturales como se muestra en la Figura 1, incluyendo dureza, fracturabilidad, adhesividad, elasticidad y masticabilidad, entre otros. Los cuales solo nos sirven los parámetros de Dureza (N), Trabajo de dureza terminado (g\*mm), Trabajo total (g\*mm), Carga a objetivo (N), Fuerza adhesiva (N), Adhesividad (g\*mm). Lo primero que se hizo fue prender el texturómetro e ingresar al programa donde se puso el nombre del elemento de la malla, el tipo de test (compresión), los ciclos (1), la carga de activación (0,02 N), la velocidad del test 1,00 mm, velocidad de vuelta 1,0 mm, posteriormente se colocó el frasco y se puso iniciar, lo mismo se realizó para cada muestra.

#### **e. Color instrumental (L\*, a\*, b\*)**

El color de las materias primas, mezclas y cuajadas fue evaluado mediante el espacio de color CIELab\* utilizando el colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta, Singapur). Los parámetros medidos fueron: L\* (luminosidad), a\* (índice rojo-verde), b\* (índice amarillo-azul). Las muestras líquidas (materias primas y mezclas) fueron colocadas en recipientes de 100 ml; las mediciones se realizaron por triplicado en distintos puntos de la superficie de cada muestra por repetición. Para las cuajadas se evaluó la parte externa y la interna adicionalmente la diferencia de color ( $\Delta E^*$ ) a lo largo del almacenamiento en los días 1, 7 y 15, calculada mediante la fórmula de diferencia de color:

$$\sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Se realizó una comparación de los valores de  $\Delta E^*$  con un rango preestablecido basado en la escala de Zooskarl (Stodomoxat et al., 2017). Las diferencias de color entre dos

muestras se anotaron según el valor de  $\Delta E^*$  obtenido de la siguiente manera presentada en la Tabla 7:

**Tabla 7**

*Escala de valoración según la diferencia de color*

$\Delta E^*$ de	Diferencia de color
0,0-0,2	Diferencia imperceptible
0,2-0,5	Diferencia muy ligera
0,5-1,5	Ligera diferencia
1,5-3,0	Diferencia perceptible de manera clara
3,0-6,0	Diferencia medianamente perceptible
12,0-∞	Diferencia muy grande

*Nota.* Recuperado de Diferencia de color; Zooskarl (Stodomoxat et al., 2017).

<https://potravinarstvo.com/journal1/index.php/potravinarstvo/article/view/744/pdf>

#### **f. Cuantificación de inmunoglobulinas G**

La concentración de inmunoglobulinas G fue cuantificada en las materias primas (calostro y leche), en las tres mezclas líquidas y en las cuajadas mediante el método ELISA tipo sándwich, empleando un anticuerpo de captura inmovilizado en placa y un anticuerpo detector conjugado con peroxidasa (HRP); la señal colorimétrica generada por el sustrato TMB fue proporcional a la concentración de IgG presente. Las muestras líquidas y las cuajadas fueron previamente homogeneizadas y diluidas adecuadamente (p. ej., 1:4.000 para calostro) para asegurar que sus absorbancias se encontraran dentro del rango lineal de la curva patrón (7,8–5000 ng/ml). La lectura se realizó a 492 nm en el lector de microplacas Rayto RT-2100C y la cuantificación se expresó en  $\mu\text{g/ml}$  a partir de la curva de calibración (Gershwin et al., 2012).

El protocolo aplicado para realizar la cuantificación de IgG en las muestras fue el siguiente.

Primero se hizo un recubrimiento de la placa con el anticuerpo de captura. En un tubo de ensayo se añadieron 100 $\mu\text{L}$  de anticuerpo de captura diluido en 10 mL de el buffer de carbonato. De esta dilución, se añadió a cada pocillo de la placa 100  $\mu\text{L}$ , se tapó y se dejó en incubación durante 60 min a temperatura ambiente. Finalizado ese tiempo se realizaron 3 lavados a la placa para eliminar los anticuerpos que no se adhirieron a la placa con la solución de lavado (wash solution). La placa contiene 96 pocillos, de los cuales se utilizaron 7 para la curva patrón y tres blancos. Seguidamente se adicionaron 200  $\mu\text{L}$  de solución de bloqueo (Tris-NaCl) en cada pocillo y se incubó la placa nuevamente durante 30 minutos a temperatura ambiente. ;.

Durante los dos pasos anteriores, y para tener una cuantificación precisa, se preparó una curva patrón mediante diluciones de referencia a partir de una solución stock de 5000 ng/ml, que iba de 500 ng/mL a 7,8 ng/mL, tal y como se indica en la tabla 8.

**Tabla 8***Preparación de la curva patrón de IgG*

<b>Paso</b>	<b>ng/ml</b>	<b>Calibrador RS10-108-2</b>	<b>Diluyente de muestra</b>
0	5000	4 µL	6 ml
1	500	0,5 ml desde el paso 0	4,5 ml
2	250	1 ml desde el paso 1	1 ml
3	125	1 ml desde el paso 2	1 ml
4	62,5	1 ml desde el paso 3	1 ml
5	31,25	1 ml desde el paso 4	1 ml
6	15,625	1 ml desde el paso 5	1 ml
7	7,8	1 ml desde el paso 6	1 ml

Las muestras de calostro y cuajada fueron homogeneizadas y diluidas adecuadamente para asegurar que sus valores de absorbancia cayeran dentro del rango de lectura de la curva patrón. En el cual se ocupó 2,5 µL de muestra en 10000 µL de wash solutions los cuales se pusieron en tubos y se homogenizaron con ayuda del vortex

Una vez terminado el paso de bloqueo, se procedió a realizar nuevamente 3 lavados de la placa. Posteriormente, se colocaron 100 µL de la curva patrón, 3 blancos con la solución de dilución de muestras, y las muestras de calostro, leche y cuajada por duplicado en la placa de ELISA. Se mantuvo la placa en incubación a temperatura ambiente durante 60 minutos para que se pueda dar la unión del antígeno y al finalizar el tiempo de incubación se lavó de nuevo la placa 3 veces.

A continuación, se añadieron 100 µL del anticuerpo de detección conjugado con peroxidasa (HRP) diluido previamente a 1:4000 en la solución de dilución. Después de una incubación de 60 minutos, se realizaron 3 lavados más para eliminar el exceso de conjugado que no se unió.

Para el revelado y la lectura final de la reacción colorimétrica, se adicionó 100µL de la solución de sustrato de OPD para realizar el sustrato primero se preparó el tampón cítrico-fosfato en el cual se mezcló 24,2 ml de ácido cítrico al 2,1% y 25,8 ml de fosfato de sodio al 2,8 % + la pastilla OPD. Luego se dejó reaccionar en oscuridad durante 15 minutos hasta observar el desarrollo de color amarillo-anaranjado. Después de ese tiempo se detuvo la reacción con 100µL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.18M), virando el color a amarillo, y se realizó la lectura de absorbancia a 492 nm en el lector de microplacas (Rayto RT-2100C).

Para el cálculo de la concentración de IgG en las muestras, a partir de los valores de absorbancia de la curva patrón, se obtuvo una recta de regresión y una ecuación con la cual se calcula las concentraciones de IgG problemas. Adicionalmente, se aplicó un factor de dilución de las muestras 2,5 µl

**Calculo:**

**Dilución de muestras:**

$$\text{Factor dilucion.} \frac{\text{Vol muestra}}{\text{Vol total}} \times \text{Diluciones previas}$$

*Ejemplo para calostro:*

$$\frac{2,5 \mu\text{l}}{10,000 \mu\text{l}} = 1:40,000$$

**Curva estándar:**

*Construir con valores de BSA usando ecuación:*

$$y = mx + b \quad (R^2 > 0.98)$$

*Donde:*

- $yy$  = Absorbancia
- $xx$  = Concentración (ng/ml)

### 3.3.2 Población de estudio y tamaño de muestra

La población de estudio estuvo constituida por 25 L de calostro bovino, y 7,5 L de leche bovina. De este volumen total se utilizaron 15 L de calostro y 6 L de leche para la preparación de las mezclas y la realización de los diferentes análisis fisicoquímicos, composicionales, características inmunológicas, textura instrumental, color instrumental.

### 3.3.3 Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos

Los datos obtenidos a partir de los distintos análisis realizados fueron registrados y tabulados en el software Microsoft Excel, lo que permitió organizar la información para facilitar su posterior interpretación, la tabulación de los datos se realizó de forma independiente para cada parámetro evaluado, considerando las variables dependientes correspondientes a cada tratamiento.

Posteriormente, el análisis estadístico se realizó mediante el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2, Se aplicó un análisis de varianza ANOVA de medidas repetidas, el cual analizó el efecto de la concentración de leche y el tiempo de almacenamiento sobre las variables dependientes: pH, acidez, humedad, grasa, sólidos totales, color instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$ ), textura instrumental y concentración de IgG. El modelo estadístico aplicado fue:

$$Y_{ik} = \mu + \eta_i + \beta_k + \varepsilon_{ik}$$

donde  $Y_{ik}$  representa la variable de respuesta,  $\mu$  es la media poblacional general,  $\eta_i$  es el efecto de la concentración de leche en la cuajada  $i$  (variabilidad entre cuajadas por tratamiento),  $\beta_k$  es el efecto fijo del tiempo y  $\varepsilon_{ik}$  es el componente de error aleatorio, que representa una variabilidad residual inexplicable (variabilidad dentro de la muestra).

Se utilizó la prueba de Tukey para establecer las diferencias entre grupos, y las diferencias estadísticas se consideraron significativas cuando  $P \leq 0,05$ .

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se organizan en dos bloques principales. El primero corresponde a la materia prima utilizada en la elaboración de la cuajada de calostro bovino con el objetivo de caracterizar la calidad inicial de la materia prima y establecer la línea base composicional del proceso. El segundo bloque presenta las características de las cuajadas obtenidas evaluando en cada una de ellas el efecto de las concentraciones añadidas de leche y el impacto del tiempo de almacenamiento refrigerado durante 15 días sobre estos parámetros, con la intención de determinar en qué medida las condiciones del procesamiento modifican las características fisicoquímicas, estructurales, color e inmunológicas del producto.

### 4.1 Características del calostro, leche y sus cuajadas

En la Tabla 9 se presentan los valores medios de color instrumental, pH, acidez, composición básica y cuantificación de inmunoglobulinas de la leche, calostro y sus mezclas empleadas como materias primas en la elaboración de las cuajadas de calostro.

**Tabla 9**

*Valores medios y desviación estándar del color instrumental, pH, acidez, composición básica e IgG de la leche, calostro y mezclas.*

Parámetro	Leche	Calostro	Mezcla calostro: leche	
			75:25:00	50:50:00
Proteína, %	3,03 ± 0,06	6,14 ± 0,04	5,34 ± 0,07	4,18 ± 0,03
Grasa, %	3,25 ± 0,27	6,35 ± 0,31	6,00 ± 0,10	4,10 ± 0,13
Lactosa, %	4,68 ± 0,07	2,89 ± 0,20	4,83 ± 0,14	3,27 ± 0,06
Humedad, %	86,83 ± 0,07	83,50 ± 0,15	86,70 ± 0,10	86,80 ± 0,10
Sólidos Totales, %	13,18 ± 0,07	16,53 ± 0,15	13,30 ± 0,10	13,20 ± 0,10
pH	6,63 ± 0,06	6,01 ± 0,01	6,12 ± 0,08	6,28 ± 0,10
Acidez, °D	15,43 ± 0,51	32,44 ± 1,02	28,33 ± 0,88	22,67 ± 0,67
L*	83,05 ± 0,40	70,08 ± 0,08	78,90 ± 0,36	79,71 ± 0,10
a	-3,50 ± 0,08	-2,72 ± 0,10	-3,15 ± 0,32	-3,37 ± 0,80
b	9,22 ± 0,51	29,64 ± 2,30	22,96 ± 1,08	20,39 ± 1,27
IgG, mg/ml	1,97 ± 0,20	7,48 ± 1,10	6,11 ± 0,10	4,73 ± 0,10

El calostro y la leche utilizadas como materias primas en el estudio presentaron características notables de diferencias entre ambas. El calostro presentó valores más elevados de grasa, proteínas, sólidos totales, acidez titulable e IgG, además presentó valores más bajos en pH y humedad en comparación con la leche bovina. Respecto al color el calostro presentó valores de luminosidad e índice de verde más bajos que la leche, mientras que el índice de amarillo fue más alto. Las mezclas elaboradas con diferentes proporciones de calostro y leche mostraron valores intermedios entre ambas materias primas. A medida que aumentó la proporción de leche en la mezcla, se observó una disminución de grasa, proteínas, acidez e IgG, mientras el pH tendió a acercarse a valores característicos de la leche. Respecto a los parámetros de color, la luminosidad e índice de verde, también fue aumentando a medida que aumentó la presencia de leche, mientras que el amarillo disminuyó considerablemente. Esto confirma que la composición final de las mezclas depende directamente de la cantidad de leche que se adiciona.

Las diferencias en la materia prima son determinantes para comprender los cambios observados en los productos elaborados con distintas proporciones de cada una. Las diferencias externas encontradas entre la leche y el calostro están sustentadas en diferentes estudios, debido a la función original en estas materias primas en la naturaleza. Estas diferencias están sustentadas en lo anteriormente mencionado en el marco teórico.

## 4.2 Composición química básica de las cuajadas de calostro

En la tabla 10 se presentan los valores medios obtenidos de los análisis de acidez, pH, suero extraído y composición básica de la cuajada de calostro elaborada con distintos porcentajes de leche, durante 15 días de almacenamiento. La muestra control C100-D1 cuajada elaborada con 100% de calostro al día 1 constituyó el punto de referencia para todos los parámetros composicionales y fisicoquímicos, en relación con la naturaleza concentrada del calostro descrita en la sección de materia prima.

**Tabla 10**

*Valores medios de la acidez, pH, suero extraído y composición básica de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1, 7, 15 días de almacenamiento.*

Parámetro	Tiempo, días	T60						
		Concentración de calostro, %						
		100		75		50	EEM	
Acidez, °D	1	31,59	ay	25,48	by	18,00	cy	1,08
	7	31,96	azy	25,78	bzy	18,48	czy	1,11
	15	33,33	az	26,78	bz	20,40	cz	1,10
	EEM	0,33		0,27		0,36		
pH	1	6,29	z	6,44	z	6,52	z	0,03
	7	6,24	bzy	6,35	azy	6,40	azy	0,02
	15	6,14	y	6,18	y	6,22	y	0,03
	EEM	0,02		0,03		0,04		
Suero, ml	1	9,26	z	5,04	z	4,52		1,53
	7	3,24	y	5,04	z	4,60		0,41
	15	2,60	x	3,16	y	3,90		0,38
	EEM	1,58		0,39		0,41		
Humedad, % p/p	1	76,20	a	79,18	b	80,68	c	0,39
	7	75,50	a	78,80	b	80,71	c	0,44
	15	75,98	a	79,26	b	80,52	c	0,39
	EEM	0,20		0,11		0,06		
Solidos totales, %	1	23,79	a	20,81	b	19,32	c	0,39
	7	24,50	a	21,19	b	19,28	c	0,44
	15	24,01	a	20,74	b	19,48	c	0,39
	EEM	0,20		0,11		0,06		
Grasa, %	1	6,60	az	6,00	bz	4,21	cz	0,36
	7	6,20	ay	6,03	az	4,00	by	0,35
	15	6,10	ay	5,66	by	3,93	cy	0,34
	EEM	0,08		0,09		0,04		

*Nota.* <sup>a-b-c</sup> Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); <sup>z-y</sup> Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); EEM: Error estándar de la media

Tras la elaboración de las cuajadas, las cuajadas de calostro control al día 1 presento una acidez de 31,59 °D, pH de 6,29 se le extrajo 9,26 ml de suero, y una composición básica de 76,20% de humedad, 23,79 % de solidos totales y 6,60 % de grasa. A medida que aumento la concentración de leche en la mezcla para hacer la cuajada de calostro, producto obtenido tras el calentamiento tuvo una menor acidez, solidos totales y grasa, mientras que aumento el pH y la humedad además la cantidad de suero extraído no vario, Estas diferencias fueron significativas entre C100, C75 y C25, lo que indica que la sustitución del 25% del calostro por leche fue suficiente para cambiar todos estos parámetros respecto al control. Esto confirma que el nivel de sustitución del calostro por leche fue un factor determinante en la composición y comportamiento de las cuajadas durante todo el período de almacenamiento.

Después de 7 y 15 días, se mantuvieron las mismas diferencias entre las cuajadas con diferencias en concentraciones de leche añadida. Durante el almacenamiento de 15 días, se evidenció un efecto significativo del tiempo en todos los tratamientos evaluados. La acidez aumentó progresivamente en C100, C75 y C50, mientras que el pH disminuyó de manera consistente, confirmando su relación inversamente proporcional o la acidez. En cuanto al suero extraído, se observó una tendencia de disminución, especialmente en la concentración 100%, indicando mayor estabilidad de la matriz proteica con el tiempo. Respecto a la humedad y los sólidos totales, no se registraron variaciones marcadas durante el almacenamiento. De igual manera, el contenido de grasa mostró una ligera disminución con el tiempo en todas las concentraciones.

Las cuajadas presentaron la mayor cantidad de suero liberado al inicio del almacenamiento. Esto indica que la cuajada elaborada únicamente con calostro expulsó más suero que aquellas en las que se añadió leche. Este resultado no solo se explica por su mayor contenido proteico, sino por el efecto del tratamiento térmico (60 °C/60 min), que induce desnaturalización de proteínas séricas ( $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbúmina) y su posterior interacción con micelas de caseína. (Tsioulpas et al., 2007; Sats y Kaart, 2023).

Durante el almacenamiento, el contenido de humedad no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los días 1, 7 y 15 en ningún tratamiento, indicando estabilidad en la retención de agua a lo largo de los 15 días evaluados.

El porcentaje de sólidos totales fue mayor en la cuajada control (100% calostro). Este comportamiento gradual concuerda con lo descrito por Sánchez-Macías et al. (2024), quienes observaron que el incremento de la concentración de calostro en la leche modifica significativamente la composición del producto final.

El mayor contenido de grasa en C100 es aplicable a la composición propia del calostro. Falconí (2018) documentó que la presencia de calostro en la leche eleva significativamente el contenido graso del producto, dado que el calostro recién secretado posee una fracción lipídica superior a la de la leche.

### 4.3. Textura Instrumental

En la tabla 11 se muestran los valores medios obtenidos de los análisis de textura en la cuajada de calostro elaborada con distintos porcentajes de leche, durante 15 días de almacenamiento.

**Tabla 11**

*Valores medios de la textura instrumental de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1, 7, 15 días de almacenamiento.*

Parámetro	Tiempo, días	T60			
		Concentración de calostro, %			
		100	75	50	EEM
Dureza, N	1	25,00 <sup>az</sup>	12,87 <sup>b</sup>	6,34 <sup>cz</sup>	1,54
	7	22,85 <sup>azy</sup>	13,50 <sup>b</sup>	6,13 <sup>cz</sup>	1,38
	15	21,30 <sup>ay</sup>	13,16 <sup>b</sup>	5,73 <sup>cy</sup>	1,31
	EEM	0,61	0,19	0,09	
Trabajo dureza terminada, g*mm	1	36098 <sup>az</sup>	17066 <sup>b</sup>	9323 <sup>cz</sup>	2277,05
	7	32403,44 <sup>azy</sup>	18755 <sup>b</sup>	8582,40 <sup>czy</sup>	2102,49
	15	28470 <sup>ay</sup>	18462 <sup>b</sup>	7925 <sup>cy</sup>	1900,39
	EEM	1447,74	472,90	257,58	
Trabajo recuperable, Cm	1	1101,44 <sup>az</sup>	563,67 <sup>b</sup>	197,22 <sup>cz</sup>	74,60
	7	1026,33 <sup>az</sup>	594,60 <sup>b</sup>	187,90 <sup>cz</sup>	72,62
	15	174,00 <sup>ay</sup>	602,60 <sup>b</sup>	174,00 <sup>cy</sup>	121,83
	EEM	75,27	14,94	4,49	
Trabajo total, g*mm	1	37757,00 <sup>az</sup>	17643,00 <sup>b</sup>	9570,00 <sup>cz</sup>	2405,77
	7	33422,00 <sup>azy</sup>	19325,00 <sup>b</sup>	8770,00 <sup>czy</sup>	2173,49
	15	29881,00 <sup>ay</sup>	19064,00 <sup>b</sup>	8099,00 <sup>cy</sup>	1965,62
	EEM	1462,82	483,50	263,03	
Fuerza adhesividad, N	1	8,15 <sup>a</sup>	4,18 <sup>b</sup>	2,45 <sup>c</sup>	0,50
	7	5,84 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	2,30 <sup>b</sup>	0,48
	15	5,75 <sup>a</sup>	4,57 <sup>ba</sup>	2,48 <sup>b</sup>	0,50
	EMM	0,57	0,26	0,14	
Adhesividad, g*mm	1	6553,70 <sup>a</sup>	4086,10 <sup>b</sup>	3101,22 <sup>b</sup>	3645,33
	7	4770,00	4301,60	2791,60	3938,66
	15	4411,33	4179,20	2732,70	413,51
	EMM	506,73	291,07	1.512,12	

*Nota.* <sup>a-b-c</sup> Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); <sup>z-y</sup> Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); EEM: Error estándar de la media

Al día 1, las cuajadas elaboradas con 100% de calostro presentaron los valores más altos de dureza, trabajo de dureza terminado, trabajo recuperable, trabajo total, fuerza de adhesividad y adhesividad, seguidas por las formulaciones con 75% y 50% de calostro, respectivamente. Esto indica que una mayor proporción de calostro favoreció desde el inicio una estructura más firme, resistente y con mayor adhesividad, evidenciándose diferencias significativas entre concentraciones. Al día 7, se mantuvo la misma tendencia entre tratamientos, conservándose los mayores valores en C100, intermedios en C75 y menores

en C50 para todos los parámetros. Para el día 15, continuó la reducción progresiva en los valores de dureza, trabajos mecánicos y parámetros de adhesividad en las tres concentraciones, las diferencias significativas entre concentraciones se mantuvieron, confirmando que el contenido de calostro fue determinante en la firmeza. Pese a la afirmación de Walstra, esto puede ser debido a que, al calentar a calostro por largo tiempo, se forma una red tridimensional por la desnaturalización de las proteínas, menos a medida se aumenta la presencia de leche.

Durante el almacenamiento 7 y 15 días, las propiedades estuvieron influenciadas tanto por la concentración de calostro como por el tiempo. Las cuajadas elaboradas con 100% de calostro presentaron los mayores valores de dureza, trabajo de dureza al término, trabajo recuperable, trabajo total, fuerza de adhesividad y adhesividad, seguidas por las formulaciones con 75% y 50%, respectivamente. Esto evidencia que una mayor proporción de calostro favoreció el desarrollo de una matriz estructural más firme, resistente y adhesiva.

Con el avance del tiempo de almacenamiento se observó una disminución progresiva en la mayoría de los parámetros texturales en las tres concentraciones, reflejando un ablandamiento de la estructura y una menor energía necesaria para su deformación.

Además de su capacidad de recuperación y la adhesividad tendieron a reducirse ligeramente con el tiempo. Sin embargo, a pesar de estos cambios asociados al almacenamiento, las diferencias significativas entre concentraciones se mantuvieron hasta el día 15, confirmando que la proporción de calostro fue el factor determinante en el comportamiento de textura de las cuajadas durante todo el periodo evaluado.

#### 4.4. Color instrumental

En la tabla 12 se muestran los valores medios de los parámetros externos de L\*, a\*, b\* de las cuajadas de calostro y leche y su tiempo de almacenamiento por 1, 7, 15 días.

**Tabla 12**

*Valores medios del color instrumental externo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento.*

Parámetro	Tiempo, días	T60			
		Concentración de calostro, %			EEM
		100	75	50	
L*	1	80,29 <sup>b</sup>	81,35 <sup>ab</sup>	81,35 <sup>a</sup>	0,184
	7	79,99 <sup>b</sup>	80,37	81,02	0,233
	15	79,82 <sup>b</sup>	80,61 <sup>a</sup>	80,88 <sup>a</sup>	0,134
	EEM	0,201	0,188	0,127	
a*	1	-2,98	-3,77	-3,75	0,156
	7	-3,21	-3,52	-3,59	0,127
	15	-2,97 <sup>a</sup>	-3,31 <sup>ab</sup>	-3,58 <sup>b</sup>	0,080
	EEM	0,108	0,134	0,101	
b*	1	45,62 <sup>az</sup>	41,25 <sup>abz</sup>	39,83 <sup>bz</sup>	0,916
	7	40,97 <sup>y</sup>	36,9 <sup>y</sup>	36,39 <sup>z</sup>	1,216
	15	40,62 <sup>ay</sup>	37,25 <sup>aby</sup>	33,08 <sup>by</sup>	1,297
	EEM	0,944	1,068	1,359	

*Nota.* <sup>a-b</sup> Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); <sup>z-y</sup> Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); EEM: Error estándar de la media

En relación con la luminosidad (L\*), se observaron diferencias entre concentraciones durante el almacenamiento. Las cuajadas con 75% y 50% de calostro tendieron a presentar valores ligeramente mayores de L\*, indicando una apariencia más clara en comparación con C100. Respecto al parámetro a\*, los valores fueron negativos en todas las concentraciones evaluadas, sin diferencias significativas entre ellas. lo que indica predominio de tonalidades verdes. En cuanto al parámetro b\*, los valores fueron positivos en todos los tratamientos, confirmando predominio de tonalidades amarillas. Las cuajadas con 100% de calostro presentaron los valores más altos, seguidas por 75% y 50%, evidenciando que una mayor proporción de calostro intensificó el color amarillo. La concentración de calostro influyó principalmente en la intensidad del color amarillo (b\*), mientras que los cambios en luminosidad y en el eje rojo-verde fueron más moderados durante el almacenamiento.

Al día 7, se mantuvo el predominio de tonalidades amarillas en C100, aunque se observó una ligera reducción en los valores de b\* respecto al día 1. La luminosidad presentó pequeñas variaciones entre tratamientos, y el parámetro a\* continuó mostrando valores negativos similares entre concentraciones. Para el día 15, se evidenció una ligera disminución adicional en la intensidad del amarillo (b\*) en todas las formulaciones, aunque

C100 continuó presentando los valores más altos. En este tiempo se observaron diferencias más claras en el parámetro a\*, mientras que la luminosidad mostró variaciones leves entre concentraciones. Durante el almacenamiento se produjo una reducción moderada en la intensidad del color amarillo, mientras que las diferencias asociadas a la concentración de calostro se mantuvieron, especialmente en el parámetro b\*.

En la tabla 13 se muestran los valores medios de los parámetros de L\*, a\*, b\* de las cuajadas de calostro y leche y su tiempo de almacenamiento por 1, 7, 15 días.

**Tabla 13**

*Valores medios del color instrumental interno de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento.*

Parámetro	Tiempo, días	T60			
		Concentración de calostro, %			
		100	75	50	EEM
L*	1	81,27	81,07	81,25	0,235
	7	81,19	81,86	82,21	0,121
	15	80,75	81,56	81,73	0,256
	EEM	0,244	0,204	0,179	
a*	1	-2,66	-3,05	-2,89	0,085
	7	-2,73 <sup>a</sup>	-2,94 <sup>a</sup>	-3,26 <sup>b</sup>	0,055
	15	-2,67 <sup>a</sup>	-2,86 <sup>ab</sup>	-2,98 <sup>by</sup>	0,040
	EEM	0,030	0,072	0,059	
b*	1	23,53	21,68	21,56	0,410
	7	23,79 <sup>a</sup>	21,53 <sup>ab</sup>	20,33 <sup>by</sup>	0,488
	15	25,3 <sup>a</sup>	23,26 <sup>b</sup>	19,48 <sup>cy</sup>	0,552
	EEM	0,334	0,454	0,366	

*Nota.* <sup>a-b-c</sup> Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); <sup>z-y</sup> Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); EEM: Error estándar de la media

A diferencia del color externo, los parámetros de color instrumental evaluados en la parte interna de las cuajadas mostraron diferencias mucho menores entre concentraciones y tiempos de almacenamiento. En el día 1, los valores de L\*, a\* y b\* fueron similares entre C100, C75 y C50, indicando que el interior de las cuajadas presentaba una coloración relativamente homogénea independientemente de la proporción de calostro utilizada.

A partir del día 7 comenzaron a observarse algunas diferencias entre concentraciones. En el caso del parámetro a\*, los valores permanecieron negativos durante todo el almacenamiento, indicando tendencia al verde en el interior de las cuajadas. Sin embargo, C50 mostró valores más negativos a partir del día 7, lo que sugiere una mayor influencia de pigmentos como la riboflavina en este tratamiento. Por su parte, C100 presentó valores menos negativos, posiblemente debido a la liberación de pigmentos carotenoides asociados a la lipólisis (El-Loly, 2022).

En cuanto al parámetro  $b^*$ , el comportamiento fue diferente entre las concentraciones. La cuajada C100 presentó un aumento en la intensidad del color amarillo interno, mientras que C50 mostro una disminución, y C75 se mantuvo en un nivel intermedio. Estos cambios podrían estar relacionados con la liberación de carotenoides presentes en la grasa de la cuajada, que puede ocurrir durante el almacenamiento debido a modificaciones en la fracción lipídica (Herrera, 2022; El-Loly, 2022).

La diferencia de color total ( $\Delta E^*$ ) integra en un único valor las variaciones simultáneas de los tres parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), permitiendo cuantificar de forma global el cambio de color percibido entre dos condiciones. Para su interpretación se utiliza la siguiente escala de valoración:  $\Delta E^*$  entre 0,0 y 0,2 corresponde a una diferencia imperceptible; entre 0,2 y 0,5 a una diferencia muy ligera; entre 0,5 y 1,5 a una ligera diferencia; entre 1,5 y 3,0 a una diferencia perceptible de manera clara; entre 3,0 y 6,0 a una diferencia medianamente perceptible; y valores superiores a 12,0 corresponden a una diferencia muy grande. En las Tablas 14 y 15 se presentan los valores de  $\Delta E^*$  calculados para el efecto de la concentración de calostro (diferencia entre C75 o C50 respecto a C100 en el mismo día) y para el efecto del tiempo de almacenamiento (diferencia entre cada tratamiento en los días 7 y 15 respecto al día 1) en el color externo e interno de las cuajadas respectivamente.

En la tabla 14 se encuentra la diferencia de color externo por efecto de concentración y efecto tiempo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento.

**Tabla 14**

*Diferencia de color por efecto de concentración y efecto de tiempo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento.*

		T 60		
		Concentración de calostro, %		
		100	75	50
AE* Efecto concentración	1	-	4,61	5,90
	7	-	4,73	4,70
	15	-	3,50	7,62
	1	-	-	-
AE* Efecto tiempo	7	4,71	4,50	3,53
	15	5,00	4,11	6,82

La diferencia total de color ( $\Delta E^*$ ) permitió evaluar de manera global los cambios cromáticos entre tratamientos y durante el almacenamiento. Desde el día 1, las comparaciones entre las concentraciones mostraron valores de  $\Delta E^*$  dentro de un rango de diferencia medianamente perceptible, lo que indica que el color de la superficie de las cuajadas era visualmente diferente según la cantidad de calostro utilizada. Estas diferencias

se relacionan principalmente con el mayor valor de  $b^*$  observado en C100, resultado de la mayor concentración de pigmentos carotenoides (El-Loly, 2022; Herrera, 2022).

Durante el tiempo de almacenamiento, los tres tratamientos mostraron un aumento progresivo en  $\Delta E^*$ . Al día 7, los cambios de color externo en comparación con el día 1 ya se ubicaban en el rango de diferencia medianamente perceptible, lo que indica que el color de la superficie se modificó de forma visible durante la primera semana. Al día 15, estos cambios fueron más evidentes, especialmente en C50, que presentó el valor más alto de  $\Delta E^*$ , indicando una mayor variación con el paso del tiempo.

El cambio progresivo del color superficial puede explicarse por la oxidación de carotenoides y otras transformaciones de pigmentos presentes en la fracción lipídica de la cuajada, procesos que ocurren principalmente en la superficie debido a su mayor exposición al oxígeno (Herrera, 2022; Sánchez-Macías et al., 2024).

En la tabla 15 se encuentra la diferencia de color interno por efecto de concentración y efecto tiempo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento.

**Tabla 15**

*Valores medios de la diferencia de color por efecto de concentración y efecto tiempo de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% durante 1,7,15 días de almacenamiento.*

		T 60		
		Concentración de calostro, %		
		100	75	50
$\Delta E^*$ Efecto concentración	1	-	1,90	2,00
	7	-	3,60	3,60
	15	-	2,20	5,90
$\Delta E^*$ Efecto tiempo	1	-	-	-
	7	0,30	0,80	1,60
	15	1,80	1,70	2,10

La diferencia total de color en el interior de las cuajadas fue considerablemente menor que en la superficie, lo que indica una mayor estabilidad cromática interna durante el almacenamiento. En el día 1, los valores de  $\Delta E^*$  entre concentraciones fueron bajos, ubicándose en el rango de diferencia perceptible de manera clara pero limitada, confirmando que las variaciones de color interno entre tratamientos eran pequeñas en comparación con las observadas en la superficie. Durante el almacenamiento, los cambios internos de color se mantuvieron relativamente reducidos. En el día 7, los valores de  $\Delta E^*$  fueron bajos en los tres tratamientos, lo que indica que el interior de la cuajada se mantuvo prácticamente estable durante la primera semana. Al día 15, los valores aumentaron ligeramente, pero permanecieron dentro del rango de diferencia perceptible de manera clara, sin alcanzar las magnitudes observadas en el color externo. Esta mayor estabilidad del color interno se debe a que el interior de la cuajada está menos expuesto al oxígeno y a la luz, factores responsables

de la oxidación de pigmentos y de las principales variaciones cromáticas en productos lácteos durante el almacenamiento (Herrera, 2022; Sánchez-Macías et al., 2024).

#### 4.5 Cuantificación de inmunoglobulina G

En la tabla 16 se muestran los valores medios del parámetro inmunoglobulina de las cuajadas de calostro y leche y su tiempo de almacenamiento por 1, 7, 15 días.

**Tabla 16**

*Valores medios de la cuantificación de Inmunoglobulinas g de las cuajadas de calostro 100%, 75% y 50% en 1, 7, y 15 días de almacenamiento.*

Parámetro	Tiempo, días	T60 Concentración de calostro, %		
		100	75	50
IgG, mg/ml	1	8,67 <sup>az</sup>	6,12 <sup>bz</sup>	4,75 <sup>cz</sup>
	7	8,14 <sup>az</sup>	4,71 <sup>bx</sup>	2,77 <sup>cx</sup>
	15	6,73 <sup>ay</sup>	2,29 <sup>by</sup>	1,85 <sup>cy</sup>

*Nota.* <sup>a-b-c</sup> Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ); <sup>z-y</sup> Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ )

La cuantificación de inmunoglobulina G en las materias primas evidenció que el calostro bovino presentó una concentración aproximadamente cuatro veces superior a la registrada en la leche, confirmando el carácter diferencial de la secreción calostrual respecto a la leche convencional. El-Loly (2022) describe que el calostro contiene inmunoglobulinas como principal componente inmunológico, fundamentales para garantizar el apoyo inmunitario a los neonatos en las primeras etapas de vida. Gomes et al. (2021) complementan este planteamiento al señalar que el calostro bovino es una fuente rica de moléculas biológicamente activas lactoferrina, lisozima, lactoperoxidasa e inmunoglobulinas con capacidad de modular el sistema inmunológico humano, lo que refuerza el potencial funcional y nutracéutico del producto elaborado en el presente estudio.

En las cuajadas se observó que, conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, la concentración de IgG disminuyó progresivamente en todos los tratamientos evaluados. Esta tendencia indica que el tiempo influye negativamente en la conservación de las inmunoglobulinas presentes en el calostro, siendo más evidente en las concentraciones más bajas, lo que confirma una relación directamente proporcional entre la concentración de calostro en la formulación y el contenido de IgG retenido en la cuajada resultante.

Por otro lado, se determinó que los tratamientos con mayor concentración de calostro presentaron una mayor conservación de IgG durante todo el período de evaluación. Por el contrario, las concentraciones menores mostraron una reducción más marcada del contenido de inmunoglobulinas, evidenciando que la concentración del calostro tiene un efecto importante sobre la estabilidad de IgG.

Herrera (2022) reportó que la concentración de IgG en el suero de quesería aumentó significativamente al añadir calostro a la leche en proporciones de 5 y 10%, y que la fracción

de calostro empleada es el principal determinante del contenido inmunológico del producto final, en concordancia con los resultados del presente estudio. Mehra et al. (2021) destacan que las inmunoglobulinas del calostro bovino sientan las bases para la inmunidad de por vida otorgando a las cuajadas elaboradas en especial C100 un potencial terapéutico y nutracéutico relevante. Finalmente, Yalçıntaş et al. (2024) señalan que las inmunoglobulinas del calostro desempeñan roles clave en el crecimiento y el desarrollo celular, perspectiva que refuerza el interés científico y comercial de las cuajadas de calostro como productos funcionales con alto valor agregado para la industria alimentaria.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

El calostro presentó mayor acidez, coloración amarilla y contenido de proteína y grasa que la leche. Al mezclarse en proporciones 75:25 y 50:50, los parámetros físicoquímicos mostraron valores intermedios proporcionales a la cantidad de calostro incorporada. Estas diferencias se reflejaron en las cuajadas, donde una mayor proporción de calostro se asoció con mayor acidez, firmeza y contenido de sólidos, así como menor humedad desde el primer día.

En cuanto al color, la superficie de las cuajadas fue más amarilla a mayor concentración de calostro, y esta diferencia era visible a simple vista desde el primer día. Con el tiempo, el color superficial cambió en todos los tratamientos de forma perceptible, siendo estos cambios mucho más evidentes en la superficie que en el interior de la cuajada, cuyo color se mantuvo más estable durante el almacenamiento.

El calostro contenía casi cuatro veces más anticuerpos protectores que la leche, y esta diferencia se mantuvo en las cuajadas elaboradas a mayor proporción de calostro, mayor cantidad de IgG retuvo la cuajada. Durante el tiempo de almacenamiento, la cuajada elaborada con calostro puro (C100) fue la que mejor conservó sus inmunoglobulinas, manteniéndolas prácticamente estables durante la primera semana y reduciendo solo un 22% al finalizar los 15 días, al contrario, las cuajadas con mayor proporción de leche perdieron más de la mitad de su IgG en el mismo período. Estos resultados confirman que las cuajadas de calostro, especialmente las elaboradas con mayor proporción de calostro, constituyen un producto con alto contenido de inmunoglobulinas que se conserva de manera efectiva durante su vida útil, lo que les otorga un potencial valor como alimento que puede contribuir a fortalecer el sistema inmunológico del consumidor.

### **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda que en una investigación posterior realicen pruebas microbiológicas para ver la estabilidad del producto durante los días de almacenamiento

Se recomienda complementar el estudio con pruebas sensoriales simples que permitan relacionar los resultados instrumentales con la percepción del consumidor.

Se recomienda investigar el comportamiento de la inmunoglobulina G en las cuajadas de calostro con especies con el fin de optimizar la aceptación del consumidor.

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.
- Badui Dergal, S. (2019). *Química de los alimentos* (6ta ed.). Pearson Educación.
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and measurement* (2nd ed.). Academic Press.
- Cingöz, A., & Yörükoğlu, T. (2024). Nutritional and chemical properties and antioxidant capacity of freeze-dried cow, sheep, goat and buffalo colostrums. *International Dairy Journal*, *158*, 106046. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.106046>
- Civra, A., Altomare, A., Francese, R., Donalisio, M., Aldini, G., & Lembo, D. (2019). Colostrum from cows immunized with a veterinary vaccine against bovine rotavirus displays enhanced in vitro anti-human rotavirus activity. *Journal of Dairy Science*, *102*(6), 4857–4869. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16016>
- Codex Alimentarius. (2004). *Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos (CXC 57-2004)*. FAO/OMS.
- Correa, C., & Jimena, P. (2017). *Presencia de calostro y efecto del tratamiento térmico sobre la composición y características fisicoquímicas de la leche*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- El-Loly, M. M. (2022). Colostrum ingredients, its nutritional and health benefits—An overview. *Clinical Nutrition Open Science*, *44*, 126–143. <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2022.07.001>
- Eslamian, G., Ardehali, S. H., Baghestani, A., & Shariatpanahi, Z. V. (2018). Effects of early enteral bovine colostrum supplementation on intestinal permeability in critically ill patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Nutrition*, *60*, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.10.013>
- Fernando, C. A. C. (2020). *Efecto de los métodos de conservación sobre la composición fisicoquímica del calostro bovino*. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12602>
- Fiaz, Z., Noor, F., Ikram, A., Chohan, T. A., Aslam, M. Z., & Arshad, N. (2024). Identification of novel antimicrobial compounds in colostrum-associated *Lactiplantibacillus plantarum* ZFS 1 and 2. *Food Bioscience*, *62*, 105098. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105098>
- García, J., Martínez, L., & Pérez, R. (2021). Influencia de las enzimas coagulantes de la leche en la calidad del queso. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *19*(1), 45–56.

- Godden, S. M. (2008). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 19–39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>
- Gomes, R. D. S., et al. (2021). Bovine colostrum: A source of bioactive compounds for prevention and treatment of gastrointestinal disorders. *NFS Journal*, 25, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.10.001>
- Juan, B., & Trujillo, A. (2022). Acid and rennet coagulation properties of A2 milk. *Foods*, 11(22), 3648. <https://doi.org/10.3390/foods11223648>
- Khan, T. S., et al. (2024). Bovine colostrum: Therapeutic potential and clinical evidence. *International Dairy Journal*, 157, 105996. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.105996>
- Lichtmannsperger, K., et al. (2024). Macromineral, micromineral and metal concentration of bovine colostrum samples. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 10, 100203. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2024.100203>
- Malik, M. I., Rashid, M. A., & Raboisson, D. (2022). Heat treatment of colostrum at 60°C decreases colostrum immunoglobulins but increases serum immunoglobulins. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 3453–3467. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21231>
- McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., & Kelly, A. L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: A review. *Dairy Science & Technology*, 96(2), 133–158. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0258-x>
- Mehra, R., et al. (2021). Nutritional attributes of bovine colostrum components in human health and disease. *Food Bioscience*, 40, 100907. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100907>
- Nedomová, S., Kilián, L., Pytel, R., & Kumbár, V. (2017). Effect of ripening time on color and texture properties in cheese. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11, 296–301.
- Nielsen, S. S. (2017). *Food analysis* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5>
- Salar, S., Jafarian, S., Mortazavi, A., & Nasiraie, L. R. (2021). Effect of hurdle technology on bioactive proteins of cow and buffalo colostrum. *International Dairy Journal*, 121, 105138. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105138>
- Salazar-Acosta, E., & Elizondo-Salazar, J. A. (2019). El tratamiento térmico del calostro aumenta la absorción de inmunoglobulinas G en terneras Holstein. *Redalyc*.

- Sánchez-Macías, D., et al. (2024). Colostrum in cheese milk: Effects on physicochemical and microbiological characteristics. *International Dairy Journal*, 155, 105957. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.105957>
- Sánchez-Macías, D., & Ortiz León, K. M. (2024). *El calostro: características, factores de calidad, procesamiento industrial y efecto en la salud humana*. Editorial UNACH. <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.117>
- Singh, R., et al. (2022). Shelf-stable dairy protein beverages—Scientific and technological aspects. *Journal of Dairy Science*, 105(12), 9327–9346. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22208>
- Tacoma, R., et al. (2017). Exploration of the bovine colostrum proteome and effects of heat treatment time. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9392–9401. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13211>
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy science and technology* (2nd ed.). CRC Press.
- Wiśniewski, P., et al. (2025). Milk-clotting enzymes of microbial origin and their role in cheesemaking. *Journal of Dairy Science*, 108(10), 10427–10446. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26973>
- Xu, W., Mann, S., Curone, G., & Kenéz, Á. (2021). Heat treatment of bovine colostrum: Effects on metabolome. *Animal*, 15(4), 100180. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100180>
- Yalçıntaş, Y. M., et al. (2024). Role of bovine colostrum against various diseases. *Food Bioscience*, 61, 104818. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104818>
- Zheng, Y., Liu, Z., & Mo, B. (2016). Texture profile analysis of sliced cheese. *Journal of Chemistry*, 2016, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2016/8690380>

## ANEXOS

**Cuajada de calostro**



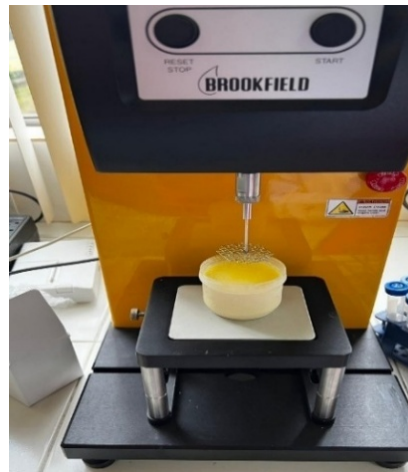
**Codificación de las muestras**



**Elaboracion de la cuajada**



**Medicion de textura**



**Medición de color**



**Análisis de Acidez**



<p><b>Muestras Tituladas</b></p>	<p><b>Determinación de grasa</b></p>
	
<p><b>Centrifuga para determinación de grasa</b></p>	<p><b>Almacenamiento de las muestras</b></p>
	
<p><b>Pesar las cuajadas en la balanza</b></p>	<p><b>Prueba de densidad en el calostro</b></p>
	