

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**T E S I S**

**EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CLORURO DE CALCIO POR  
CÁSCARA DE HUEVO EN POLVO Y DIFERENTES TIEMPOS DE COAGULACIÓN  
SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA TEXTURA DEL QUESO FRESCO**

**Para Optar el Título Profesional de:**  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por el Bachiller:**  
**EDU ESTEIDIN MENDOZA RODRIGUEZ**

**Asesores:**  
Mg. Ing. Fanny Lucila Rimarachín Chávez  
MBA. Ing. Mary Diana Herrera Chilón

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2026**

**CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. Investigador:  
Edu Esteidin Mendoza Rodriguez  
DNI: N° 75989403  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**
2. Asesor:  
**Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez**  
Facultad/Unidad UNC:  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
**"EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CLORURO DE CALCIO POR CÁSCARA DE HUEVO EN POLVO Y DIFERENTES TIEMPOS DE COAGULACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA TEXTURA DEL QUESO FRESCO"**
6. Fecha de evaluación: 24/03/2026
7. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 10%
9. Código Documento: oid::: 3117:570979593
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 26/03/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>

.....
<b>Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez</b> <b>DNI: 40028465</b>

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica




### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


En la ciudad de Cajamarca, a los trece días del mes de marzo del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 058-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CLORURO DE CALCIO POR CÁSCARA DE HUEVO EN POLVO Y DIFERENTES TIEMPOS DE COAGULACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA TEXTURA DEL QUESO FRESCO"**, realizada por el Bachiller **EDU ESTEIDIN MENDOZA RODRIGUEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.


A las once horas y quince minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis ( 16 ); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las doce horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Gerardo Salhuana Granados  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
VOCAL

  
\_\_\_\_\_  
Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chavez  
ASESORA

  
\_\_\_\_\_  
MBA. Ing. Mary Diana Herrera Chilón  
ASESORA

## **Dedicatoria**

Esta investigación se lo dedico en primer lugar a DIOS por haberme dado a la vida fortaleza y sabiduría necesaria para culminar esta etapa tan importante.

A mi hijo Ithan Edsiel y a mis padres Rosario y Mario por su amor incondicional por ser mi ejemplo de esfuerzo responsabilidad y perseverancia. Gracias por su apoyo constante por sus consejos y por motivarme no rendirme ante las dificultades

Finalmente, a todas las personas que creyeron en mí que me ofrecieron su amistad su tiempo y ayuda. Este logro también les pertenece porque sin ustedes nada esto habría sido posible.

## **Agradecimiento**

Quiero comenzar agradeciendo a Dios por haberme brindado toda la sabiduría necesaria para poder culminar mis estudios superiores, por ser mi guía y mi refugio en mis momentos de dificultad. Agradecimiento a mis padres por ser mi motivación y inspiración para alcanzar mis objetivos, quienes con su amor y trabajo pudieron apoyarme económica y moralmente durante mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento a mis asesoras la Mg. Ing. Fanny Lucila Rimarachín Chávez y MBA. Ing. Mary Diana Herrera Chilón por brindarme su apoyo profesional en cada parte de mi investigación y de esta manera haya podido culminar con éxito. A los docentes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias que durante todos los 5 años me impartieron sus conocimientos y experiencias ayudando en mi formación académica.

## Tabla de Contenidos

Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Tabla de Contenidos.....	vi
Lista de Tablas.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
2.1. Planteamiento del problema.....	2
2.2. Formulación del problema.....	3
III. OBJETIVOS.....	3
a) Objetivo general.....	3
b) Objetivos específicos.....	4
IV. HIPÓTESIS.....	4
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
5.1 Antecedentes de la investigación.....	5
5.2 BASES TEÓRICAS.....	10
5.2.1 Cáscara de huevo.....	10
5.2.2 Características generales de la cáscara de huevo.....	10
5.2.3 Queso.....	11
5.2.4. Coagulación.....	13

5.2.5 Tiempo de Coagulación.....	14
5.2.5 Rendimiento.....	15
5.2.6 Análisis de Perfil de Textura.....	16
5.2.7 Método Tradicional de elaboración de queso .....	18
5.3 Definición de términos .....	19
VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
6.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación .....	21
6.2. Materiales .....	22
6.2.4. Metodología .....	23
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	34
VIII.CONCLUSIONES .....	59
IX. RECOMENDACIONES .....	60
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
XI. ANEXOS .....	69

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> Características fisicoquímicas del Queso Fresco .....	12
<b>Tabla 2</b> Variables, proporción y medición .....	23
<b>Tabla 3</b> Proporciones de cáscara de huevo en polvo en peso (g).....	24
<b>Tabla 4</b> Resultados de análisis del parámetro de dureza en queso fresco .....	35
<b>Tabla 5</b> Análisis de varianza de Dureza .....	36
<b>Tabla 6</b> Resultados de análisis del parámetro de elasticidad en queso fresco .....	41
<b>Tabla 7</b> Análisis de Varianza de Elasticidad .....	42
<b>Tabla 8</b> Resultados de análisis del parámetro de Cohesividad en queso fresco .....	46
<b>Tabla 9</b> Análisis de Varianza de Cohesividad .....	47
<b>Tabla 10</b> Resultados del Rendimiento del queso fresco .....	52
<b>Tabla 11</b> Análisis de Varianza del Rendimiento.....	52

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Grafica general del análisis de perfil de textura.....	17
<b>Figura 2</b>	Ubicación de la planta láctea del IESTP CEFOP Cajamarca UO Cajabamba .....	21
<b>Figura 3</b>	Esquema de Tratamientos.....	25
<b>Figura 4</b>	Proceso de obtención de la cáscara de huevo en polvo.....	27
<b>Figura 5</b>	Elaboración de queso Fresco .....	29
<b>Figura 6</b>	Pareto de Efectos Estandarizados de la Dureza .....	37
<b>Figura 7</b>	Efectos principales para dureza .....	38
<b>Figura 8</b>	Interacción para Dureza (N) .....	39
<b>Figura 9</b>	Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de la Elasticidad .....	42
<b>Figura 10</b>	Efectos Principales para Elasticidad .....	43
<b>Figura 11</b>	Interacción para la Elasticidad.....	45
<b>Figura 12</b>	Pareto de efectos estandarizados para cohesividad.....	48
<b>Figura 13</b>	Efectos principales para Cohesividad .....	49
<b>Figura 14</b>	Interacción para Cohesividad.....	50
<b>Figura 15</b>	Pareto de efectos estandarizados.....	53
<b>Figura 16</b>	Efectos principales para Rendimiento.....	54
<b>Figura 17</b>	Interacción para Rendimiento.....	55
<b>Figura 18</b>	Optimización sobre los parámetros evaluados de Textura.....	57
<b>Figura 19</b>	Optimización para Rendimiento .....	58

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en diferentes tiempos de coagulación sobre el rendimiento y la textura instrumental del queso fresco (Dureza, Cohesividad y Elasticidad). Se aplicó un (DCA) diseño experimental completamente al azar con análisis de varianza (ANOVA), donde se trabajó con dos tiempos de coagulación (45 min y 60 min) como factor A, y 3 niveles de sustitución (25%, 50% y 75%) como factor B, haciendo un total de seis (6) tratamientos evaluados por duplicado. Las evaluaciones para la textura instrumental se llevaron a cabo gracias al texturómetro y para el cálculo del rendimiento se utilizó una balanza de alta precisión, estos resultados evidenciaron que tanto el porcentaje de sustitución como el tiempo de coagulación influyeron significativamente en el rendimiento y textura del queso fresco. El tratamiento T5 (50% de sustitución y 60 minutos de coagulación) presentó el mayor rendimiento (12.54%), mientras que el tratamiento con 75% de sustitución y 45 minutos mostró el menor valor (11.73%). Asimismo, se observó que los niveles de sustitución de 25% y 50% presentaron comportamientos similares en el rendimiento, mientras que el nivel de 75% generó una disminución significativa, evidenciando un límite en la incorporación de cáscara de huevo en polvo. En relación con las propiedades de textura, el tratamiento T5 presentó los valores más altos de dureza (60.23 N), cohesividad (0.71) y elasticidad (18.14 mm). El tiempo de coagulación mostró un efecto significativo en la dureza y cohesividad, mientras que no presentó influencia significativa en la elasticidad. Asimismo, se identificó una interacción estadísticamente significativa entre el porcentaje de sustitución y el tiempo de coagulación para el rendimiento ( $p = 0.0005$ ) y para la dureza ( $p = 0.02$ ), mientras que para elasticidad y cohesividad dicha interacción no fue significativa. Se concluye que la sustitución parcial del  $\text{CaCl}_2$  por cáscara de huevo en polvo es viable hasta un nivel del 50%, especialmente cuando se combina con tiempos de coagulación de 60 minutos, ya que esta condición permite optimizar el rendimiento y mejorar ciertas propiedades texturales del queso fresco.

**Palabras claves:** queso, cáscara de huevo, sustitución, rendimiento, textura instrumental, calcio.

## ABSTRACT

This research aimed to determine the effect of partially replacing calcium chloride with powdered eggshell at different coagulation times on the yield and instrumental texture (hardness, cohesiveness, and elasticity) of fresh cheese. A completely randomized design (CRD) with analysis of variance (ANOVA) was used, employing two coagulation times (45 min and 60 min) as factor A, and three substitution levels (25%, 50%, and 75%) as factor B, for a total of six (6) treatments evaluated in duplicate. Instrumental texture assessments were performed using a texture analyzer, and yield was calculated using a high-precision balance. These results showed that both the substitution percentage and the coagulation time significantly influenced the yield of the fresh cheese. Treatment T5 (50% substitution and 60 minutes of coagulation) showed the highest yield (12.54%), while the treatment with 75% substitution and 45 minutes showed the lowest (11.73%). Similarly, the 25% and 50% substitution levels exhibited similar yield results, while the 75% level resulted in a significant decrease, indicating a limit to the incorporation of powdered eggshell. Regarding textural properties, treatment T5 presented the highest values for hardness (60.23 N), cohesiveness (0.71), and elasticity (18.14). Coagulation time showed a significant effect on hardness and cohesiveness, while it did not significantly influence elasticity. Furthermore, a statistically significant interaction was identified between the substitution percentage and coagulation time for yield ( $p = 0.0005$ ) and hardness ( $p = 0.02$ ), while this interaction was not significant for elasticity and cohesiveness. It is concluded that the partial substitution of  $\text{CaCl}_2$  with powdered eggshell is viable up to a level of 50%, especially when combined with coagulation times of 60 minutes, as this condition allows for optimized yield and improved textural properties of fresh cheese.

**Keywords:** cheese, eggshell, substitution, yield, instrumental texture, calcium.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la región de Cajamarca la producción y consumo de derivados lácteos como el queso fresco son parte importante de la dieta y cultura local. La inclusión de insumos naturales como la cáscara de huevo en polvo en la elaboración de productos lácteos puede tener un impacto significativo tanto en rendimiento, como en sus características organolépticas, es decir, en las propiedades sensoriales que pueden ser percibidas a través de los sentidos. En este contexto, la adición de cáscara de huevo al queso fresco puede ser un factor clave para mejorar la calidad y el rendimiento producto. La cáscara de huevo, rica en minerales como calcio y en proteínas, puede aportar no solo beneficios nutricionales, sino también influir en la textura del queso fresco.

A través de esta investigación, se buscó determinar el efecto de la sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y diferentes tiempos de coagulación sobre el rendimiento y la textura del producto final. Identificando que al utilizar este insumo en la elaboración de queso fresco representa una oportunidad para la valorización de ingredientes locales y la generación de productos diferenciados y de mayor valor agregado además de contribuir al desarrollo de productos lácteos en la región de Cajamarca.

Para el cumplimiento del objetivo, la presente investigación se ha estructurado de manera organizada. Iniciando por el planteamiento del problema de investigación; posteriormente, se plantearon los objetivos y la hipótesis correspondiente. Seguidamente, se desarrolló el marco teórico y la metodología empleada. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos, su respectiva discusión y las conclusiones derivadas del estudio. Todo ello se muestra detalladamente expuesto en el presente documento.

## II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1. Planteamiento del problema

La industria láctea enfrenta el desafío de optimizar sus procesos productivos sin comprometer la calidad ni aumentar el impacto ambiental, especialmente en la producción de queso fresco, un alimento de alta demanda por su valor nutricional y bajo nivel de procesamiento. En este contexto, el cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) es uno de los aditivos más utilizados para mejorar la firmeza de la cuajada y aumentar el rendimiento del queso; sin embargo, su uso excesivo puede generar residuos químicos y elevar los costos de producción.

En el Perú, el departamento de Cajamarca se posiciona como una de las principales cuencas productoras de leche y derivados lácteos, aportando el 17.9% de la producción nacional, seguida por Lima con 16.1%, donde el 84.98% de la leche se destina a la elaboración de yogurt, el 10.5% a queso y el 4.51% a manjar blanco, según datos del Ministerio de Riego y Agricultura (MINAGRI, 2024). La producción nacional de queso alcanzó 158,310 toneladas en 2024, con un consumo per cápita de 4.9 kg, mostrando un crecimiento sostenido, pero aún inferior al de países con tradición quesera más consolidada (Agraria.pe, 2025).

Uno de los procesos clave en la elaboración del queso fresco es la coagulación de la caseína, mediante la cual la leche pasa de una suspensión líquida a una estructura de gel o sólido, gracias a la precipitación de la caseína. Para garantizar la firmeza y resistencia mecánica del coágulo, especialmente cuando se utiliza leche pasteurizada, es necesaria la adición de cloruro de calcio, que restaura el tamaño de la micela de caseína y reduce el tiempo de coagulación (Broyard y Gaucheron, 2015 en Maldonado, 2023). Sin embargo, la concentración de  $\text{CaCl}_2$  debe controlarse cuidadosamente, ya que exceder los 40 g por cada 100 kg de leche puede generar sabores amargos y afectar la calidad sensorial del queso, además de influir en la retención de humedad y el tamaño de la cuajada, aspectos que varían según el tipo de queso (Lucey y Fox, 1993 en Maldonado, 2023).

Por otro lado, la cáscara de huevo, un subproducto abundante en la industria alimentaria, contiene aproximadamente 95% de carbonato de calcio, con un 36.9% de este mineral en forma biodisponible para el organismo humano (Belitz, 2009; Gómez, 2011). Dada la creciente demanda de alimentos fortificados con calcio que contribuyan a la salud ósea, la cáscara de huevo en polvo se presenta como una alternativa viable para sustituir parcial o totalmente al cloruro de calcio en la elaboración de queso fresco, permitiendo además la valorización de un residuo que actualmente no se aprovecha adecuadamente (Maldonado, 2023). Esta sustitución podría optimizar el rendimiento del queso, reducir costos y disminuir el impacto ambiental asociado al uso de insumos químicos, pero requiere una investigación rigurosa que determine las cantidades adecuadas y el efecto de diferentes tiempos de coagulación sobre las propiedades finales del producto.

En consecuencia, surge la necesidad de investigar el efecto de la sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y los diferentes tiempos de coagulación sobre el rendimiento y la textura del queso fresco, con el fin de aportar conocimiento científico que permita mejorar la sostenibilidad y competitividad de la industria quesera nacional, especialmente en regiones productoras como Cajamarca, donde la producción láctea tiene un rol socioeconómico relevante (MINAGRI, 2024; Agraria.pe, 2025).

## **2.2. Formulación del problema**

¿La sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y el tiempo de coagulación tienen efecto sobre el rendimiento y la textura del queso fresco?

### **III. OBJETIVOS**

#### **a) Objetivo general**

- Determinar el efecto de la sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y diferentes tiempos de coagulación sobre el rendimiento y la textura del queso fresco.

#### **b) Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de diferentes porcentajes de sustitución del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo (25%, 50% y 75%) sobre el rendimiento y la textura del queso fresco.
- Determinar el efecto de diferentes tiempos de coagulación (45 y 60 minutos) sobre el rendimiento y la textura del queso fresco cuando se sustituye parcialmente el cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo.
- Determinar el efecto de la interacción entre el porcentaje de sustitución del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y los tiempos de coagulación sobre el rendimiento y la textura del queso fresco.

#### **IV. HIPÓTESIS**

El queso fresco elaborado con una sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en un 25% y con un tiempo de coagulación de 45 minutos tendrá un mejor rendimiento y mejor textura que los tratamientos con una sustitución del 50% y 75% y un tiempo de coagulación de 60 minutos.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Antecedentes de la investigación

Cerna (2024) desarrolló una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la sustitución del cloruro de calcio por fosfato monocálcico sobre el rendimiento, las características fisicoquímicas y sensoriales del queso fresco. Para ello, se elaboraron cinco tratamientos: una muestra control con cloruro de calcio y cuatro formulaciones con fosfato monocálcico en concentraciones de 325, 650, 975 y 1300 mg/kg. Se determinaron los rendimientos del producto, así como el contenido de humedad, concentración de sal, pH y atributos sensoriales (color, sabor y textura) durante 12 días de almacenamiento a una temperatura de 4–6 °C. Los resultados mostraron que todas las concentraciones de fosfato monocálcico mejoraron el rendimiento respecto al control, siendo el tratamiento con 325 mg/kg el que alcanzó el mayor rendimiento (21.83%) y la mejor aceptabilidad sensorial. Además, se encontró un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) tanto de la concentración del fosfato monocálcico como del tiempo de almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas del queso.

*“Este antecedente sirvió para la sustitución parcial de cloruro de calcio en la elaboración de queso fresco”*

Cuizano Alvarón (2023) en su trabajo de investigación que tuvo como objetivo obtener carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo. se aplicó el siguiente procedimiento experimental: lavado de materia prima, trituración y tamizado; en base a esta operación se logrará obtener el carbonato de calcio en polvo. Los resultados muestran que la constitución química de la cáscara de huevo es de 0,83% de humedad, 81,49% de ceniza y 33,48% de calcio; en cuanto al análisis químico del carbonato de calcio arroja que se encuentra compuesto por 1.38% de humedad, 6.5% de ceniza, 820ppm de dureza total, 576ppm de dureza cálcica y 244ppm de dureza magnésica y 1635 de calcio. Cabe señalar que el tamaño a la que se tritura la materia prima (cáscara de huevo), influye significativamente en la solubilidad, esto nos

quiere decir que, si el dimensionamiento de las partículas de la materia prima es grande, la liberación del calcio se realiza lentamente.

*“La investigación sirvió para la obtención de carbonato de calcio a partir de cáscaras de huevo, lo que representa una alternativa prometedora para la reutilización de este residuo, contribuyendo a la economía circular y a la reducción del impacto ambiental.”*

Ríos Cabrera (2024) desarrolló una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto del tipo de cuajo artesanal e industrial en el rendimiento y las características sensoriales del queso fresco artesanal. Para alcanzar este propósito, se empleó una metodología experimental que incluyó la elaboración de quesos frescos utilizando diferentes tipos de cuajo (artesanal y comercial), así como la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas. El análisis para el "Rendimiento %" (con un p-valor de 0.313), sugiere que se realizaron mediciones cuantitativas sobre el rendimiento. La conclusión más relevante del estudio se centra en cómo el tipo de cuajo influyó en el rendimiento y las características sensoriales del queso fresco artesanal, lo que subraya la importancia de seleccionar adecuadamente el agente coagulante en la producción quesera local.

*“Este estudio proporciona un marco comparativo sobre cómo diferentes agentes coagulantes impactan el rendimiento del queso en un contexto local y permitirán establecer una base para analizar si la cáscara de huevo en polvo, como agente que modifica la coagulación y estructura, genera efectos similares o diferentes en el rendimiento”*

Li et al. (2022) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes concentraciones de papaína (0.2%, 0.3% y 0.4%), temperaturas de coagulación (30 °C, 34 °C y 37 °C) y tiempos de coagulación (20, 30 y 40 minutos) sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de un queso blando modelo durante un periodo de maduración de 50 días. Los autores elaboraron los quesos bajo un diseño factorial y analizaron variables como rendimiento, contenido de humedad, pH, población de bacterias ácido lácticas, textura

instrumental, grado de proteólisis, compuestos volátiles y perfil sensorial. Entre los principales hallazgos se observó que el contenido de humedad varió entre 53% y 62%, y que tanto la concentración de papaína como los parámetros de coagulación influyeron significativamente en las propiedades del queso. Específicamente, una concentración de papaína de 0.3% produjo un mayor rendimiento, mayor retención de humedad, mejor firmeza y mayor grado de proteólisis.

*“Este antecedente no sirvió de referencia para contrastar que la temperatura y el tiempo de coagulación son variables críticas que determinan la calidad del queso blando, por lo que su adecuada optimización permite mejorar significativamente las características del producto final.*

Hanum et al. (2022), en su trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar el efecto del tipo de extracto de fruta como acidulante y la concentración de cloruro de calcio en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del queso cottage. La metodología empleada incluyó un diseño completamente aleatorizado con dos factores y tres repeticiones, resultando en 27 tratamientos. El análisis de datos se realizó mediante ANOVA, seguido de la prueba de rangos múltiples de Duncan (DNMRT) con un nivel de significancia del 5%. Los resultados obtenidos mostraron que tanto el tipo de extracto de fruta como la concentración de cloruro de calcio influyeron en las propiedades del queso cottage. Los investigadores encontraron que la adición de cloruro de calcio, en combinación con diferentes acidulantes, afectaba la firmeza del cuajo y las características sensoriales.

*“La investigación nos sirvió para ver que la combinación de un extracto de fruta como acidulante y la concentración adecuada de cloruro de calcio es crucial para optimizar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del queso cottage, ofreciendo alternativas naturales para la coagulación y mejora de la textura”*

Pawlos et al. (2023) investigaron la viabilidad de utilizar diferentes compuestos de calcio en la fabricación de queso fresco de cuajo ácido a partir de leche de cabra. Este estudio se propuso analizar cómo estos compuestos de calcio influían en las propiedades de coagulación de la leche y las características del queso resultante. La hipótesis central de este trabajo fue que la adición de distintos tipos y concentraciones de compuestos de calcio influiría significativamente en las propiedades de coagulación de la leche de cabra y, consecuentemente, en las características fisicoquímicas y texturales del queso fresco resultante. Los resultados indicaron que la adición de distintos compuestos de calcio modificaba significativamente el proceso de coagulación y las características finales del queso. Se observó que el tipo y la concentración de calcio eran determinantes para obtener un cuajo óptimo y un queso con la textura deseada.

*“Este antecedente indica que existe una clara posibilidad de adaptar el uso de diferentes compuestos de calcio en la producción de queso fresco de cabra, lo que podría conducir a mejoras en la calidad y la eficiencia del proceso”*

Aditya et al. (2021) realizaron una revisión científica, con el objetivo de evaluar el potencial de la cáscara de huevo como fuente alternativa de calcio en la fortificación de alimentos, así como sus aplicaciones en la industria farmacéutica, agrícola y de alimentos funcionales. Esta investigación se desarrolló a partir del análisis exhaustivo de múltiples estudios sobre el procesamiento de cáscara de huevo y su transformación en diferentes sales de calcio con mayor biodisponibilidad, como el citrato, lactato y cloruro de calcio. Los resultados indicaron que el calcio derivado de la cáscara de huevo posee una alta biodisponibilidad (superior al 34.8 % en polvo fino), siendo comparable o superior al de suplementos comerciales. Asimismo, la incorporación de calcio de cáscara de huevo en productos como yogurt, salchichas, panes, galletas, jugos, café y dulces no comprometió las propiedades sensoriales, y en muchos casos mejoró el perfil nutricional sin alterar significativamente textura o sabor.

*“La investigación indica que el uso de cáscara de huevo como insumo para alimentos fortificados representa una alternativa económica, ambientalmente sostenible y tecnológicamente viable, especialmente en regiones donde la deficiencia de calcio es prevalente”*

Vega Vega (2015), en su tesis se propuso investigar cómo la incorporación de leche de cabra y cloruro de calcio influía en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del queso fresco. La hipótesis central de su estudio fue que la adición de leche de cabra y cloruro de calcio modificaría significativamente la composición química, la textura y la aceptabilidad sensorial del queso fresco. Para ello, Vega Vega (2015) realizó un experimento evaluando diferentes proporciones de leche de cabra y concentraciones de cloruro de calcio. Los resultados mostraron que la adición de leche de cabra y cloruro de calcio impactó en parámetros como el porcentaje de humedad, grasa, proteína, pH y acidez del queso. También se observaron variaciones en la firmeza y la elasticidad, así como en las características sensoriales percibidas por los panelistas.

Alarcon Saucedo (2020) llevó a cabo una investigación, cuyo objetivo principal fue evaluar el efecto del pretratamiento de cuajo de oveja (*Ovis aries*) y el tiempo de coagulación sobre las características sensoriales y fisicoquímicas del queso fresco. Para ello, se empleó una metodología experimental donde se manipularon distintas condiciones de pretratamiento del cuajo y tiempos de coagulación. Los resultados obtenidos mostraron variaciones significativas en las características sensoriales y fisicoquímicas del queso en función de los tratamientos aplicados. Estos hallazgos sugieren que el pretratamiento del cuajo y el tiempo de coagulación influyen directamente en la calidad final del queso fresco.

*“Esta investigación no sirvió para ver la optimización de tiempo de coagulación es crucial para mejorar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del queso”*

## **5.2 BASES TEÓRICAS.**

### **5.2.1 Cáscara de huevo**

La cáscara de huevo es un subproducto agroindustrial de origen avícola, compuesto principalmente por carbonato de calcio (aproximadamente 94%), además de magnesio, fósforo, sodio, potasio, y trazas de otros minerales esenciales como zinc y hierro. También contiene una matriz orgánica formada por proteínas, colágeno y enzimas, que participan en la estructura y funcionalidad del material (Rodríguez-de Llano et al., 2019). Desde el punto de vista nutricional, representa una fuente rica y biodisponible de calcio, lo que la hace viable para su uso en la fortificación de alimentos, especialmente en productos lácteos, panificados y suplementos dietéticos (Aditya et al., 2021). En la industria alimentaria, la cáscara de huevo procesada se ha utilizado como sustituto parcial de aditivos minerales tradicionales, así como en el desarrollo de alimentos funcionales. Asimismo, ha demostrado potencial en sectores como el farmacéutico, agrícola y ambiental, promoviendo su aprovechamiento dentro de un enfoque de sostenibilidad y economía circular (Aditya et al., 2021; Rodríguez-de Llano et al., 2019).

### **5.2.2 Características generales de la cáscara de huevo.**

El calcio es uno de los elementos principales de la cáscara de huevo, es el mineral más abundante del organismo, y está involucrado en casi todas sus funciones metabólicas, desde la contracción y relajación de la musculatura, hasta la regulación del latir del corazón, pasando por la transmisión de los impulsos nerviosos. El calcio iónico interviene directamente en la nutrición celular, favorece la creación de nuevas células, participa en las síntesis de las proteínas, y ayuda al control de la presión arterial; es imprescindible en la formación de los huesos, dientes, músculos, los órganos componentes del sistema nervioso y endocrino, así como también interviene en la replicación del ADN. El calcio controla el equilibrio entre la acidez y la alcalinidad del medio interno del organismo. Los bajos niveles de calcio aceleran

el proceso de envejecimiento (más calcio implica más oxígeno). Los resultados de estas investigaciones han sido aplicados en la elaboración de alimentos funcionales, de los cuales se han desarrollado, fabricado y distribuido más de 210 millones de raciones, sin que se haya reportado reacción adversa alguna, o efectos secundarios, de su consumo (Valdez,2009).

Complementariamente, Silva et al. (2021) describen la cáscara de huevo procesada como un nanobiomaterial con propiedades funcionales excepcionales, cuya estructura cristalina de carbonato de calcio tipo calcita le confiere características únicas para aplicaciones en biotecnología alimentaria, particularmente en procesos que requieren iones calcio para reacciones bioquímicas específicas. Esta definición más reciente incorpora los avances en nanotecnología y biotecnología alimentaria.

La evolución conceptual de la cáscara de huevo como fuente de calcio ha transitado desde su consideración inicial como residuo avícola hasta su reconocimiento actual como biomaterial funcional. Los primeros estudios se centraron únicamente en su composición química, mientras que las investigaciones contemporáneas abordan aspectos como biodisponibilidad, funcionalidad tecnológica y sostenibilidad ambiental.

### **5.2.3 Queso**

De acuerdo al Codex Alimentarius de la FAO/OMS (2008), el queso es el producto sólido o semisólido, madurado o fresco, en el que el valor de la relación suero proteínas/caseína no supera al de la leche, y que es obtenido por coagulación (total o parcial) de la leche por medio de la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes adecuados, con un escurrido parcial del lactosuero.

#### **Queso Fresco**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 202.195, el queso fresco tradicional, es el queso blando, no madurado ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, sin

cultivos lácticos, obtenido por separación del suero después de la coagulación de la leche pasteurizada, entera, descremada o parcialmente descremada.

### **Características**

Licata (2009) señala que, según el código alimentario, se define queso al producto fresco o madurado, sólido o semisólido, obtenido a partir de la coagulación de la leche (a través de la acción del cuajo u otros coagulantes, con o sin hidrólisis previa de la lactosa) y posterior separación del suero. Las leches que se utilizan habitualmente son las de vaca (entera o desnatada) que da un sabor de queso más suave.

La organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 2008) lo define como el producto fresco o madurado, obtenido por coagulación de la leche u otros productos lácteos (nata, leche parcialmente desnatada, nata de suero o la mezcla de varios de ellos), con separación del suero.

La producción de queso fresco consiste esencialmente en la obtención de la cuajada, que no es más que la coagulación de la proteína de la leche (caseína) por la acción de la enzima renina o cuajo (Gonzales, 2002).

**Las características fisicoquímicas del queso fresco son definidas el en la Tabla 1.**

**Tabla 1**

*Características fisicoquímicas del Queso Fresco*

<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>Elaborado a base de leche entera</b>	<b>Elaborado a base de leche parcialmente descremada</b>	<b>Elaborado a base de leche descremada</b>
Materia grasa láctea en el extracto seco	g/100g	≥40	≥15	>15
Humedad	g/100g	≥46	≥46	≥46

*Nota.* Datos tomados del Ministerio de Agricultura y Riego (2017)

## **Propiedades y aportes nutricionales**

Según Licata (2009) el queso comparte casi las mismas propiedades nutricionales con la leche, excepto porque contiene más grasas y proteínas concentradas. Además de ser fuente proteica de alto valor biológico, se destaca por ser una fuente importante de calcio y fósforo, necesarios para la re-mineralización ósea.

Con respecto al tipo de grasas que aportan, es importante volver a señalar que se trata de grasas de origen animal, y por consiguiente son saturadas, las cuales influyen negativamente ante enfermedades cardiovasculares y la obesidad o sobrepeso.

En cuanto a las vitaminas, el queso es un alimento rico en vitaminas A, D y del grupo B. debido a todos los nutrientes importantes que el queso nos aporta, debe estar presente en una dieta sana y equilibrada, aunque deberá ser consumido con moderación. La mejor opción es elegir, quesos frescos desnatados tipo Burgos, ricotas, requesón, o versiones de bajo contenido graso, tanto para los niños como para adultos, ya que solo en este tipo de quesos, se ve modificado su contenido graso, pero no el resto de vitaminas y minerales. Las personas con intolerancia a la lactosa o alérgicas, deben tener especial cuidado, restringiendo su consumo, o tomando solo aquellos que su organismo tolera sin generar reacciones adversas (Licata, 2009)

La palabra queso deriva de la palabra caseína, del latín "caseus", cuyo significado origina carere suerum (que carece de suero). Tenemos el queso fresco que no se madura después de la fabricación, sino que se consume en estado fresco. El queso es definido como el producto fresco o madurado obtenido por la coagulación y separación del suero de la leche, crema, leche parcialmente descremada o por una mezcla de estos productos (Codex alimentarius, 2007 y Santos, 1987; Amiot, 1991).

### **5.2.4. Coagulación**

La teoría de coagulación enzimática, propuesta originalmente por Bergère (1975) y actualizada por Lucey (2022), establece que el proceso de formación de cuajada ocurre en dos fases

principales: la fase enzimática primaria, donde la renina hidroliza específicamente el enlace Phe105-Met106 de la  $\kappa$ -caseína, y la fase de agregación secundaria, donde las micelas desestabilizadas se unen en presencia de calcio iónico formando la red proteica. Esta teoría fundamenta la importancia del calcio en el proceso quesero, explicando que los iones  $\text{Ca}^{2+}$  actúan como puentes intermoleculares entre las micelas de caseína parcialmente hidrolizadas, neutralizando cargas negativas y permitiendo la formación de enlaces hidrofóbicos que estabilizan la estructura del gel.

### **5.2.5 Tiempo de Coagulación**

El tiempo de coagulación representa uno de los parámetros críticos en la elaboración de quesos frescos, definido como el período transcurrido desde la adición del agente coagulante hasta la formación de una cuajada con la consistencia adecuada para el corte. Para un queso fresco la coagulación viene a durar del orden de 45 minutos a 1 hora, estableciendo así los rangos temporales estándar para este proceso.

Morales y López (2020) explican que el tiempo de coagulación está influenciado por múltiples factores, incluyendo la temperatura de la leche, el pH, la concentración de calcio iónico, la actividad del cuajo y la composición proteica. En el contexto de la sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo, este parámetro adquiere relevancia especial debido a las diferencias en la cinética de liberación del calcio entre ambas fuentes.

La fundamentación teórica del tiempo de coagulación se basa en la teoría de formación de redes proteicas propuesta por Walstra et al. (2018), que describe el proceso como una secuencia de eventos bioquímicos donde las micelas de caseína se desestabilizan por acción enzimática y posteriormente se agregan en presencia de calcio iónico, formando una estructura tridimensional que atrapa el suero lácteo.

### 5.2.5 Rendimiento

Según Abd El-Gawad y Ahmed (2011) plantean que el rendimiento del queso fresco es un parámetro crucial en la industria láctea que cuantifica la cantidad de kilogramos de queso obtenidos a partir de 100 kg de leche procesada. Este indicador es de vital importancia económica para los productores, ya que pequeñas variaciones en el rendimiento pueden traducirse en diferencias significativas en las ganancias. El rendimiento del queso se define por la capacidad de recuperar al máximo los sólidos de la sustancia seca de la leche procesada. La correcta y rápida determinación de este rendimiento tiene dos aplicaciones principales: por un lado, permite un control económico eficiente del proceso de elaboración del queso, y por otro, facilita la aplicación de los resultados de experimentos y mejoras en la producción.

#### **Factores que afectan el rendimiento del queso fresco:**

El rendimiento del queso está influenciado por una multiplicidad de factores, los cuales pueden ser categorizados de la siguiente manera:

- **Composición de la leche:** La concentración de los componentes de la leche, especialmente el contenido de grasa y proteína, son factores determinantes del rendimiento del queso. Cuanto mayor sea el porcentaje de sólidos recuperados, mayor será la cantidad de queso obtenido.
- **Caseína:** La cantidad y las variantes genéticas de las fracciones de caseína presentes en la leche son factores clave que impactan el rendimiento.
- **Calidad de la leche:** La calidad general de la leche es fundamental. Por ejemplo, el recuento de células somáticas (RCS) en la leche puede influir negativamente en el rendimiento.
- **Procesamiento de la leche:** Pasteurización: La pasteurización de la leche es un factor que afecta el rendimiento del queso.

- **Tipo de coagulante:** El tipo de preparaciones coagulantes utilizadas para la leche tiene un impacto directo en el rendimiento.

- **Parámetros de fabricación:**

Firmeza de la cuajada al corte: La firmeza de la cuajada en el momento del corte es un parámetro crítico

Método de corte de la cuajada: La forma en que se corta la cuajada también afecta el rendimiento final

Otros parámetros generales del proceso de fabricación contribuyen a la variación en el rendimiento del queso (Abd El-Gawad & Ahmed, 2011).

### **5.2.6 Análisis de Perfil de Textura.**

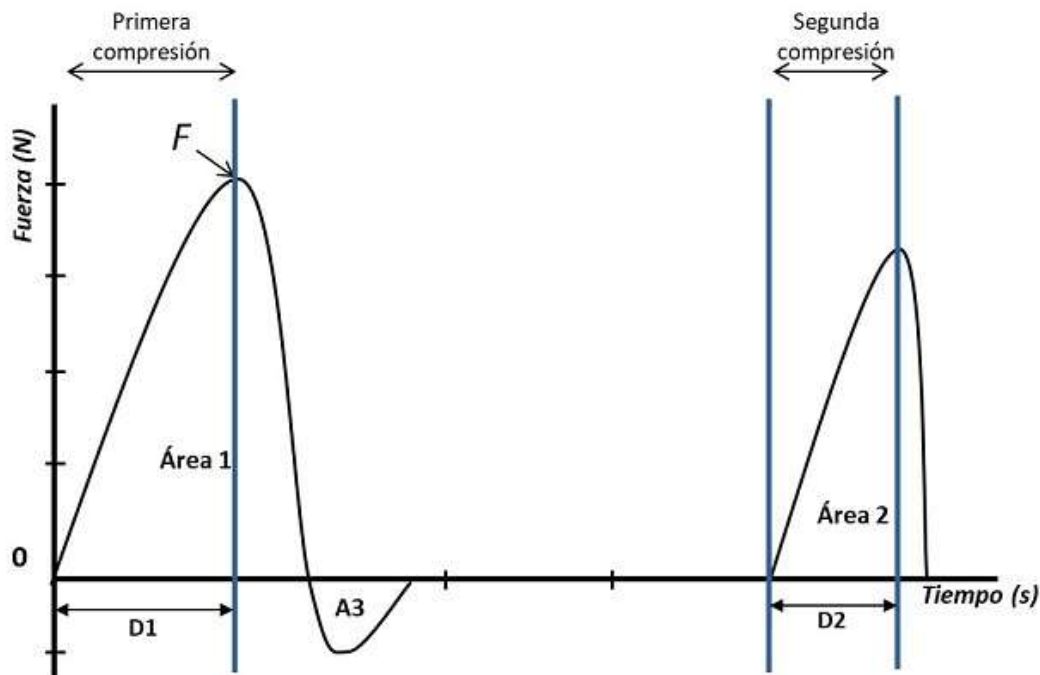
El análisis de perfil de textura (TPA) es un término general para describir la percepción en la boca de las propiedades de un alimento, relacionadas con la sensación del tacto y de las propiedades reológicas. Incluye las determinadas propiedades físicas definidas objetivamente (grado de elasticidad, grado de gomosidad), así como otras descriptivas en las que no existen definiciones tan claras (masticabilidad, gomosidad, adhesividad). (Johana y Rivera Reino 2012)

El TPA es uno de los métodos instrumentales más ampliamente utilizado para la evaluación de textura del queso. (Ramos, Salas Valerio, y Chamorro 2015)

A partir de la siguiente figura se definen los siguientes parámetros de textura (Bermeo 2019)

**Figura 1**

*Grafica general del análisis de perfil de textura.*



*Nota.* La grafica muestra las dos curvas de compresión aplicadas a la muestra, adaptado de (Torres et al., 2023)

**Fracturabilidad:** Es la primera caída significativa de la curva durante el primer ciclo de compresión producto de un alto grado de dureza y bajo grado de cohesividad. Se refiere a la dureza con el cual el alimento se desmorona, cruje o se revienta. Se expresa en unidades de fuerza-Newton (Bermeo 2019).

**Dureza:** Fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar. Se expresa en unidades de fuerza, N ó  $\text{Kg m s}^{-2}$  (Bermeo 2019).

**Cohesividad:** entre el área positiva bajo la curva de fuerza de la segunda compresión (Área 2) y el área bajo la curva de la primera compresión (Área 1) Representa la fuerza con la que están unidas las partículas, límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse. Es adimensional (Bermeo 2019).

**Adhesividad:** Siguiendo al primer ciclo de compresión se elimina la fuerza cuando la cruceta se mueve a su posición original. Si el material es pegajoso o adhesivo, la fuerza se convierte en negativa. El área de esta fuerza negativa (Área 3), se toma como una medida de la adhesividad de la muestra. Representa el trabajo necesario para despegar el plato de compresión de la muestra o el trabajo necesario para despegar el alimento de la superficie. Se mide en (Kg m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>) (Bermeo 2019).

**Elasticidad:** Es la altura que recupera el alimento durante el tiempo que recorre entre el primer ciclo y el segundo CD/BA. Mide cuanta estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial. Es adimensional, una longitud dividida por otra longitud (Bermeo 2019).

**Masticabilidad:** Producto de la dureza por la cohesividad y la elasticidad. Representa el trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido. Se expresa en Kg (Bermeo 2019)

### 5.2.7 Método Tradicional de elaboración de queso

La elaboración tradicional del queso fresco es un proceso que combina técnicas ancestrales con principios científicos para transformar la leche en un producto lácteo de alta calidad. Este proceso inicia con la selección y tratamiento de la leche, que puede ser fresca o pasteurizada, y continúa con la coagulación, corte, desuerado, moldeado, salado y, en algunos casos, maduración<sup>1</sup>

En la coagulación, etapa fundamental para la formación del cuajo, se adiciona cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) para restaurar el tamaño de las micelas de caseína, especialmente cuando se utiliza leche pasteurizada. Esto se debe a que el tratamiento térmico puede afectar la disponibilidad de calcio coloidal necesario para la formación de un gel firme y resistente (Broyard & Gaucheron, 2015, en Maldonado, 2023).

La cantidad de cloruro de calcio adicionada en la elaboración tradicional varía según la leche y el tipo de queso, pero comúnmente se emplean concentraciones que oscilan entre 20 y 40

gramos de  $\text{CaCl}_2$  por cada 100 kilogramos de leche. El objetivo es optimizar la firmeza del coágulo y reducir el tiempo de coagulación sin afectar negativamente el sabor del queso (Lucey & Fox, 1993, en Maldonado, 2023) Esta adición permite mejorar la retención de sólidos y humedad en el queso, incrementando el rendimiento y la calidad del producto final.

Desde el punto de vista fisicoquímico, el cloruro de calcio actúa como un agente estabilizador que facilita la interacción entre las micelas de caseína, promoviendo la formación de enlaces cálcicos que fortalecen la estructura del gel proteico (Broyard & Gaucheron, 2015). Además, su presencia influye en la acidez y el pH durante la coagulación, parámetros que afectan la textura y la sinéresis del queso (Harboe & Budtz, 1999, como se citó en Maldonado, 2023).

La firmeza del cuajo, medida a través de propiedades mecánicas, está directamente relacionada con la concentración de calcio disponible, lo que repercute en la capacidad del queso para retener agua y grasa, elementos esenciales para su rendimiento y características organolépticas (Dumais et al., 1991).

En la práctica tradicional, la coagulación se puede inducir mediante la adición de cuajo o ácidos naturales (como jugo de limón o vinagre), pero la incorporación de cloruro de calcio es especialmente relevante cuando se busca mejorar la consistencia del queso fresco, optimizando la textura y reduciendo pérdidas por desuerado excesivo. El control de la cantidad de  $\text{CaCl}_2$  es crucial, ya que dosis superiores a 40 g/100 kg de leche pueden generar sabores amargos y afectar negativamente la aceptación del producto (Lucey & Fox, 1993, en Maldonado, 2023).

### **5.3 Definición de términos**

- **Tiempo de coagulación.** Duración requerida para que la leche coagulada alcance una firmeza óptima. Varía según la concentración de calcio y la actividad enzimática, afectando directamente el rendimiento y textura del queso (Lucey y Fox, 1993 en Maldonado, 2023)

- **Rendimiento del queso fresco.** Cantidad de queso obtenido a partir de una masa determinada de leche, expresada en porcentaje o kilogramos de queso por 100 kg de leche. Depende de factores como la composición de la leche (caseína, grasa), condiciones de coagulación y pérdidas durante el procesamiento (Arce et al., 2016; Universidad de Chile, 2023)
- **Leche.** Es la secreción normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de tratamiento, adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o elaboración ulterior (CODEX, 1999).
- **Cáscara de huevo.** Es una biocerámica compuesta de una fase orgánica y otra inorgánica. Compuesta por 1,6% de agua, 95,1 % de minerales, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio y 0,73% de fosfato tricálcico, y finalmente 3,3% de materia orgánica (Fernández & Arias, 2000).
- **Coagulación de leche:** La coagulación de la leche se define como la desestabilización de la solución coloidal de caseína que da lugar a la aglomeración de las micelas libres y la formación de un gel que contiene el resto de los componentes de la leche.
- **Textura.** La textura de un queso es una propiedad sensorial clave, definida por sus características mecánicas, geométricas y de superficie.
- **Dureza.** Es la fuerza máxima necesaria para deforma un alimento durante el primer ciclo de compresión.
- **Elasticidad.** Es la capacidad del alimento para recuperar su forma original después de retirar la fuerza de deformación.
- **Cohesividad.** Representa el grado en que la estructura del producto se mantiene íntegra; se calcula como la relación entre el trabajo del segundo ciclo y el primero.

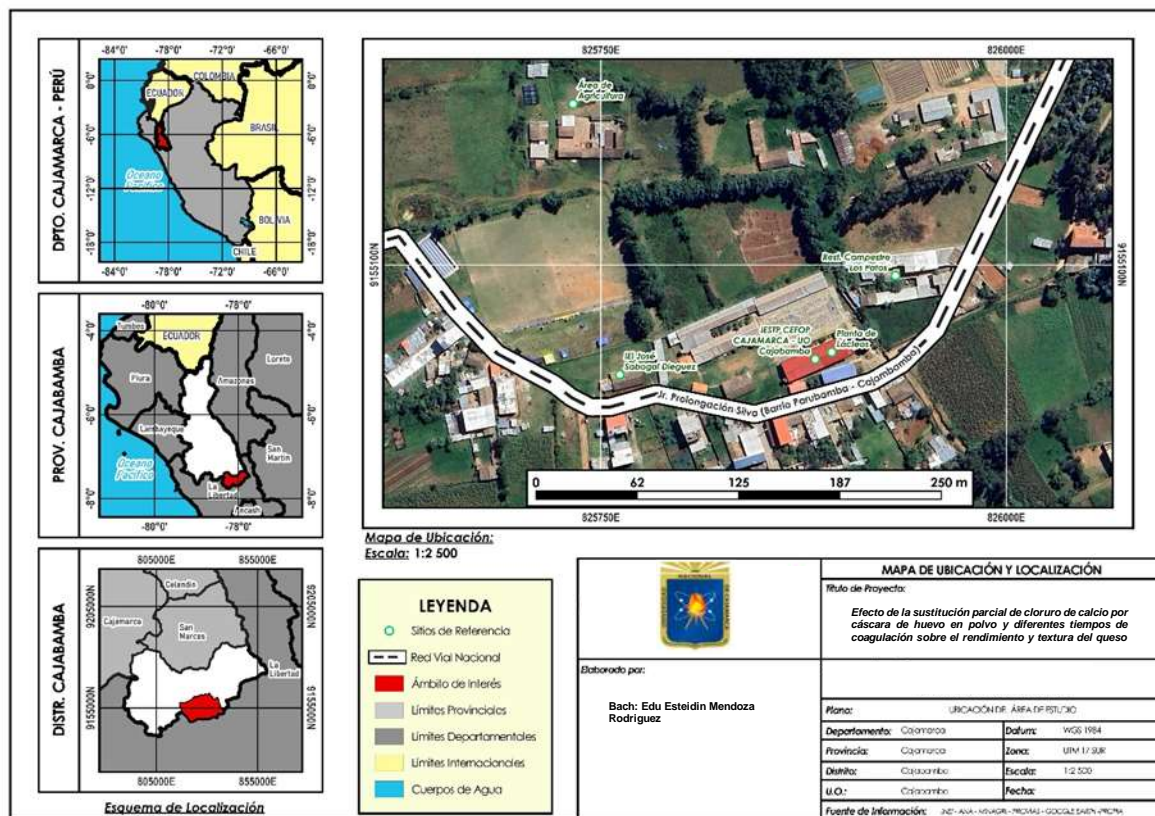
## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La parte experimental se llevará a cabo en las instalaciones de la planta láctea del I.E.S.T.P CEFOP Cajamarca UO Cajabamba, que se encuentra ubicada en el sector Parubamba a una Altitud de 3337 m.s.n.m con una superficie de 334.6 km<sup>2</sup> del distrito de Cajabamba, provincia de Cajabamba y región de Cajamarca.

**Figura 2**

*Ubicación de la planta láctea del IESTP CEFOP Cajamarca UO Cajabamba*



*Nota.* El mapa muestra la planta láctea de las instalaciones del CEFOP Cajamarca U.O Cajabamba

## **6.2. Materiales**

### **6.2.1. Materias primas, insumos y reactivos.**

- Cáscara de Huevo (gallinas Brown)
- Leche
- Cuajo CHY-MAX
- Cloruro de Calcio adquirido de MEVICAR
- Sal Marina
- Alcohol 70° Alkofarma

### **6.2.2. Materiales y equipos para el procesamiento**

- Balanza de acero inoxidable AINODIS
- Termómetro con canastilla de plástico
- Recipientes de plástico
- Pala
- Moldes
- Molino manual
- Tela para filtrar
- Ollas
- Cocina
- Lira.
- Texturómetro Brookfiel CTX.

### **6.2.3. Material de gabinete.**

- Papel bond.
- Laptop.
- Lapiceros.

#### 6.2.4. Metodología

#### 6.2.5. Variables independientes.

- Proporción de cascará de huevo en polvo (H<sub>1</sub>: 25%, H<sub>2</sub>:50% y H<sub>3</sub>:75%),
- Tiempo de coagulación (T<sub>1</sub>: 45 minutos y T<sub>2</sub>: 60 minutos)

#### 6.2.6. Variable dependiente

- Rendimiento.
- Textura Instrumental (Dureza, Elasticidad y cohesividad).

#### 6.2.7. Variables, indicadores, escala de medición.

**Tabla 2**

*Variables, proporción y medición*

	<b>Variables de Estudio</b>	<b>Proporción/escala /parámetro</b>	<b>Medición</b>
<b>Variables independientes</b>	Proporción de cáscara de huevo	H <sub>1</sub> : 25% H <sub>2</sub> : 50% H <sub>3</sub> :75%	%
	Tiempo de coagulación	T1: 45 minutos T2: 60 minutos	minutos
<b>Variables dependientes</b>	Rendimiento	Peso (Kg)/volumen (L) x 100	%
	Textura Instrumental	Dureza	N
		Elasticidad	Ad
	Cohesividad	Ad	

*Nota.* En esta tabla se muestra las variables de estudio, la proporción y la medición en cada una de estas.

### 6.2.8. Diseño experimental

La metodología empleada para este experimento es experimental, hipotético deductivo; por las variables es cuantitativo, los cuales se expresan en un Diseño Estadístico Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones y una estructura factorial de 2A x 3B. El primer factor (A) es el Tiempo de coagulación (T<sub>1</sub>: 45 minutos y T<sub>3</sub>: 60 minutos) % y el factor B corresponde a la Cáscara de huevo en polvo (H<sub>1</sub>: 25%, H<sub>2</sub>: 50% y H<sub>3</sub>:75%), con 6 tratamientos, donde la variable respuesta es el rendimiento y la textura. Asimismo, la Tabla 3 presenta el detalle de las cantidades utilizadas en cada repetición, según el tratamiento correspondiente.

**Tabla 3**

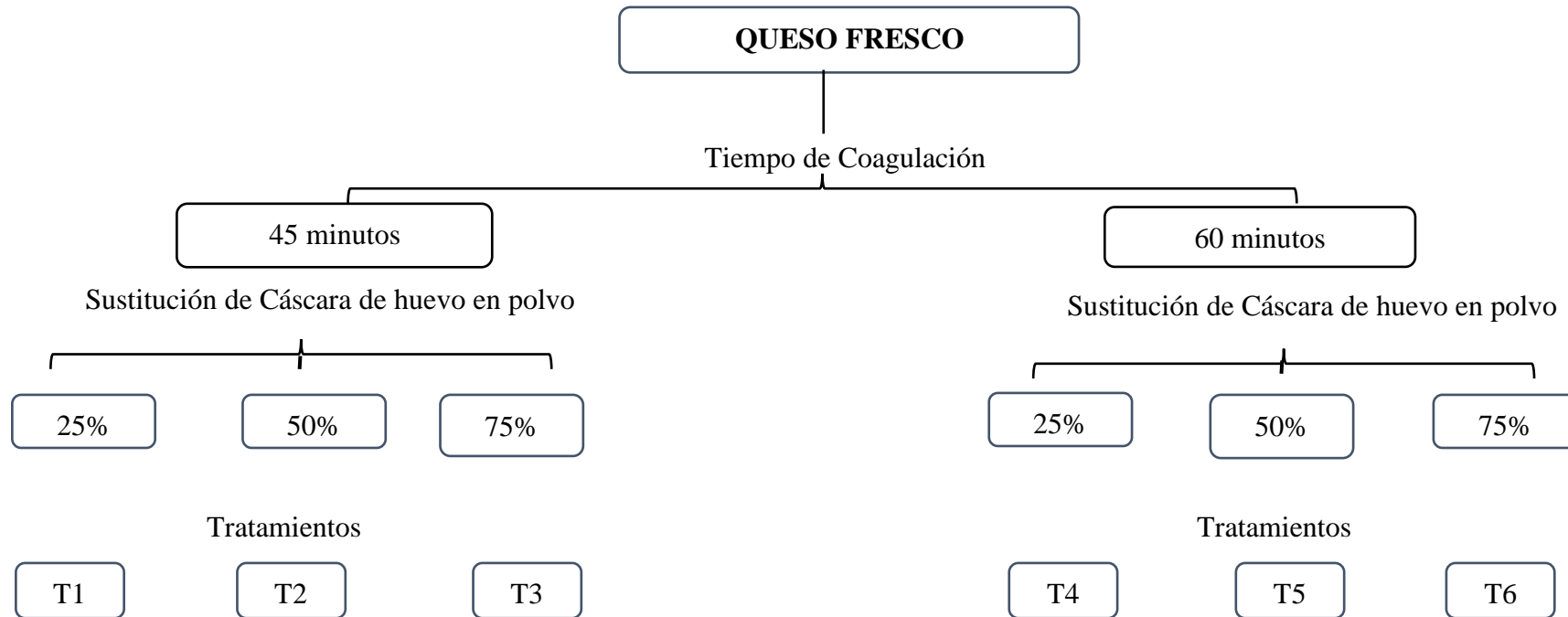
*Proporciones de cáscara de huevo en polvo en peso (g)*

<b>Proporción Cáscara/cloruro de calcio (%)</b>	<b>Cáscara de huevo en polvo (g/100 L)</b>	<b>Cloruro de Calcio (g/100 L)</b>
1 = 25%	4.5	13.5
2 = 50%	9	9
3 = 75%	13.5	4.5

*Nota.* En la tabla se muestran las cantidades empleadas para la sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo, utilizadas en la elaboración de queso fresco.

**Figura 3**

*Esquema de Tratamientos*



*Nota.* En la figura se muestra el esquema de tratamientos establecidos para la evaluación de rendimiento y textura del queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo.

### 6.2.9. Modelo estadístico

En nuestra investigación utilizaremos el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijkl}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Respuesta

$\mu$  = Efecto medio

$\alpha_i$  = efecto verdadero del i-ésimo nivel del factor

$\beta_j$  = efecto verdadero del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)$  = Efecto verdadero de la interacción

Los factores y los correspondientes niveles son:

- **Factor A (Tiempo de coagulación):**

Nivel  $b_1$  = 45 min

Nivel  $b_2$  = 60 min

- **Factor B (Cantidad de cascará de huevo en polvo)**

Nivel  $a_1$  = 25%

Nivel  $a_2$  = 50%

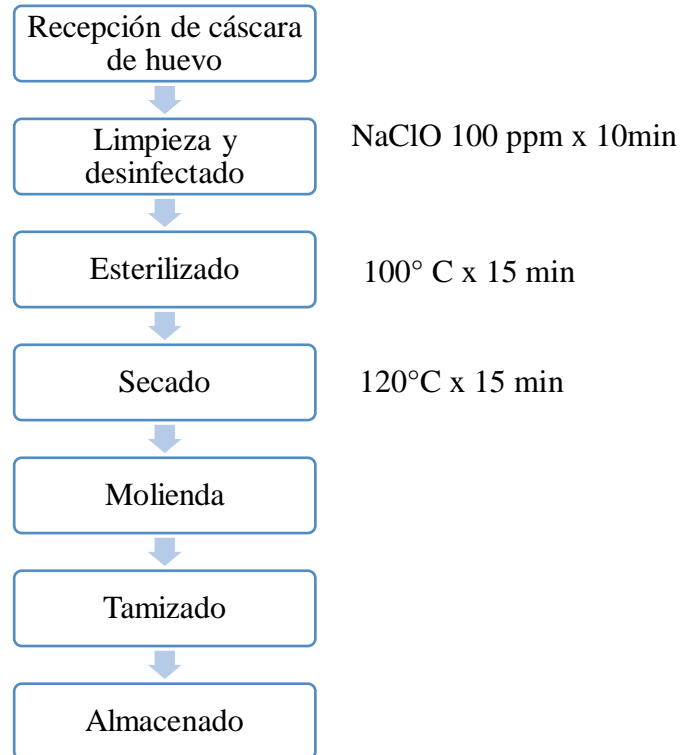
Nivel  $a_3$  = 75%

### 6.2.10. Procedimiento.

### 6.2.10.1. Proceso de la obtención de la cáscara de huevo en polvo

**Figura 4**

*Proceso de obtención de la cáscara de huevo en polvo*



Fuente: Elaboración propia

### 6.2.10.2. Descripción de las etapas del proceso de obtención de la cáscara de huevo en polvo

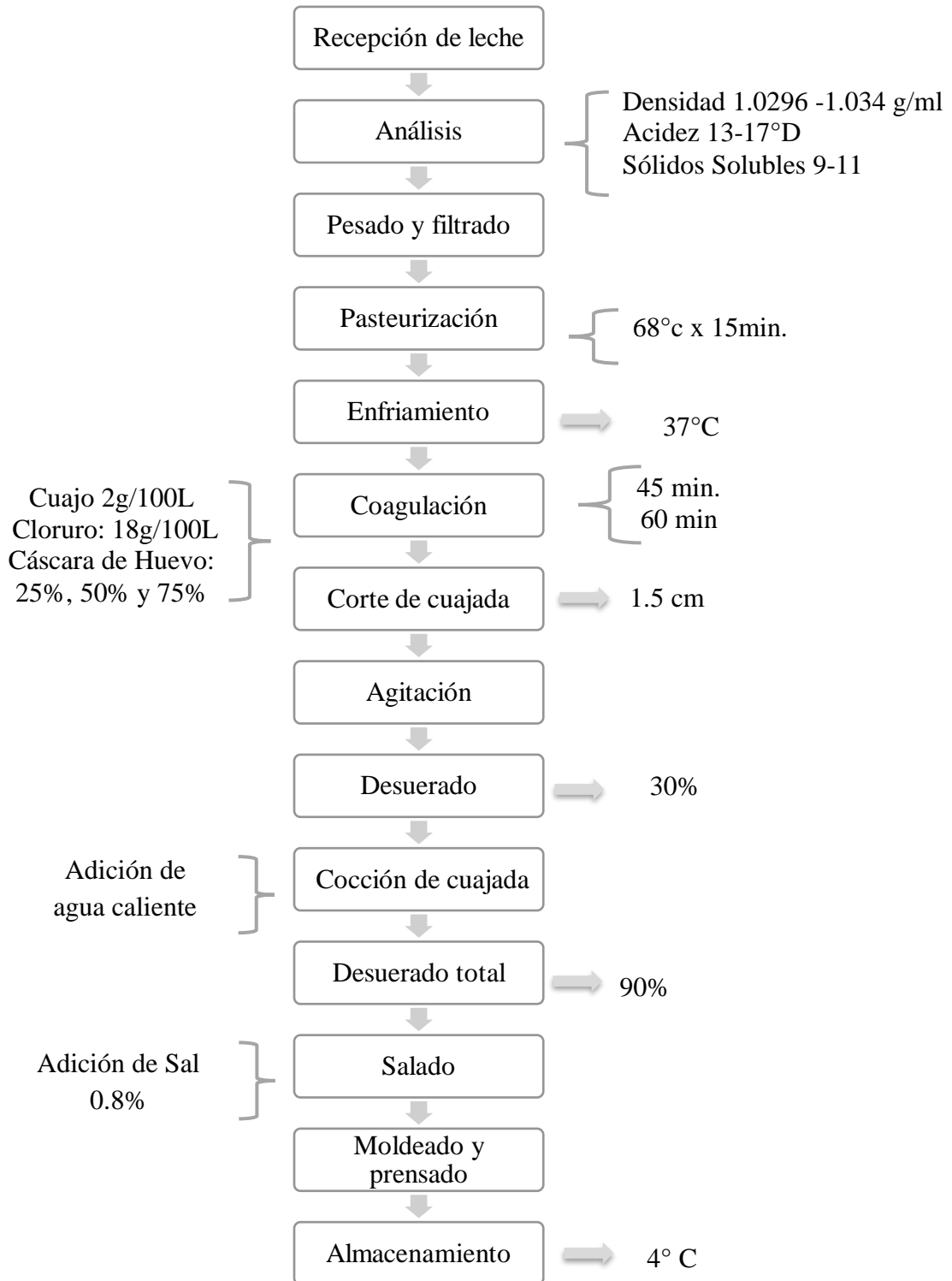
- **Recepción:** Se recolectaron las cáscaras de huevo en recipientes limpios y se mantuvieron herméticamente cerrados hasta su procesamiento.
- **Limpieza y desinfección:** Fueron sometidas a un proceso de inmersión en una solución de hipoclorito de sodio diluido a 100 ppm por 10 minutos. Durante esta etapa, se realizó la eliminación de residuos orgánicos (restos de clara y yema), seguida de un enjuague exhaustivo con agua limpia hasta eliminar cualquier resto del agente desinfectante.

- **Esterilización:** Con el objetivo de eliminar la carga microbiológica, las cáscaras se sometieron a un tratamiento térmico de esterilización a una temperatura de 100°C durante un periodo de 15 minutos.
- **Secado:** Tras el proceso de esterilización, se dispuso sobre una superficie inerte para su deshidratación inicial a temperatura ambiente. Posteriormente, la cáscara de huevo se sometió a un tratamiento en un Horno a 120 °C durante 15 minutos; este procedimiento aseguró la eliminación total de la carga microbiana y garantizó la ausencia de humedad en el producto.
- **Molienda:** Las cáscaras secas fueron procesadas mediante un molino, con el fin de fragmentar la estructura de la cáscara y facilitar la obtención de un polvo fino.
- **Tamizado:** El producto obtenido se filtró a través de un tamiz de malla fina. Este procedimiento permitió asegurar una granulometría uniforme y la remoción de partículas de dimensiones superiores.
- **Almacenamiento:** Finalmente, el polvo resultante fue transferido a recipientes herméticos y almacenado en un entorno controlado.

### 6.2.10.3. Proceso de elaboración del queso fresco.

Figura 5

Elaboración de queso Fresco



Fuente: Elaboración Propia

#### **6.2.10.4. Descripción de las etapas de elaboración de queso fresco con la sustitución de cloruro de calcio por cascara de huevo en polvo**

A continuación, se presenta la descripción de cada una de las etapas del proceso de queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y diferentes tiempos de coagulación. **Ver Anexo 3**

##### **– Recepción de leche**

Se realizó la recepción de la leche en baldes limpio y esterilizados, verificando que cumpla con los requisitos de calidad y frescura.

##### **– Pesado y filtrado**

Se pesó y se filtró utilizando un balde medidor, canastilla y tela. Esterilizamos con agua caliente todos los materiales que vamos utilizar a una temperatura de 75°C.

##### **– Análisis de acidez**

Se analizó la acidez titulable de la leche, para lo cual se sacó 9 ml de leche con una pipeta dentro de un vaso, se agregó tres gotas de fenolftaleína para que después el hidróxido de sodio deba caer lentamente al vaso que ya contiene la leche y la fenolftaleína, se movió en forma circular donde el hidróxido de sodio hizo una reacción en la leche en la cual irá tomando un color rosa pálido. Donde estuvo en el rango de calidad acidez de 13° a 17° D

##### **– Pasteurización**

Se pasteurizó a 68°C de temperatura por 15 minutos de tiempo.

##### **– Enfriamiento**

Se enfrió rápidamente después del reposo de la leche hasta alcanzar una temperatura de 37°C de 37°C.

– **Adición de cloruro de calcio y cáscara de huevo en polvo**

Se procedió a añadir el cloruro de calcio que se adiciona 18g por cada 100L, pero en esta investigación, dicho insumo fue sustituido parcialmente por la cáscara de huevo en polvo en un 25%, 50% y 75% de la cantidad de cloruro original. Esto fue diluye en agua destilada

– **Adición del cuajo**

Se agrego el cuajo que fue 2g por cada 100L a la leche que estuvo en 37° C de temperatura y además diluido en agua destilada.

– **Coagulación**

Se dejó en reposo 45 y 60 minutos dependiendo al tratamiento que corresponde.

– **Corte de cuajada:**

Después de que ha transcurrido el tiempo de coagulación, se procedió al corte de la cuajada, realizando con una lira esterilizada a una medida de 1.5 cm.

– **Desuerado y Cocción**

Se procedió a eliminar el suero hasta dejar las 2/3 partes del recipiente luego se agregó agua caliente a 75°C para elevar la temperatura de la cuajada a 45 °C.

– **Desuerado total**

Se eliminó el (90%) de suero hasta llegar al nivel de trozos de la cuajada.

– **Salado**

Se adiciona sal al 0.8%, diluyendo en agua caliente a 75°C, para después agregarle ala cuajada, pero esta antes se filtró para evitar el pase de impurezas.

– **Moldeado**

Se añadió los granos de la cuajada a los moldes cubiertos con una tela, luego realizó la presión con la misma tapa del molde para eliminar el suero.

## – Prensado

El proceso de prensado se llevó a cabo en una prensa neumática Horizontal, aplicando una presión constante de 2.5 bar. Transcurridos los primeros 30 minutos, se procedió a realizar el volteo de las piezas con el fin de optimizar el drenaje y facilitar la evacuación del suero.

### **6.2.10.5. Análisis de Perfil de Textura (TPA) de queso fresco.**

La evaluación de la textura se usó del texturómetro modelo CTX de la marca AMETEK Brookfield que cuenta con un software incorporado del TexturePro LABOMAT para realizar las pruebas de evaluación de textura. Se analizaron 2 unidades de cada tratamiento (T1; T2; T3; T4; T5 y T6), las dimensiones de altura y ancho de cada muestra fueron medidas con un vernier digital y luego tabuladas en el software del texturómetro. Seguidamente, se colocó la muestra de queso (25 mm de diámetro y de altura) sobre una base estable que permitió que la sonda aplique la fuerza de compresión, logrando así una deformación central de la muestra.

Se realizaron pruebas preliminares para determinar la celda de carga adecuada a utilizar, optándose por una celda cilíndrica de 5 Kg que ejerció la compresión sobre la muestra. Los datos de la doble compresión permitieron obtener curvas de fuerza/tiempo (Figura 1), a partir de las cuales se calcularon los parámetros del TPA como: la dureza que es el pico de fuerza de la primera compresión, la cohesividad definida como la propiedad que le permite al queso permanecer unido después de una primera compresión y se calcula como el cociente del área dos entre el área uno ( $A2/A1$ ). Finalmente, la elasticidad se refiere a la habilidad del queso para retornar a su altura original después de una primera compresión y se calcula dividiendo la distancia dos entre la uno ( $D2/D1$ ), siendo registrados a través del sistema del texturómetro para su posterior análisis e interpretación de resultados.

#### **6.2.10.6. Evaluación del rendimiento del queso fresco.**

##### **– Pesado inicial de la leche**

Se registró de manera rigurosa la cantidad de leche utilizada en cada tratamiento, asegurando la homogeneidad en las muestras. Se efectuó la medición de la densidad de la leche para convertir el volumen en masa; este ajuste permitió aplicar la fórmula de rendimiento basada en peso, optimizando la precisión del análisis.

##### **– Elaboración del queso fresco**

Se realizó todo el proceso de elaboración del queso según lo descrito anteriormente, asegurando de que el proceso sea uniforme entre todos los tratamientos o repeticiones.

##### **– Pesado del queso fresco**

Una vez finalizado el proceso (prensado y desmolde), se procedió a realizar el desmolde y pesar el producto obtenido de manera muy precisa.

##### **– Cálculo del rendimiento real**

Se logró determinar el rendimiento quesero o real usando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = (\text{Peso del queso fresco (kg)} / \text{volumen de la leche (kg)}) \times 100$$

## **VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Los resultados obtenidos del estudio de Textura y Rendimiento del queso fresco elaborado con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y en diferentes tiempos de coagulación, fueron organizados, representados gráficamente y expuestos a un análisis estadístico mediante ANOVA. Siendo analizados y discutidos, tal como se muestra a continuación.

### **7.1. Resultados de la evaluación de la textura de queso Fresco**

El análisis de perfil de textura (TPA) se representó mediante un gráfico de fuerza vs tiempo con el que se determinó y evaluó los parámetros de: Dureza (N), Elasticidad y Cohesividad del queso fresco con sus diferentes cantidades de sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en diferentes tiempos de coagulación.

#### **7.1.1 Análisis de Dureza**

Los valores obtenidos del parámetro de dureza correspondientes al queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo se detallan en la Tabla 4. El Tratamiento T5, con sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo del 50% sometido a un tiempo de coagulación de 60 min, presentó el valor más alto de Dureza (60.22N), mientras que el tratamiento T6 con la sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en 75% y sometido a un tiempo de coagulación también de 60 min, obtuvo el valor más bajo (29 N). Este comportamiento indica que a excesivos concentración de cáscara de huevo en polvo podrían interferir negativamente en la sinéresis o generar una interrupción física en la matriz proteica. Este fenómeno se explica porque las partículas de cáscara de huevo, al ser insolubles en su mayoría, actúan como "puntos de discontinuidad" que debilitan la estructura continua de la cuajada (Walstra et al., 2018). Asimismo, una concentración excesiva de sales de calcio puede provocar una menor biodisponibilidad de  $Ca^{2+}$  en comparación con el

cloruro comercial. (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, 2022). En conjunto, estos resultados respaldan la sustitución parcial y no total de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en la elaboración de queso fresco.

**Tabla 4**

*Resultados de análisis del parámetro de dureza en queso fresco*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo C. (min)</b>	<b>Sustitución (%)</b>	<b>Dureza (N)</b>
T1	45	25 %	40.48 ± 1.90
T2	45	50%	44.86 ±8.95
T3	45	75 %	41.32 ± 1.49
T4	60	25 %	40.08 ±4.42
T5	60	50%	60.22 ±0.32
T6	60	75 %	29.00 ±6.59

*Nota.* En esta tabla se muestran los promedios de los resultados obtenidos del parámetro de Dureza (N) al que se ha sometido queso fresco

#### **Análisis estadístico para el parámetro de Dureza (N)**

De acuerdo con los datos de la Tabla 5 sobre el análisis de varianza (ANOVA) del parámetro de la textura (Dureza) evidencia el efecto de la sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo, presentando un p-valor de 0.022 (<0.05), dando a entender que al sustituir un 25%, 50% y 75% influye significativamente en la dureza del queso fresco, presentando el mayor valor con la sustitución del 50% y menor valor de dureza al 75%. La sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo influye directamente en la formación de la red de paracaseinato de calcio. El incremento de dureza observado con el T5 con 50% de sustitución sugiere que a este nivel existe una disponibilidad óptima de iones de calcio que favorecen el entrecruzamiento de las micelas de caseína, fortaleciendo la estructura del coágulo. A diferencia del tiempo de coagulación que no mostró ningún efecto significativo con  $p=0.770$  ( $>0.05$ ). No obstante, la interacción entre sustitución y tiempo fue altamente

significativo, con  $p < 0.007$ , lo que implica que el impacto de la cáscara de huevo sobre la dureza varía según el tiempo de coagulación.

**Tabla 5**

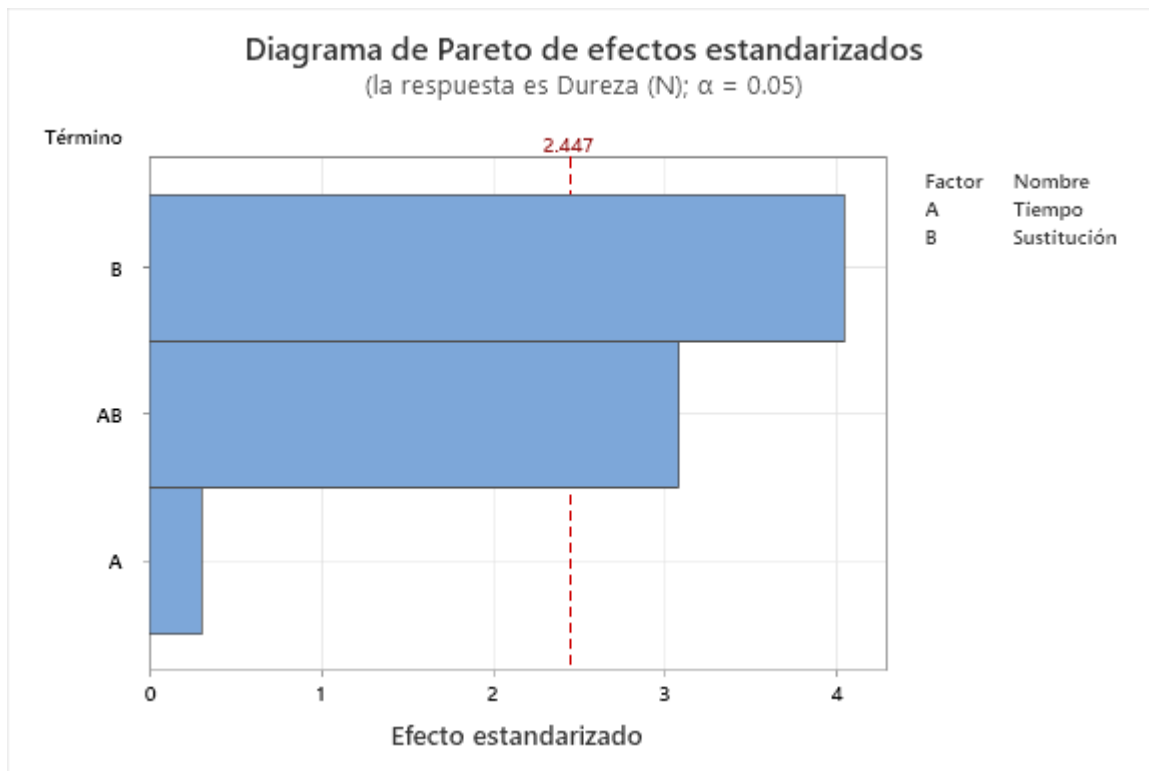
*Análisis de varianza de Dureza*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tiempo C. (min)	1	2.33	2.328	0.09	0.770
Sustitución (%)	2	638.12	319.059	12.85	0.007
Tiempo C. *Sustitución	2	385.84	192.920	7.77	0.022
Error	6	148.93	24.822		
Total	11	1175.22			

*Nota.* Los datos corresponden al análisis de varianza (ANOVA) del parámetro de dureza determinado mediante el Análisis de Perfil de Textura (TPA) en queso fresco.

**Figura 6**

*Pareto de Efectos Estandarizados de la Dureza*



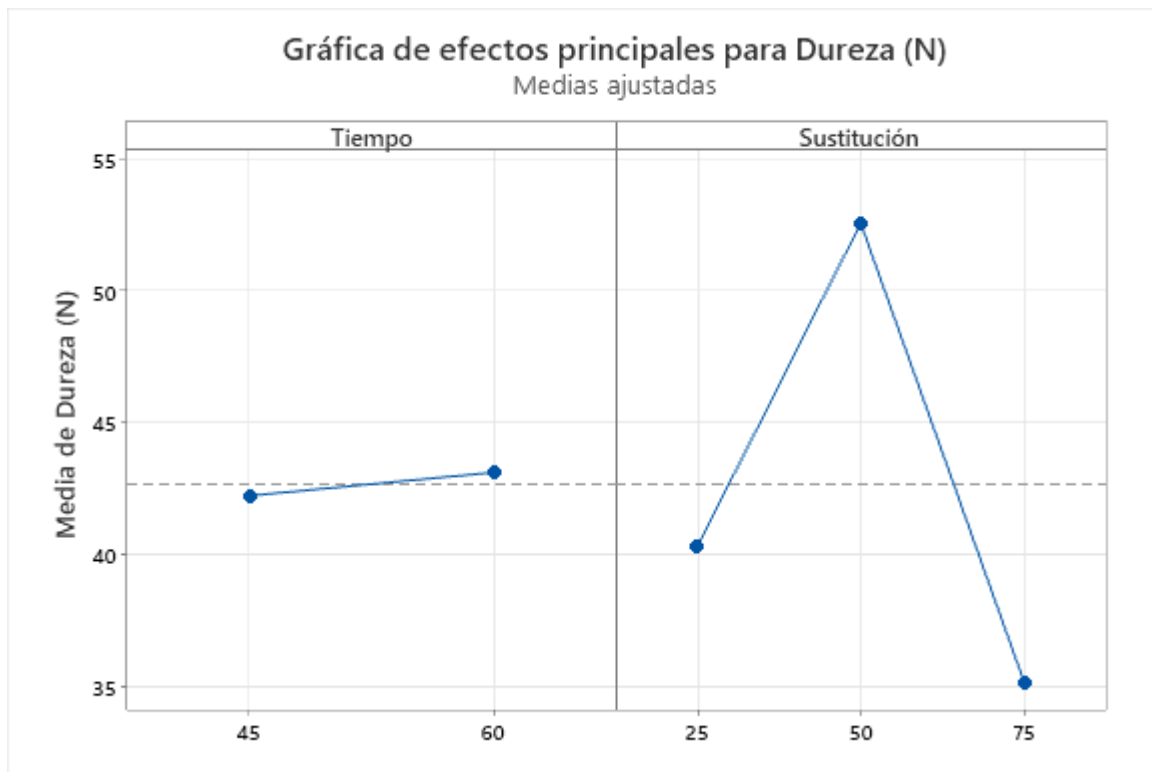
*Nota.* La Figura representa los efectos de cada factor estandarizados a un nivel de 0.05. Se evidencia que efectos de la sustitución Parcial (B) y los efectos de la interacción Tiempo de coagulación por Sustitución Parcial (AB) sobrepasan la línea roja (valor crítico), lo que indica que el factor Sustitución Parcial y la interacción de los factores (AB) son estadísticamente significativos y que ejercen influencia en la dureza del queso fresco, no obstante se observa que el factor de Sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo ejerce un efecto mucho más significativo (fue el factor más importante) que el efecto de la interacción.

Según Jaros, citado por (Torres et al., 2015) La medida de la dureza en quesos puede ser afectada por muchos factores tales como el contenido de grasa, proteínas y de humedad, aunque también interviene la tecnología de procesamiento. En general los parámetros de textura pueden ser afectados positiva o negativamente, razón por la cual en este estudio la

dureza se ve afectado de manera significativa por la sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo.

### Figura 7

*Efectos principales para dureza*



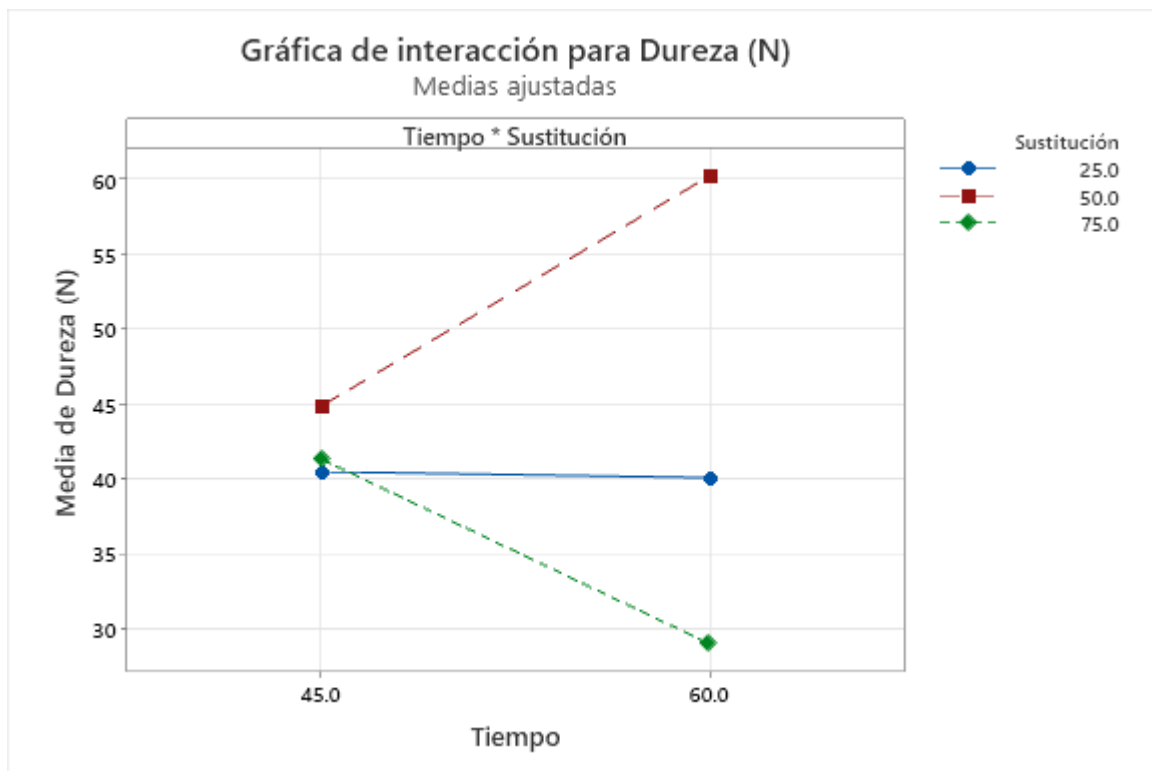
*Nota.* La gráfica muestra los efectos principales para el parámetro de Textura (Dureza) de los factores en estudio (Tiempo de Coagulación y Sustitución Parcial) de una forma independiente.

En la Figura 7 se evidencia que el nivel mayor (60 min) de Tiempo de Coagulación genera el más alto valor de la dureza en las muestras, es decir tiene una relación directa ya que la dureza asciende ligeramente a medida que aumenta el Tiempo de coagulación, mientras que la Sustitución Parcial tiene medias de dureza distintas, siendo sustitución parcial del 75% la que genera menor dureza en las muestras y la Sustitución Parcial del 50% se obtiene el mayor promedio de dureza en el queso fresco, esta disminución de la dureza se alinea con estudios que indican que fuentes naturales de Calcio, como el carbonato de calcio de la cáscara de huevo

tiene aproximadamente un 90-98% de  $\text{CaCO}_3$ , liberan iones de Calcio de forma más gradual durante la coagulación, resultando en redes de caseína menos densas y quesos más blandos. El cloruro de calcio, al proporcionar calcio altamente soluble, fortalece la coagulación enzimática y aumenta la firmeza al promover enlaces iónicos fuertes en paracaseínas, un efecto que disminuye con sustitutos orgánicos. Además, a tiempos de coagulación más largos (60 min) favorecen una hidrólisis proteica extendida, aumentando ligeramente la dureza (Vinueza, 2015)

### Figura 8

*Interacción para Dureza (N)*



*Nota.* La gráfica muestra la interacción para la textura (Dureza) de las medias de los tratamientos del queso fresco.

La Figura 8 evidencia que cuando el tiempo de coagulación es mayor (60 min) con una sustitución parcial del 50% es el tratamiento que mayor dureza presenta de todas las muestras. Sin embargo, cuando la sustitución parcial es de 75% bajo el mismo tiempo de 60 min, la dureza desciende a su punto más bajo. Por otro lado, con una sustitución del 25%, se percibe

un ligero descenso en la dureza en comparación con el nivel registrado a los 45 minutos, entre las 3 interacciones se observa valores de dureza distintos, el efecto sustitución parcial no es el mismo en todos los tiempos de coagulación porque hay un efecto inverso cuando la sustitución es de 50% con tiempo de coagulación más alto obteniendo la mayor dureza a comparación de la sustitución parcial de 75%. Investigaciones previas han señalado que el exceso de calcio o la alcalinización del suero pueden derivar en una estructura proteica más débil o "quebradiza" debido a una agregación desordenada de las micelas (Lucey & Kelly, 1994)

### **7.1.2. Análisis de Elasticidad**

Los valores obtenidos del parámetro de Elasticidad correspondientes al queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo se detallan en la Tabla 7, el tratamiento T5 con sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo del 50% sometido a un tiempo de coagulación de 60 min, presentó el valor más alto de Elasticidad (18.14 mm), mientras que el tratamiento T4 con la sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en 25% y sometido a un tiempo de coagulación también de 60 min, obtuvo el valor más bajo (16.34 mm).

**Tabla 6**

*Resultados de análisis del parámetro de elasticidad en queso fresco*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo C. (min)</b>	<b>Sustitución (%)</b>	<b>Elasticidad</b>
T1	45	25 %	16.66 ±0.40
T2	45	50%	17.81 ±0.23
T3	45	75 %	16.55 ±0.33
T4	60	25 %	16.34 ±0.88
T5	60	50%	17.74 ±0.12
T6	60	75 %	16.88 ±0.37

*Nota.* En esta tabla se muestran los promedios de los resultados del parámetro de Elasticidad al que se ha sometido las muestras de queso fresco

### **Análisis estadístico para el parámetro de Elasticidad**

De acuerdo con los datos de la Tabla 8 sobre el análisis de varianza (ANOVA) del parámetro de la textura (elasticidad), se puede evidenciar el efecto de la sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo (factor B) presentando un p-valor de 0.016(<0.05), esto nos indica que los niveles de sustitución (25%, 50%, 75%) influyen significativamente en la elasticidad, con medias (50%: mayor elasticidad; 25%: menor elasticidad). En cambio, el tiempo de coagulación (factor A) no mostró un efecto significativo con  $p=0.392$  ( $>0.05$ ). De igual manera, la interacción entre sustitución y tiempo (A×B) no mostró un efecto significativo, con  $p=0.329$ , lo que demuestra que ambos factores actúan de manera independiente; es decir, el efecto del nivel de sustitución sobre la elasticidad no depende del tiempo.

**Tabla 7**

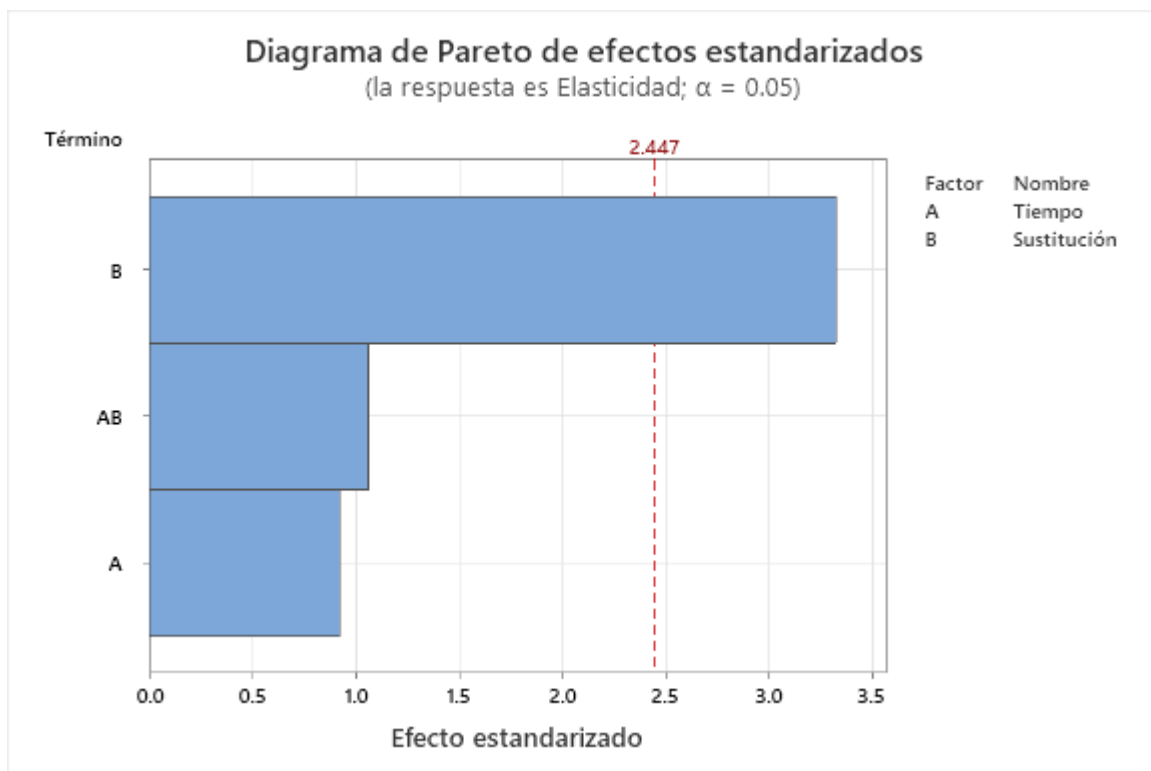
*Análisis de Varianza de Elasticidad*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tiempo	1	0.1776	0.1776	0.85	0.392
Sustitución	2	3.7329	1.8665	8.93	0.016
Tiempo*Sustitución	2	0.5625	0.2813	1.35	0.329
Error	6	1.2546	0.2091		
Total	11	5.7277			

*Nota.* Los datos corresponden al análisis de varianza (ANOVA) del parámetro de elasticidad determinado mediante el Análisis de Perfil de Textura (TPA) en queso fresco.

**Figura 9**

*Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de la Elasticidad*



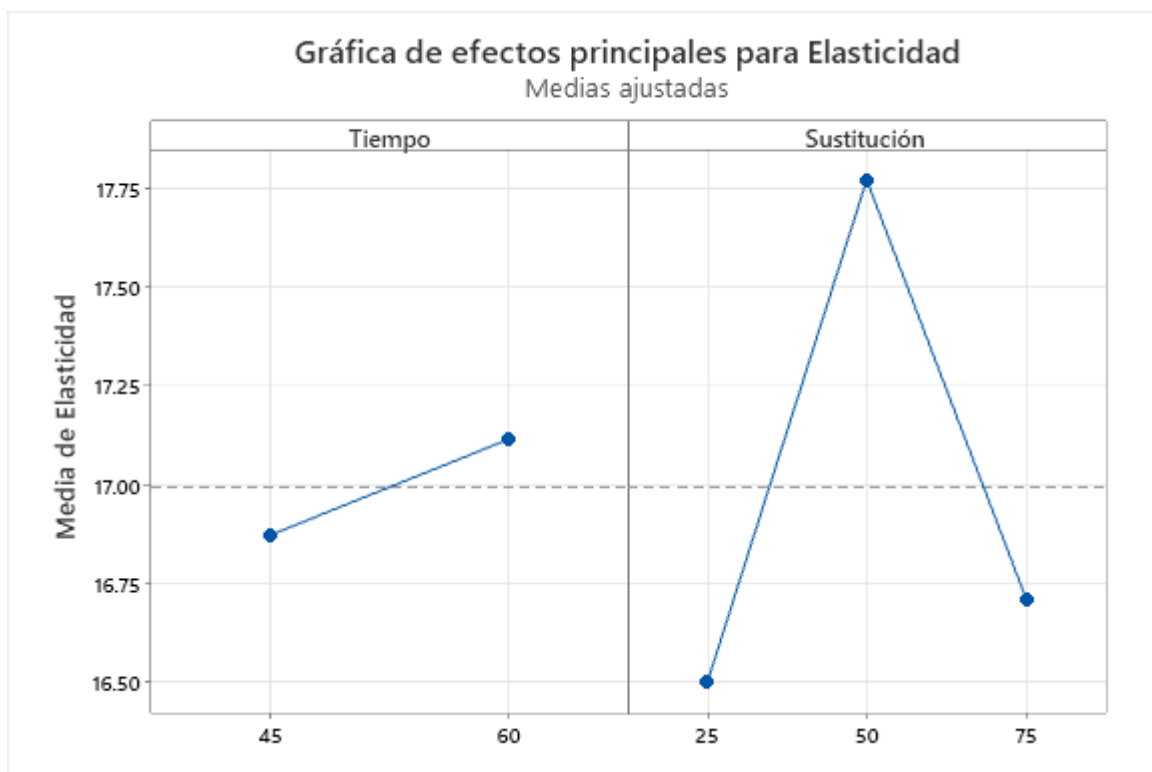
*Nota.* La Figura representa los efectos de cada factor estandarizados a un nivel de 0.05. Se observa que efectos de Tiempo de Coagulación (A) y los efectos de la interacción Tiempo de coagulación por Sustitución (AB) no sobrepasan la línea roja (valor crítico), pero los efectos

de Sustitución sobrepasan esta línea roja indicando que significativo estadísticamente y que ejercen influencia en la elasticidad del queso fresco.

La importancia del calcio en la formación de la red estructural es subrayada por Lucey et al. (2003), quienes sostienen que las propiedades físicas y mecánicas (como la elasticidad y el estiramiento) están determinadas primordialmente por la interacción de las moléculas y la concentración de sales de calcio. Según estos autores, existe un equilibrio entre las formas solubles e insolubles de calcio que modifica la fuerza de las interacciones moleculares. En esta investigación, el hecho de que el nivel del 50% de cáscara de huevo (rica en carbonato de calcio) genere mayor elasticidad sugiere que se alcanzó un equilibrio óptimo de mineralización que estabilizó la red, permitiendo una mayor recuperación elástica ante la deformación.

### Figura 10

#### *Efectos Principales para Elasticidad*

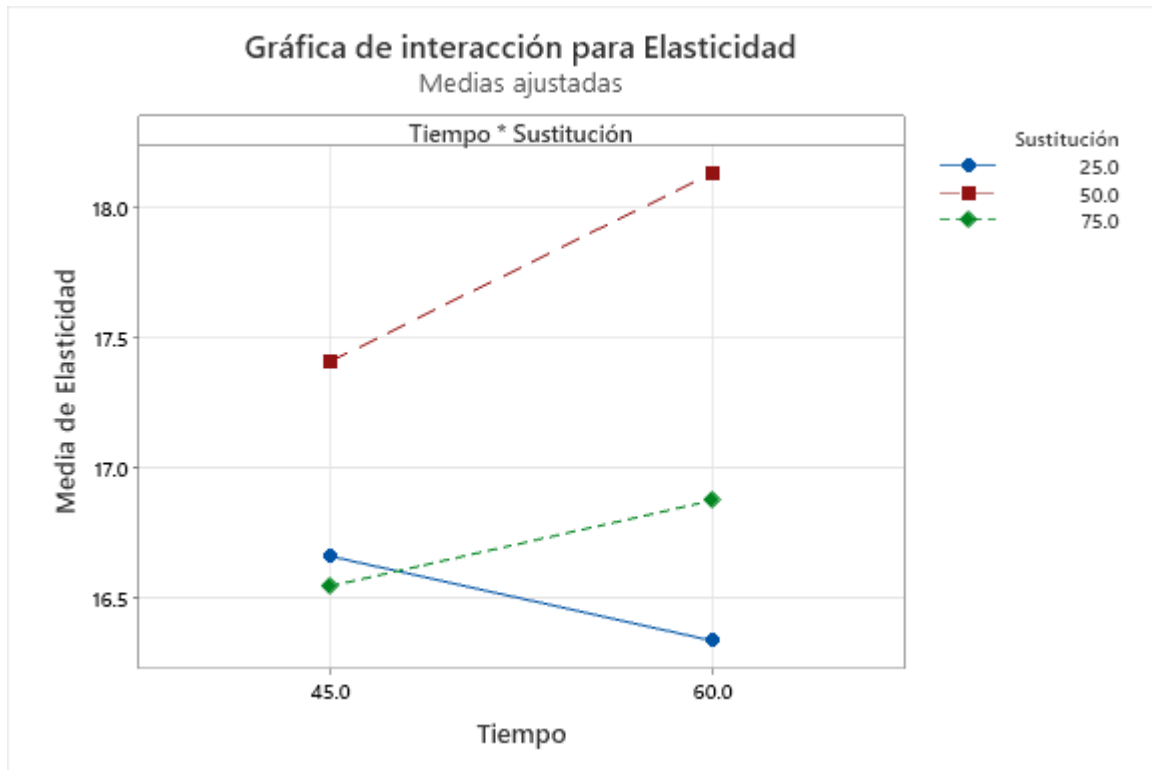


*Nota.* La gráfica muestra los efectos principales para el parámetro de Textura (Elasticidad) de los factores en estudio (Tiempo de Coagulación y Sustitución Parcial) de una forma independiente.

En la Figura 10 se evidencia que el nivel mayor (60 min) de Tiempo de Coagulación genera el más alto valor de la elasticidad en las muestras, es decir tiene una relación directa ya que la elasticidad asciende ligeramente a medida que aumenta el Tiempo de coagulación, mientras que la Sustitución Parcial tiene medias de dureza distintas, siendo sustitución parcial del 25% la que genera menor elasticidad en las muestras y la Sustitución Parcial del 50% se obtiene el mayor promedio de elasticidad en el queso fresco, esta disminución de la elasticidad observada el T4 está intrínsecamente ligada a la acidificación del queso, un pH final más alto en muestras con menor sustitución podría explicar la menor elasticidad, al limitar la formación de puentes iónicos esenciales para la cohesión del gel (Pastorino et al., 2003).

**Figura 11**

*Interacción para la Elasticidad*



*Nota.* La grafica muestra la interacción para el parámetro de elasticidad del queso fresco.

La figura 11 indica que cuando el tiempo de coagulación es mayor (60 min) y con una sustitución parcial del 50% es el tratamiento que mayor elasticidad presenta de todas las muestras. Sin embargo, cuando la sustitución parcial es de 25% bajo el mismo tiempo de 60 min, la dureza desciende a su punto más bajo. Por otro lado, con una sustitución del 75%, se percibe un ligero ascenso en la elasticidad en comparación con el nivel registrado a los 45 minutos, entre las 3 interacciones se observa valores de elasticidad distintos, el efecto sustitución parcial no es el mismo en todas los tiempos de coagulación porque hay un efecto directo ya cuando la sustitución es de 50% con tiempo de coagulación más alto se obtiene la mayor dureza a comparación de la sustitución parcial de 25% que se obtiene el menor valor, caso contrario ocurre en la sustitución parcial del 75% que también surge una disminución en la elasticidad, esto se puede dar por que la cáscara de huevo en polvo no disuelta puede actuar

como material de relleno que interrumpe la continuidad de la red proteica, limitando la transmisión de fuerzas elásticas (Mehanna et al., 2020)

### 7.1.3. Análisis de Cohesividad

Los valores obtenidos del parámetro de Cohesividad correspondientes al queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo se detallan en la Tabla 7, el tratamiento T5 con sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo del 50% sometido a un tiempo de coagulación de 60 min, presentó el valor más alto de Elasticidad (0.71), mientras que el tratamiento T1 con la sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en 25% y sometido a un tiempo de coagulación también de 60 min, obtuvo el valor más bajo (0.45).

**Tabla 8**

*Resultados de análisis del parámetro de Cohesividad en queso fresco*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo C. (min)</b>	<b>Sustitución (%)</b>	<b>Cohesividad</b>
T1	45	25 %	0.46 ± 0.03
T2	45	50%	0.65 ±0.001
T3	45	75 %	0.45 ±0.01
T4	60	25 %	0.56 ±0.13
T5	60	50%	0.71 ±0.02
T6	60	75 %	0.58 ±0.09

*Nota.* En esta tabla se muestran los promedios de los resultados del parámetro de Cohesividad de las muestras de queso fresco con sustitución parcial del cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo.

**Tabla 9***Análisis de Varianza de Cohesividad*

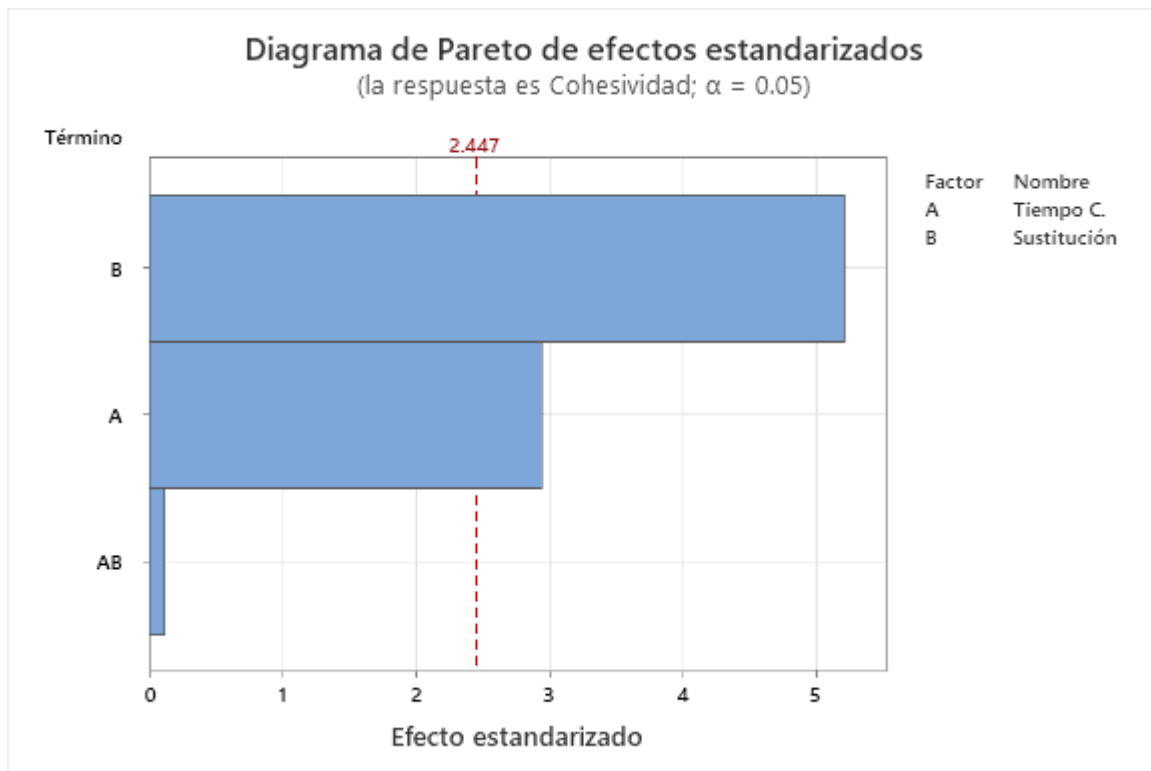
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tiempo C.	1	0.025557	0.025557	8.65	0.026
Sustitución	2	0.123055	0.061528	20.83	0.002
Tiempo C.*Sustitución	2	0.000564	0.000282	0.10	0.910
Error	6	0.017725	0.002954		
Total	11	0.166901			

*Nota.* Los datos corresponden al análisis de varianza (ANOVA) del parámetro de cohesividad determinado mediante el Análisis de Perfil de Textura (TPA) en queso fresco. 0.05).

Los datos mostrados en la tabla 9 del análisis de varianza del parámetro de cohesividad, donde se evidencia específicamente el efecto de la sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo (factor B) presenta un p-valor de 0.002 ( $<0.05$ ), indicando que los niveles de sustitución influyen significativamente en la cohesividad del queso, con medias (50%: mayor cohesividad). Asimismo, el tiempo de coagulación (factor A) mostró un efecto significativo con p-valor 0.026 ( $<0.05$ ). Por el contrario, la interacción entre tiempo y sustitución (A×B) no mostró un efecto significativo, con  $p=0.910$ , lo que demuestra que ambos factores actúan de manera independiente; es decir, el efecto del nivel de sustitución sobre la cohesividad no depende del tiempo de coagulación.

**Figura 12**

*Pareto de efectos estandarizados para cohesividad*

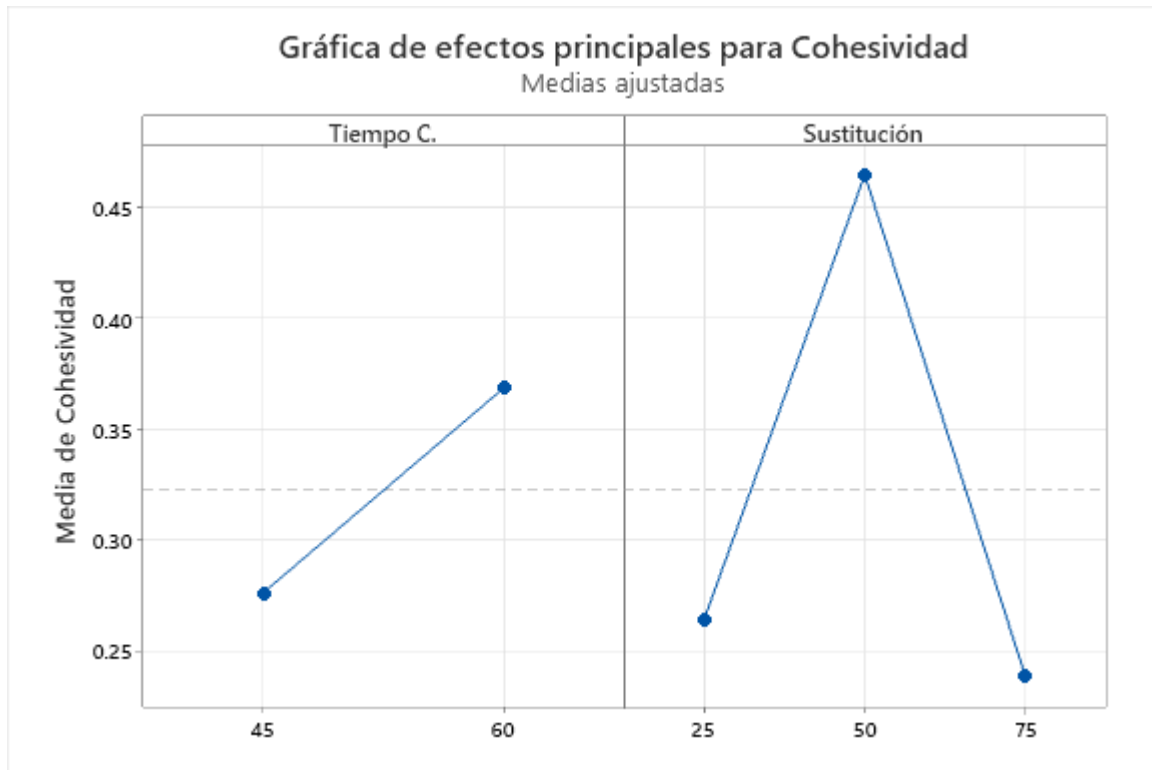


*Nota.* La Figura representa los efectos de cada factor estandarizados a un nivel de 0.05. Se observa que efectos de Tiempo de Coagulación (A) y la Sustitución (B) sobrepasan la línea roja (valor crítico), lo que indica que el factor tiempo de coagulación y Sustitución Parcial son estadísticamente significativos y que ejercen influencia en la cohesividad del queso fresco, no obstante se observa que el factor de Sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo ejerce un efecto mucho más significativo (fue el factor más importante) que el efecto de la interacción.

La falta de interacción indica que el proceso es estable frente a pequeños cambios operativas, ya que ligeras variaciones en el tiempo de coagulación no potencian los efectos negativos de un nivel de sustitución no óptimo, ni de manera inversa (Pastorino et al., 2003).

**Figura 13**

*Efectos principales para Cohesividad*



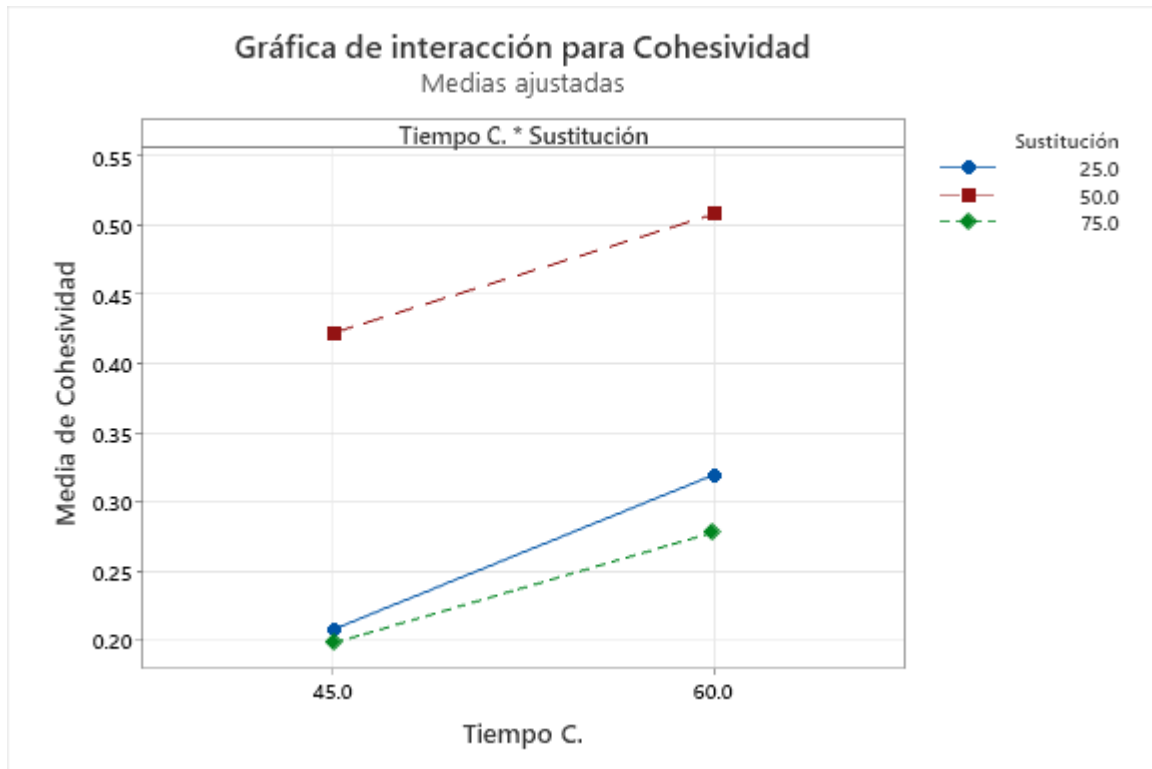
*Nota.* La gráfica muestra los efectos principales para el parámetro de Textura (Cohesividad) de los factores en estudio (Tiempo de Coagulación y Sustitución Parcial) de una forma independiente.

En la Figura 13 se evidencia que el nivel mayor (60 min) de Tiempo de Coagulación genera el más alto valor de la cohesividad en las muestras, es decir tiene una relación directa ya que la cohesividad asciende a medida que aumenta el Tiempo de coagulación, mientras que la Sustitución Parcial tiene medias de cohesividad distintas, siendo sustitución parcial del 75% la que genera menor cohesividad en las muestras y la Sustitución Parcial del 50% se obtiene el mayor promedio de cohesividad en el queso fresco, esta disminución de la elasticidad al aumentar la cantidad de sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo puede

influir en el aumento del pH causando un reducción drástica de la actividad de la quimosina y disminuir la coagulación, formando un gel débil poco cohesivo(Lucey y Fox, 1993)

**Figura 14**

*Interacción para Cohesividad*



*Nota.* La grafica muestra que cuando el tiempo de coagulación es mayor (60 min) con una sustitución parcial del 50% T5 que mayor elasticidad presenta. A una sustitución parcial es de 75% bajo el tiempo de 45min, la Cohesividad desciende a su punto más bajo. Por otro lado, con una sustitución del 25%, se percibe un ligero ascenso en la cohesividad en comparación con el nivel registrado a los 45 minutos, entre las 3 interacciones se observa valores de cohesividad distintos, el efecto de tiempo de Coagulación es consistente, independientemente del nivel de sustitución.

Los resultados indican que el nivel de sustitución del 50% maximiza la cohesividad. Este fenómeno encuentra sustento en lo expuesto por Lucey et al. (2003), quienes explican que la cohesividad de una matriz proteica depende de la fuerza de las interacciones entre las

moléculas de caseína. El calcio actúa como un puente que estabiliza estas interacciones; por lo tanto, una sustitución equilibrada al 50% con cáscara de huevo parece proporcionar la concentración ideal de iones de calcio para fortalecer estas uniones sin saturar la matriz. En contraste, el comportamiento observado al 75% podría relacionarse con lo reportado por Ayyash et al. (2011) en su estudio sobre sustitución mineral. Ellos señalan que alteraciones en la fuerza iónica de la salmuera o del aditivo mineral pueden modificar la microestructura, afectando la capacidad de la red para mantenerse unida. Una concentración excesiva de carbonato de calcio proveniente de la cáscara podría generar una estructura más rígida pero menos cohesiva si los cristales interfieren físicamente con la matriz proteica.

## **7.2 Análisis de resultado del Rendimiento del queso fresco**

Según la FAO (2011), el rendimiento que se obtiene con 10 L de leche fresca será de 1.36 kg de queso en promedio, teniendo como rendimiento un 13.6%. Sin embargo, los valores obtenidos en el estudio fueron de 1.17 – 1.25 kg de queso fresco para los tratamientos con la sustitución parcial de cloruro por cáscara de huevo en polvo que equivale a 11.73% – 12.54%, respectivamente. El mayor rendimiento de queso fresco correspondió al tratamiento T5 (60 min; 50%), demostrando que la sustitución media obtuvo el mayor valor de rendimiento de 12.54% de queso fresco tal cual muestra a continuación en la Tabla 10.

**Tabla 10***Resultados del Rendimiento del queso fresco*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo C. (min)</b>	<b>Sustitución (%)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
T1	45	25 %	11.93 ±0.09
T2	45	50%	11.80 ±0.08
T3	45	75 %	11.73 ±0.07
T4	60	25 %	12.37 ±0.09
T5	60	50%	12.54 ±0.14
T6	60	75 %	12.25 ±0.04

*Nota.* En esta tabla se muestran los promedios de los resultados del Rendimiento que se obtuvo de todas las muestras las muestras de queso fresco.

**Análisis estadístico del Rendimiento en queso fresco****Tabla 11***Análisis de Varianza del Rendimiento*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tiempo C.	1	1.43457	1.43457	184.01	0.000
Sustitución	2	0.11162	0.05581	7.16	0.009
Tiempo C.*Sustitución	2	0.06782	0.03391	4.35	0.038
Error	12	0.09355	0.00780		
Total	17	1.70755			

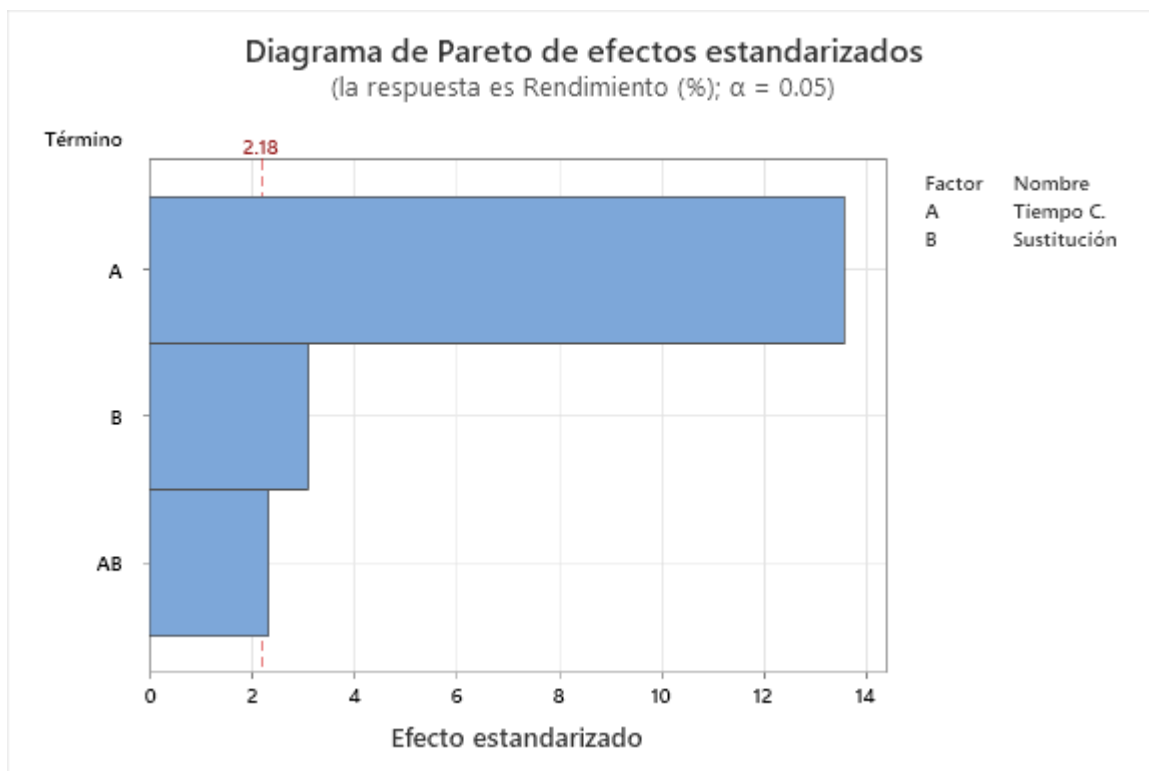
*Nota.* Los datos corresponden al análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento del queso fresco.

En la tabla 14 se evidencia el análisis de varianza (ANOVA), donde se observa el efecto de la sustitución de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo (factor B) presenta un p-valor de 0.0001 (>0.05), indicando que los niveles de sustitución tienen un efecto estadísticamente significativo en el rendimiento final, esto indica que a los diferentes porcentajes de sustitución no se obtiene el mismo rendimiento, existiendo al menos un tratamiento que difiere significativamente de los demás, en este caso (50%: mayor

rendimiento). Asimismo, el tiempo de coagulación (factor A) mostró un efecto significativo con  $p=0.009$  ( $>0.05$ ), que influye en el rendimiento, es decir que los cambios en los tiempos de coagulación generan variaciones sustanciales en la variable. De igual manera, la interacción entre sustitución y tiempo ( $A \times B$ ) mostró un efecto significativo, con  $p=0.038$  ( $<0.05$ ), Esto demuestra que el beneficio de la cáscara de huevo sobre el rendimiento no es constante, sino que depende directamente de cuánto tiempo se deje coagular (o viceversa); los factores no actúan de forma independiente, sino que se potencian o modifican entre sí.

**Figura 15**

*Pareto de efectos estandarizados*



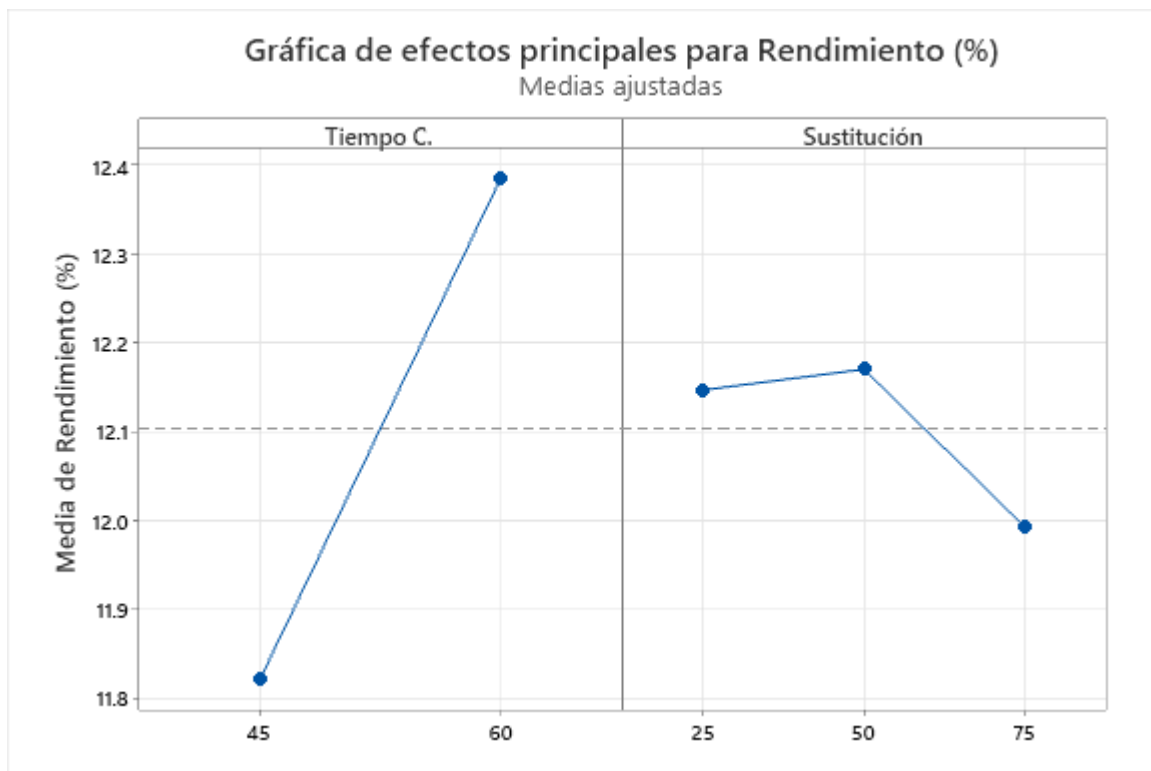
*Nota.* La Figura representa los efectos de cada factor estandarizados a un nivel de 0.05. Se observa que efectos de Tiempo de Coagulación (A), la Sustitución (B) y la interacción de los factores tiempo de coagulación y sustitución sobrepasan la línea roja (valor crítico), lo que indica que el factor tiempo de coagulación, Sustitución Parcial y su interacción son estadísticamente significativos y que ejercen influencia en el rendimiento del queso fresco. Sin

embargo, la interacción muestra una significancia mínima, además se observa que el factor de tiempo de coagulación ejerce un efecto mucho más significativo (fue el factor más importante) que el efecto del tiempo de coagulación y la interacción.

El impacto masivo del tiempo de coagulación se explica por la dinámica de formación del gel. Un tiempo óptimo permite que la red proteica sea lo suficientemente firme para retener la grasa y los "finos de cuajada". Si el tiempo interactúa correctamente con la cáscara de huevo en polvo, se logra una mejor sinéresis controlada. Como señalan Lucey y Fox (1993), el equilibrio entre el calcio soluble y el coloidal es lo que determina la capacidad de la cuajada para retener agua y sólidos.

### Figura 16

*Efectos principales para Rendimiento*

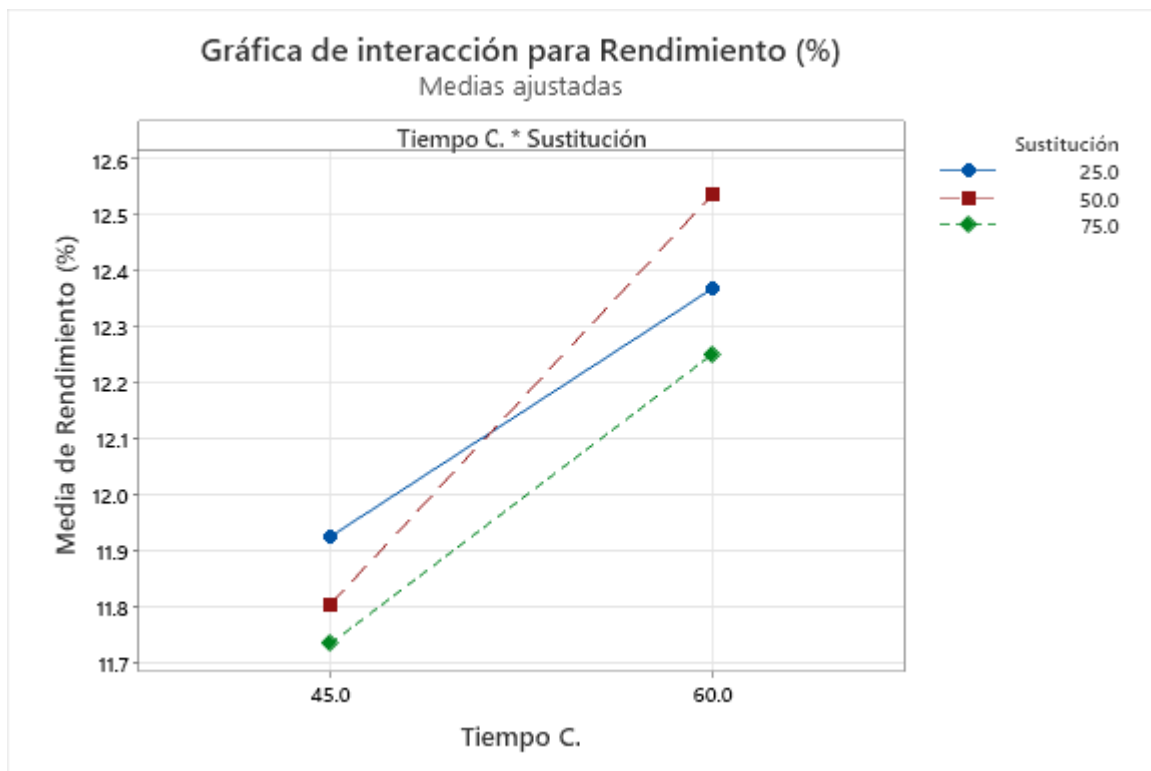


*Nota.* La gráfica muestra los efectos principales para el Rendimiento de los factores en estudio (Tiempo de Coagulación y Sustitución Parcial) de una forma independiente.

En la Figura 16 se evidencia que el nivel mayor (60 min) de Tiempo de Coagulación genera el más alto valor de Rendimiento en las muestras, es decir tiene una relación directa ya que el Rendimiento asciende a medida que aumenta el Tiempo de coagulación, mientras que la Sustitución Parcial tiene medias de Rendimiento distintas, siendo sustitución parcial del 75% la que genera menor Rendimiento en las muestras y la Sustitución Parcial del 50% se obtiene levemente el mayor promedio de Rendimiento sobre la sustitución del 25% en el queso fresco.

**Figura 17**

*Interacción para Rendimiento*



*Nota.* En esta figura se puede observar la interacción de los factores, evidenciándose que el mayor rendimiento se obtiene sustituyendo el 50% a un tiempo de coagulación de 60 minutos.

La Figura 17 evidencia que cuando el tiempo de coagulación es mayor (60 min) con una sustitución parcial del 50% es el tratamiento T5 que mayor Rendimiento (12.54%) presenta de todas las muestras. Sin embargo, cuando la sustitución parcial es de 75% bajo el tiempo de 45 min (T3), el rendimiento desciende a su punto más bajo. Por otro lado, con una sustitución

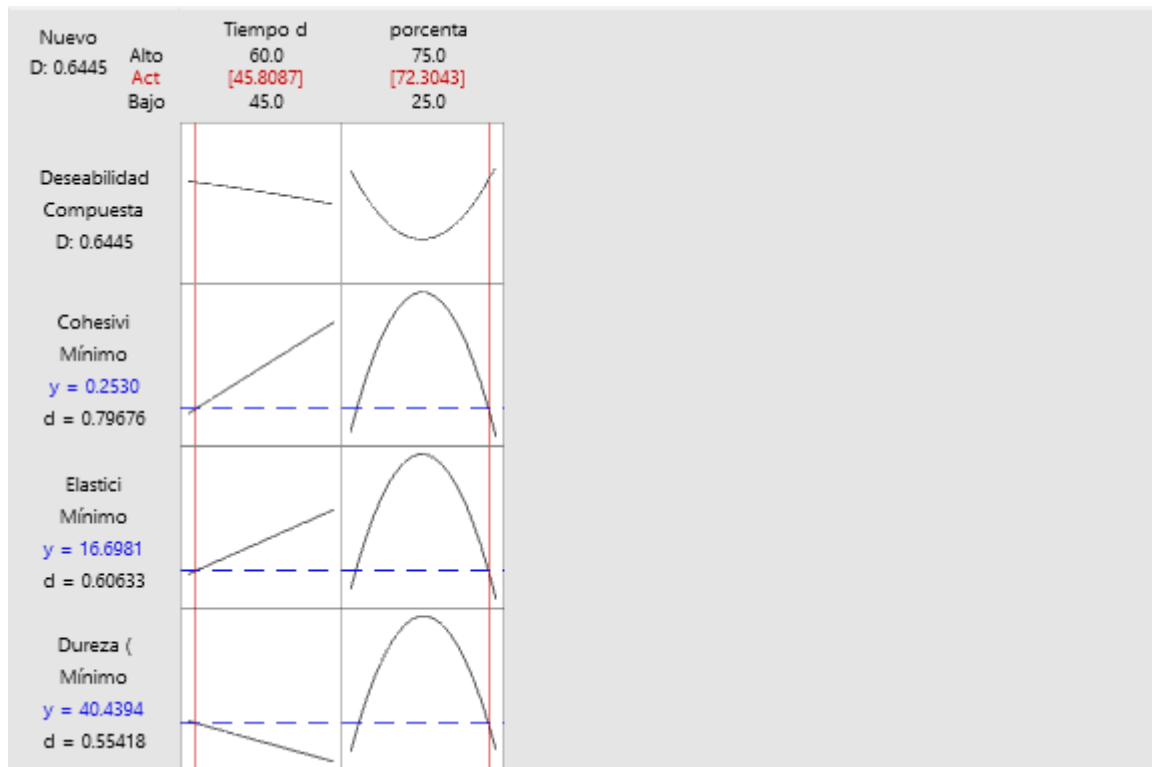
del 25%, se percibe un ascenso en el rendimiento en comparación con el nivel registrado a los 45 minutos, entre las 3 interacciones se observa valores de Rendimiento distintos, el efecto sustitución parcial no es el mismo en todos los tiempos de coagulación. Estos resultados pueden explicarse considerando que el rendimiento en queso fresco está relacionado con la retención de humedad y al contenido de calcio en la cuajada, factores que influyen en la formación.

En este sentido, el calcio desempeña un papel clave en la agregación de las micelas de caseína y en la capacidad de la cuajada para retener suero. Por ello, como señalan Lucey (2002), el uso de fuentes de calcio de liberación controlada, combinadas con tiempos de coagulación adecuados, puede optimizar simultáneamente la retención de humedad y el rendimiento del queso. Esto podría explicar por qué niveles intermedios de sustitución, junto con tiempos de coagulación más prolongados, favorecieron un mayor rendimiento en los tratamientos evaluados.

### 7.3 Optimización

Figura 18

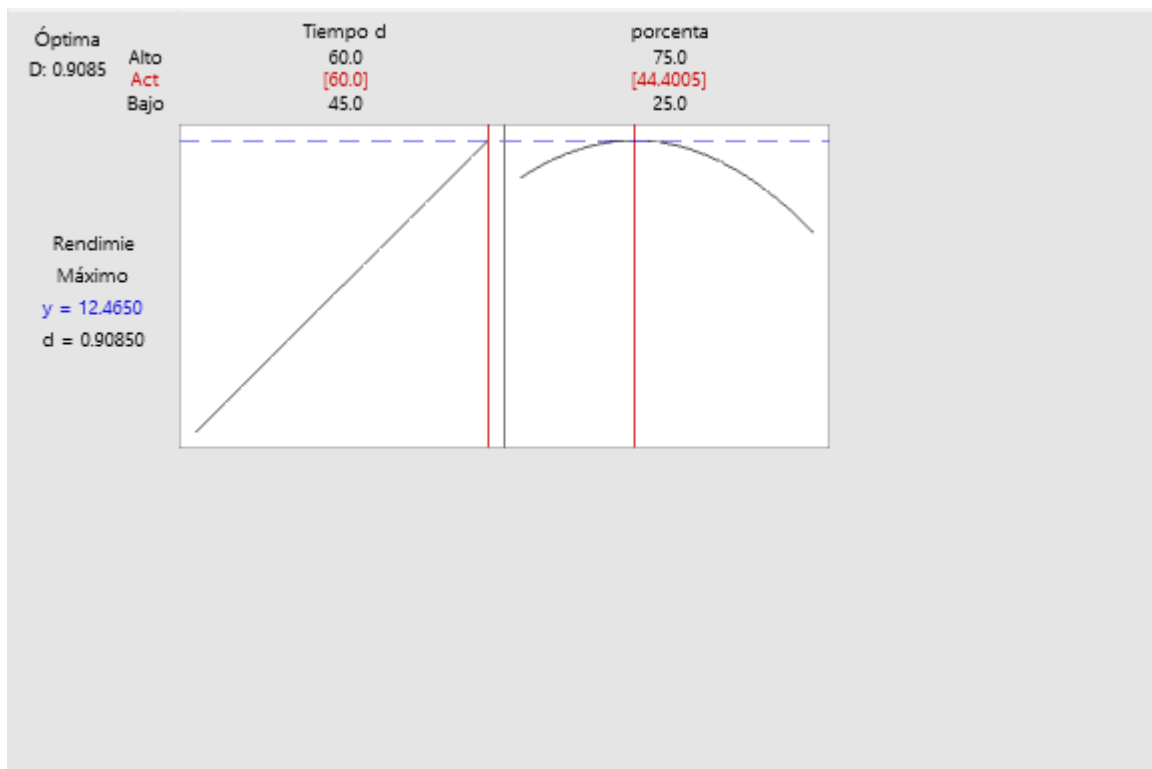
Optimización sobre los parámetros evaluados de Textura



Nota. La Figura 18 muestra la optimización de las variables de proceso (tiempo de coagulación y porcentaje de sustitución) para obtener valores medios de la textura (Dureza, Elasticidad y Cohesividad). El punto óptimo se alcanza con un tiempo de coagulación de 45.80 min y un porcentaje de sustitución del 72.30%, en concordancia con los resultados del análisis de varianza de la textura (Dureza, Elasticidad y Cohesividad) y los gráficos de Pareto.

**Figura 19**

*Optimización para Rendimiento*



*Nota.* La Figura 19 muestra la optimización de las variables de proceso (tiempo de coagulación y porcentaje de sustitución) para maximizar el rendimiento (Dureza, Elasticidad y Cohesividad). El punto óptimo se alcanza con un tiempo de coagulación de 60 min y un porcentaje de sustitución del 44.40%, en concordancia con los resultados del análisis de varianza de las variables dependientes y los gráficos de Pareto. El rendimiento (%) aumenta claramente al incrementar los niveles del factor tiempo; el tiempo alcanza un valor óptimo a 60 min, donde el rendimiento se aproxima al 12,54%. Esto indica que tiempos elevados dentro del rango estudiado favorecen el rendimiento del queso fresco.

## VIII. CONCLUSIONES

- Se determinó que la sustitución parcial del  $\text{CaCl}_2$  por cáscara de huevo en polvo y los diferentes tiempos de coagulación ejercen un efecto significativo sobre el rendimiento del queso fresco y textura del queso fresco. El tratamiento T5 (50% y 60 min de coagulación) presentó el mayor rendimiento con un 12.54% y para valores de los parámetros de textura fue de 60.23 N de dureza, 0.71 de cohesividad y 18.14 de elasticidad.
- La sustitución Parcial influyó significativamente en el rendimiento y la textura del queso fresco. Los niveles de 25% y 50% se comportaron de manera similar en el rendimiento, mientras que el nivel de 75% generó una disminución significativa tanto en el rendimiento como en la textura. El 50% de sustitución representó el nivel óptimo, al presentar los mayores valores en los parámetros evaluados, lo que sugiere la existencia de un límite adecuado de incorporación de cáscara de huevo en polvo.
- El tiempo de coagulación tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento del queso fresco, siendo el tiempo de 60 minutos superior al de 45 minutos en los tratamientos evaluados. Asimismo, este factor influyó significativamente en las propiedades texturales de dureza y cohesividad, mientras que no mostró efecto significativo sobre la elasticidad
- Se confirmó una interacción estadísticamente significativa entre el porcentaje de sustitución y el tiempo de coagulación para el rendimiento ( $p = 0.038$ ) y para la textura en el parámetro de dureza ( $p = 0.02$ ), Sin embargo, para los parámetros de elasticidad y cohesividad no se encontró una interacción estadísticamente significativa, lo que indica que la combinación adecuada de ambos factores es determinante para optimizar el rendimiento y algunas propiedades texturales del queso fresco.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Bajo las mismas condiciones de este estudio, se recomienda realizar una evaluación sensorial, con la finalidad de determinar la aceptabilidad del queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo.
- Finalmente, para futuras investigaciones se sugiere evaluar menores porcentajes de sustitución del Cloruro de calcio por Cáscara de huevo en polvo (10%, 20%, 30% y 40%), así como considerar más tiempos de coagulación (35min, 40 min, 50 min y 50 min), con el propósito de analizar con mayor precisión su efecto sobre el rendimiento y las propiedades texturales del queso fresco.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El-Gawad, MA M. y Ahmed, NS (2011). El rendimiento del queso se ve afectado por algunos parámetros: revisión. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 10 (2),131–153.  
[https://www.researchgate.net/publication/50934043\\_Cheese\\_yield\\_as\\_affected\\_by\\_some\\_parameters\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/50934043_Cheese_yield_as_affected_by_some_parameters_Review)
- Acevedo, D., Rodríguez, A. y Fernández, A. (2010). “*Efecto de las variables de proceso sobre la cinética de acidificación, la viabilidad y la sinéresis del Suero Costeño colombiano,*” *Información Tecnológica*, vol. 21, no. 2, pp. 29-36.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000200005>
- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2022). *Uso de cloruro cálcico (coadyuvante/aditivo) en quesos.*  
[https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/interpretaciones/quimicas/Cloruro\\_calcico\\_quesos.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/interpretaciones/quimicas/Cloruro_calcico_quesos.pdf)
- Aditya, S., Stephen, J., & Radhakrishnan, M. (2021). Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 422–432.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.047>
- Agraria.pe. (2025). Producción peruana de quesos alcanzó las 158.310 toneladas en 2024.  
<https://www.agraria.pe>
- Alarcon Saucedo, K. N. (2020). *Efecto del pretratamiento de cuajo de oveja (Ovis aries) y el tiempo de coagulación sobre las características sensoriales y fisicoquímicas del queso fresco* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/45826>

- Ayyash, M. M., et al. (2011). *The effect of sodium chloride substitution with potassium chloride on texture profile and microstructure of Halloumi cheese*. Journal of Dairy Science, 94(1), 37-42.  
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(10\)00671-5/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(10)00671-5/fulltext)
- Belitz, H.-D. (2009). Food chemistry (4th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-70529-5>
- Bermeo, B. c. (2019). Tesis para obtener el título de ingeniera agroindustrial. Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba. Obtenido de Correlación del Perfil de Textura (TPA) entre el Análisis Instrumental y el Análisis Sensorial del Queso Fresco.: Tesis para obtener el título de ingeniera agroindustrial. Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba  
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5574>
- Cerna Chavez, B. A. (2024). Propuesta de mejora del proceso productivo para la elaboración de queso fresco a través de la sustitución de cloruro de calcio por fosfato monocálcico [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada Antenor Orrego].  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAO\\_cff50228e4d998f48c3491b1b72c488b/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAO_cff50228e4d998f48c3491b1b72c488b/Details)
- Cuizano Alvarón, J. L. (2023). *Obtención de carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo* [Tesis de titulación, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC.
- Dumais, M., et al. (1991). Influencia de las variables tecnológicas en la calidad del queso. Journal of Dairy Science, 74(1), 123-130.

FAO. Organización Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (2011).

“Manual de los procesos para la elaboración de productos lácteos”.

<http://www.fao.org/3/a-bo954s.pdf>

Fernández M., J. Arias. (2000). La cáscara del huevo: Un modelo de biomineralización.

Monografías de Medicina Veterinaria. Disponible en:

<https://monografiasveterinaria.uchile.cl/index.php%20p/MMV/article/view/5017/49>

01[Consultado%2020%2010-2017]

Gómez, D. (2011). “*Cuantificación de calcio en soluciones caseras que contienen*

*cáscara pulverizada de huevo de gallina (Gallus gallus)*”. Tesis de licenciatura.

Universidad de San Carlos de Guatemala, pp. 3- 9.

<https://portal.amelica.org/ameli/journal/595/5952866021/>

Gómez, M. (2011). Biodisponibilidad de calcio en cáscara de huevo. Revista de

Nutrición, 24(1), 45–52.

<https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000100006>

Hanum, E. A. R., Yulistiani, R., & Sarofa, U. (2022). Utilization of Fruit Extract as

Acidulant on Physicochemical and Organoleptic Properties of Cottage Cheese

with Addition Calcium Chloride. Asian Journal of Applied Research for

Community Development and Empowerment, 6(2).

[https://www.researchgate.net/publication/359955590\\_Utilization\\_of\\_fruit\\_extract](https://www.researchgate.net/publication/359955590_Utilization_of_fruit_extract_as_acidulant_on_physicochemical_and_sensory_properties_of_cottage_cheese_with_addition_calcium_chloride)

[\\_as\\_acidulant\\_on\\_physicochemical\\_and\\_sensory\\_properties\\_of\\_cottage\\_cheese\\_](https://www.researchgate.net/publication/359955590_Utilization_of_fruit_extract_as_acidulant_on_physicochemical_and_sensory_properties_of_cottage_cheese_with_addition_calcium_chloride)

[with\\_addition\\_calcium\\_chloride](https://www.researchgate.net/publication/359955590_Utilization_of_fruit_extract_as_acidulant_on_physicochemical_and_sensory_properties_of_cottage_cheese_with_addition_calcium_chloride)

Instituto del Queso. (s.f.). Quesos de elaboración artesanal.

<https://institutodelqueso.com/blog/quesos-de-elaboracion-artesanal/>

Li, L., Chen, H., Lü, X., Gong, J., & Xiao, G. (2022). Effects of papain concentration,

coagulation temperature, and coagulation time on the properties of model soft

- cheese during ripening. *LWT—Food Science and Technology*, 161, 113404.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113404>
- Lucey, J. A., Johnson, M. E., & Horne, D. S. (2003). *Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese*. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2725-2743.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203738697>
- Lucey, J. A. (2022). Enzymatic coagulation of milk: Updated mechanisms and applications. *Current Opinion in Food Science*, 48, 100895.  
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100895>
- Lucey, J. A., & Fox, P. F. (1993). Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review. *Journal of Dairy Science*, 76(6), 1714–1724.  
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(93\)77504-9/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(93)77504-9/pdf)
- Lucey, J. A. (2002). Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 281–294.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74079-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74079-4)
- Lucey, J. A., & Kelly, J. (1994). Cheese yield. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 47(1), 1-14.  
<https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.1994.tb01264.x>
- Maldonado, R. (2023). Tecnología de elaboración de Quesos. *Alcance* 77, 85-87.  
[https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_agro/article/view/27546](https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/27546)
- MIDAGRI 2024 El agro en cifras Boletín estadístico mensual.  
[https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos\\_estadisticas/mensual/Agro/2024/Agro\\_en\\_cifras\\_0%203\\_2024.pdf](https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/mensual/Agro/2024/Agro_en_cifras_0%203_2024.pdf)
- MIDAGRI. (mayo de 2021). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera y Avícola 2021. (C. L. Hinostroza, Productor) Obtenido de Ministerio de Desarrollo Agrario

y Riego - Midagri:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2803269/Compendio%20del%20anuario%20%22PRODUCCI%C3%93N%20GANADERA%20Y%20AV%C3%8DCOLA%22%202020.pdf>

Mehanna, H. M., Abd El-Fattah, A. M., & Awad, S. (2020). Impact of using eggshells powder as a natural source of calcium on the quality of bio-Karish cheese. *Current Science International*, 9(4), 53–64.

<https://www.curreweb.com/csi/csi/2020/csi.2020.9.4.53.pdf>

Moliterno, P. (2018). importancia del consumo de lácteos en la ingesta de nutrientes y prevención de enfermedades crónicas. *Tendencias en la medicina* (10). Obtenido [https://www.researchgate.net/publication/326920764\\_Importancia\\_del\\_consumo\\_de\\_lacteos\\_en\\_la\\_ingesta\\_de\\_nutrientes\\_y\\_prevenccion\\_de\\_enfermedades\\_cronicas](https://www.researchgate.net/publication/326920764_Importancia_del_consumo_de_lacteos_en_la_ingesta_de_nutrientes_y_prevenccion_de_enfermedades_cronicas)

Morales, D., & López, E. (2020). Coagulation time optimization in fresh cheese production: Effects of calcium concentration and temperature. *Journal of Food Process Engineering*, 43(8), e13425.

<https://doi.org/10.1111/jfpe.13425>

Ordoñez. (13 de Julio de 1998). Repositorio. Obtenido de Google académico:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3258/1/PAL262.pdf>

Pastorino, A. J., Hansen, C. L., & McMahon, D. J. (2003). Effect of pH on the chemical composition and structure-function relationships of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2751–2760.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73869-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7)

Pawlos, M., Znamirowska-Piotrowska, A., Kowalczyk, M., Zagula, G., & Szajnar, K. (2023). Possibility of Using Different Calcium Compounds for the Manufacture of

- Fresh Acid Rennet Cheese from Goat's Milk. *Foods*, 12(19), 3703.  
<https://doi.org/10.3390/foods12193703>
- Quesos El Bosque. (s.f.). *Cómo hacer queso fresco - Elaboración tradicional de quesos*.  
<https://www.quesoselbosque.com/como-hacer-queso-fresco/>
- Quezada, M y Bernys, W. (2015). *Efecto de lactasa y cloruro de calcio en las propiedades físicas*. [Tesis de titulación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras].  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/3aea3889-1e9c-4221-a0ae-701f9039f8f9/download>
- Ríos Cabrera, M. Y. (2024). *Efecto del tipo de cuajo artesanal e industrial en el rendimiento y características sensoriales del queso fresco artesanal de la Provincia de Chota, Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].  
<http://hdl.handle.net/20.500.14142/480>
- Rodríguez-de Llano, L., López-Malo, A., Palou, E., & Cervantes, L. A. (2019). *Utilización de cáscara de huevo como fuente alternativa de calcio: propiedades, aplicaciones y perspectivas*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 18(2), 645–659.  
<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2019v18n2/Rodriguez>
- Silva, T., Oliveira, R., & Mendes, F. (2021). Eggshell-derived nanobiomaterials: Characterization and applications in food biotechnology. *Nanotechnology in Food Science*, 8(2), 145-158. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.02.008>
- Szczesniak. (2002). Classification of Textural Characteristics. *Journal of Food Science*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>

- Torres-Salas, V., Hernández-Montes, A. y Hernández-Rodríguez, B. (2023). Análisis sensorial, textural y actividad antioxidante de queso añejo de Zacazonapan durante la maduración. *Biotecnia*, 25(2), 204-213.  
<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i2.1897>
- Universidad de Chile. (2023). Evaluación del rendimiento quesero práctico. Repositorio UChile. Universidad de Chile. (2023). Evaluación del rendimiento quesero práctico y su correlación con ecuaciones predictivas de rendimiento teórico en la producción de queso.  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/174043>
- Valdez, J. (2009). La cáscara del huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. *Rev cubana Aliment Nutr* 2009;19(1 Supl): S84-S102.  
<https://revalnutricion.sld.cu/index.php/rcan/article/view/848>
- Valencia, F., Román, M. y Cardona, D. (2011). El calcio en el desarrollo de alimentos funcionales. *Rev. Lasallista Investig.* vol.8 no.1 Caldas.  
<https://www.redalyc.org/pdf/695/69522600012.pdf>
- Vásquez, V. 2014. “*Diseños experimentales con SAS*”. Depósito legal de la Biblioteca Nacional del Perú. Jr. Nicolás de Piérola 161 – Lima – Perú. Pp 157 – 165.  
<http://www.concytec.gob.pe/>
- Vega Vega, J. E. (2015). Efecto de la adición de leche de cabra (*Capra hircus*) y cloruro de calcio sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del queso fresco [Tesis de ingeniería agroindustrial, Universidad José Carlos Mariátegui].  
<https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1041>
- Vinueza Tituaña, S. R. (2015). *Influencia de la temperatura de pasteurización, coagulación y de cloruro de calcio en el rendimiento de queso fresco elaborado a*

*partir de leche de vaca.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].

Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4490>

Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2018). Dairy science and technology:

Principles and applications. CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/9781420028010>

## XI. ANEXOS

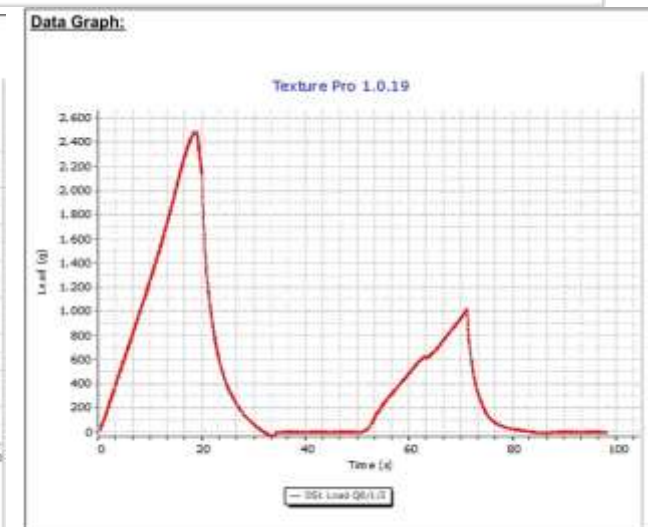
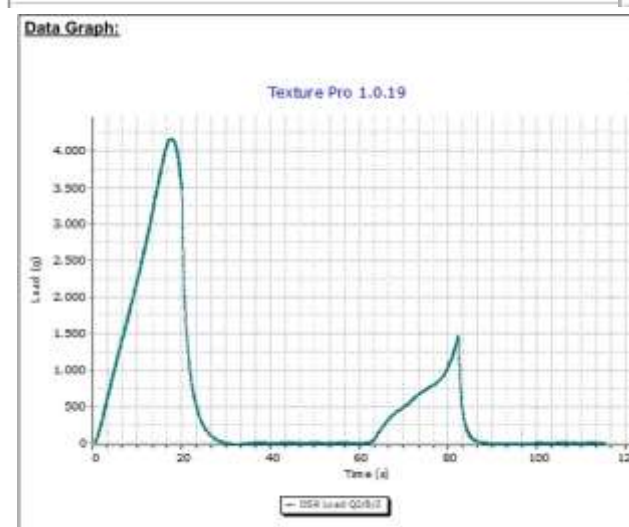
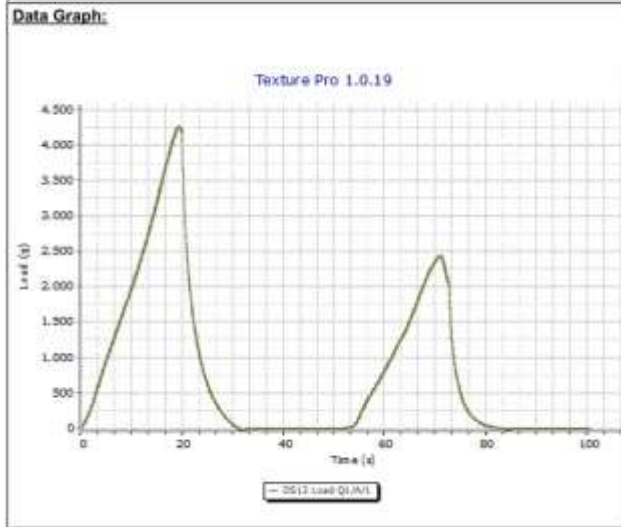
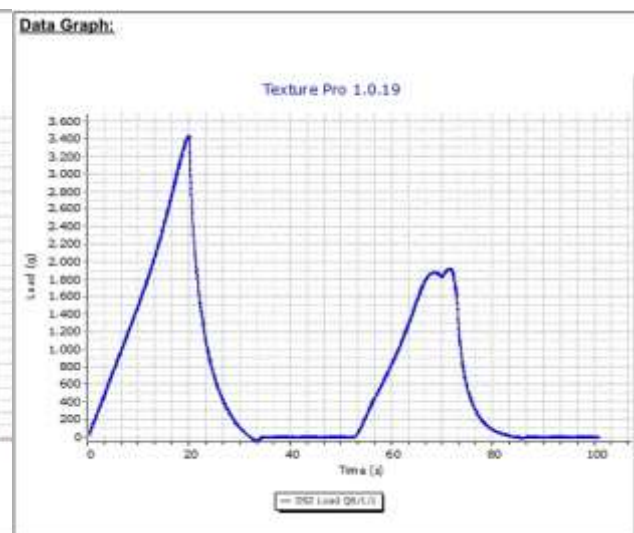
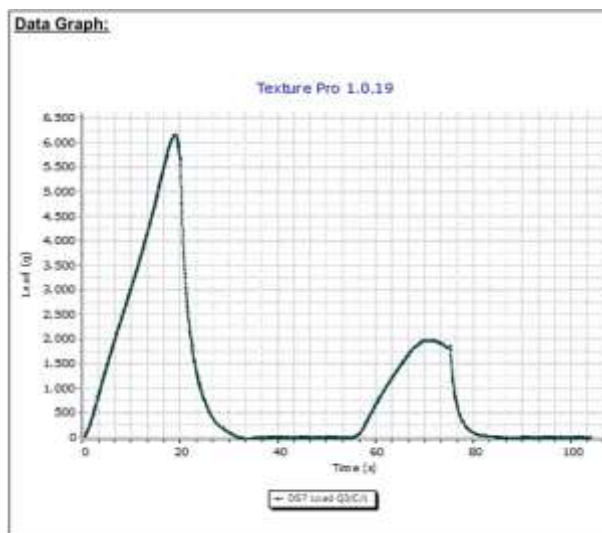
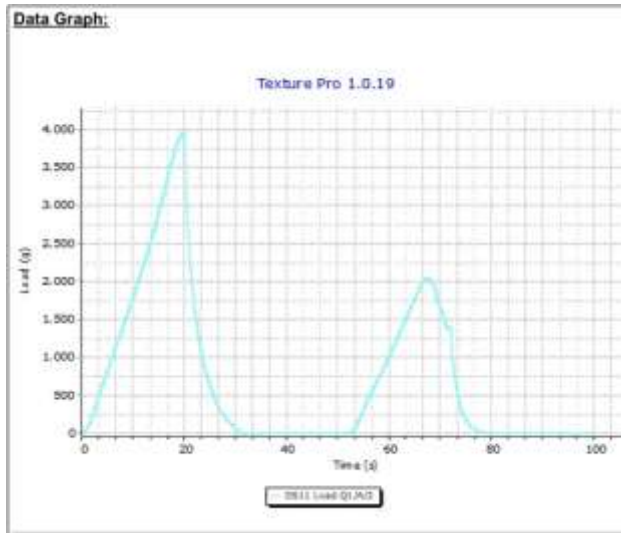
**Anexo 1.** Resultados de análisis de Textura de los parámetros de Dureza, Elasticidad y Cohesividad en queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y diferentes tiempos de Coagulación.

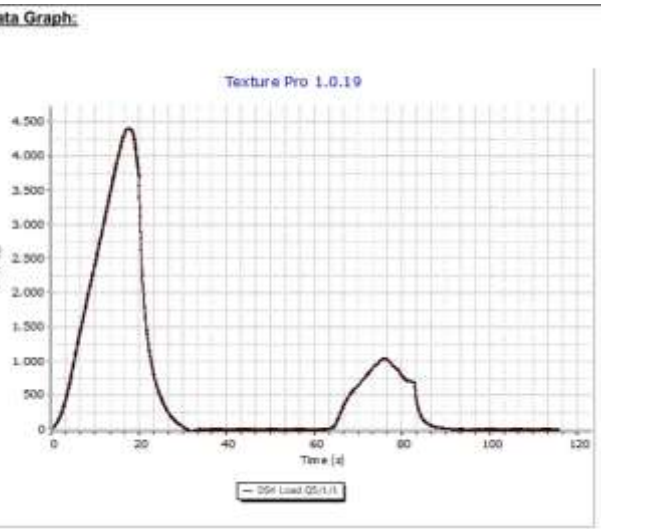
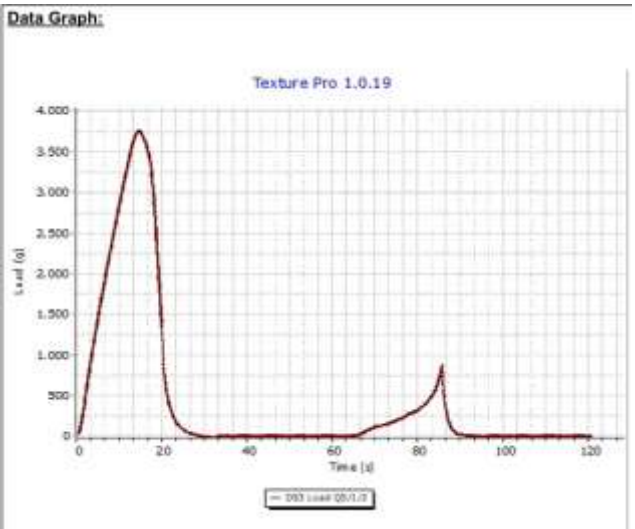
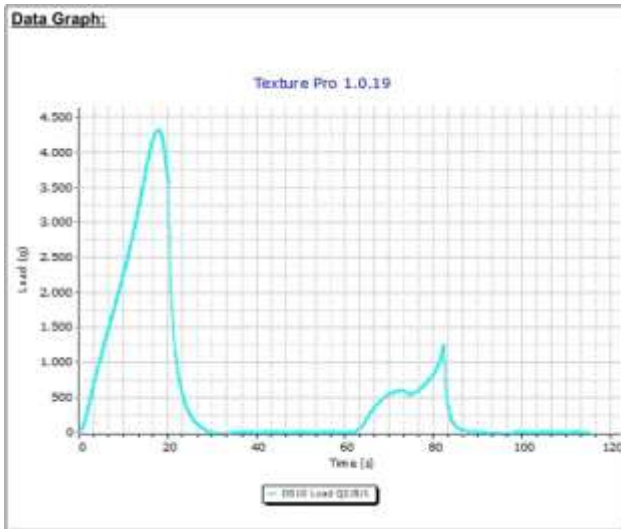
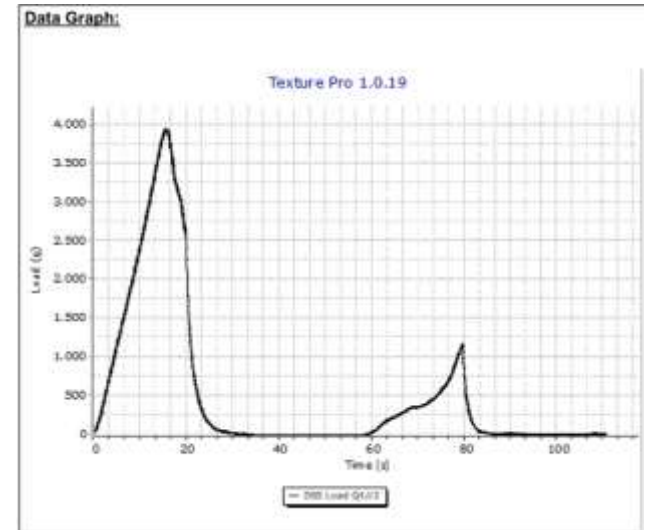
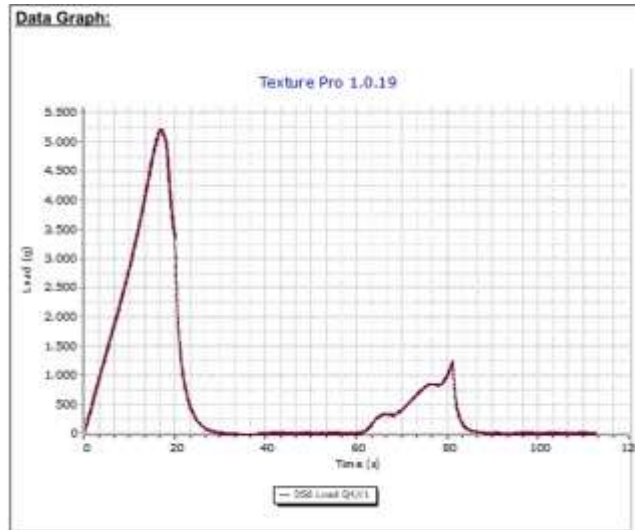
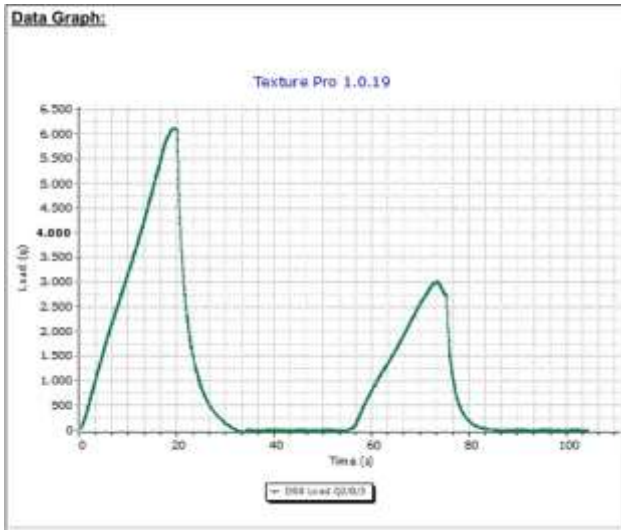
<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Tiempo C. (min)</b>	<b>Sustitución (%)</b>	<b>Dureza (N)</b>	<b>Elasticidad (mm)</b>	<b>Cohesividad</b>
T1	R1	45	25 %	41.83	16.94	0.18
	R2	45	25 %	39.14	17.57	0.42
T2	R1	45	50%	51.18	16.78	0.19
	R2	45	50%	38.53	16.96	0.23
T3	R1	45	75 %	42.38	18.22	0.49
	R2	45	75 %	40.27	16.61	0.28
T4	R1	60	25 %	43.21	16.38	0.23
	R2	60	25 %	36.95	17.25	0.42
T5	R1	60	50%	60.45	16.31	0.21
	R2	60	50%	60.00	15.71	0.41
T6	R1	60	75 %	33.66	18.05	0.52
	R2	60	75 %	24.34	17.14	0.40

**Anexo 2.** Resultados de Rendimiento (%) del queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo y diferentes tiempos de Coagulación.

<b>Tratamientos</b>	<b>Repetición</b>	<b>Tiempo C. (min)</b>	<b>Sustitución (%)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
T1	R1	45	25	12.00
	R2	45	25	11.82
	R3	45	25	11.96
T2	R1	45	50	11.77
	R2	45	50	11.75
	R3	45	50	11.89
T3	R1	45	75	11.74
	R2	45	75	11.66
	R3	45	75	11.80
T4	R1	60	25	12.40
	R2	60	25	12.27
	R3	60	25	12.44
T5	R1	60	50	12.55
	R2	60	50	12.40
	R3	60	50	12.67
T6	R1	60	75	12.25
	R2	60	75	12.21
	R3	60	75	12.29

## Anexo 2. Graficas del análisis de perfil textura de los diferentes tratamientos





**Anexo 3.** Elaboración del queso fresco con sustitución parcial de cloruro de calcio por cáscara de huevo en polvo en diferentes tiempos de coagulación

**Análisis**



**Pesado y filtrado**



**Pesado de insumos**



**Pasteurización**



**Enfriamiento**



**Corte y agitación Cuajada**



**Moldeado**



**Prensado**



**Desmoldado**



**Pesado para determinar rendimiento**

