

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**  
**INGENIERIA EN ALIMENTOS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación de tres agentes formadores de cuajo (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y rennina enzimática) y su rendimiento en la elaboración de queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos taurus*).**

Por:

**Rafael Antonio García Morales**

Carné No. 200340777

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, SEPTIEMBRE 2, 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**  
**INGENIERIA EN ALIMENTOS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación de tres agentes formadores de cuajo (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y rennina enzimática) y su rendimiento en la elaboración de queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos taurus*).**

Por:

**Rafael Antonio García Morales**

Carné No. 200340777

Asesores:

M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón

Ingeniero en Alimentos Jorge Luis Bautista Cancinos

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, SEPTIEMBRE 2, 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE**

**AUTORIDADES**

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto Rector en funciones

M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Lic. Luis Carlos Muños López Director en Funciones

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera Secretario

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

T.P.A. Angelica Magaly Domínguez Curiel Vocal

P.E.M. Y T.A.E. Rony Roderico Alonzo Solís Vocal

**COORDINACION ACADEMICA**

Dr., Mynor Raúl Otzoy Rosales

**Coordinador Académico**

Dr. Edy Rodolfo Maldonado Rivera

**Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas**

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

**Coordinador Carrera Licenciatura en Trabajo Social**

M.Sc. José Norberto Thomas Villatoro

**Coordinador de las Carreras de Pedagogía, Administración Educativa y  
Psicopedagogía**

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

**Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos**

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

**Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical**

M.Sc Karen Rebeca Pérez Cifuentes

**Coordinador Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local**

Lic. Sergio Román Espinoza Antón

**Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales Abogacía y  
Notariado**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

**Coordinador de Área Social**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS:** Por poner su dulce voluntad en el corazón de las personas que hicieron posible este hermoso sueño y por otorgarme sabiduría, entendimiento y amor para lograr a alcanzar mis metas.

**A MIS PADRES:** Natanael García Méndez (Q.E.D.), Martha Olimpia Morales Díaz de García quienes con su amor, paciencia, tolerancia, respeto y confianza me han guiado en la vida.

**A MIS HERMANOS:** Estuardo Natanael, Sandy Raquel, Erika Dalila, Rosa Alicia García Morales, Hony Roberto Pastor Caal (Q.E.D.), por su apoyo y motivación incondicional.

**A MIS SOBRINOS:** Derek, Alejandro, Gabriela, Nataly, Alexis, Keneth, que este triunfo alcanzado, sea ejemplo para ellos.

**A MI ESPOSA:** Sucely Navarro.

**A MI FAMILIA EN GENERAL:** Por su apoyo moral y las muestras de cariño.

**A LOS PROFESIONALES:** Ing. En Alimentos Jorge Bautista Cancinos. Ing. En Alimentos Mynor Mateo Tzun Gómez Porque fueron la sublime respuesta de mis plegarias al Creador del universo para llegar a cumplir este maravilloso sueño, del que nunca despertaré y viviré eternamente agradecido con ustedes.

**A MIS AMIGOS:** Ing. Marcos López Reyna, Ing. Mynor Mateo Tzun Gómez. Ing. Jorge Luis Bautista Cancinos Ing.Agr. Edgardo Negro. Por su amistad verdadera, apoyo profesional y compartir momentos de tristeza y alegría, que Dios ilumine sus vidas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Centro Universitario del Sur Occidente: Por brindarme esta bella oportunidad de crecer espiritual y profesionalmente.

### **A LOS DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS:**

Muy afectuosamente a los profesionales: PhD. Marco Antonio del Cid Flores. Ing. Ángel Alfonso Solórzano. Ing. Marcos López Reyna. Lic. Oldín Ramírez. Dr. Mynor Enrique Cárcamo. M.Sc Víctor Nájera Toledo. Ing. Carlos Alberto Hernández. M.Sc. Aldo Antonio de León. Inga. Liliana Esquit. M.Sc. Sammy Alexis Ramírez Juárez. Dr. Edgar del Cid Chacón. M.Sc. Marvin Manolo Sánchez López, Eduardo Tello.

### **DOCTOR EDGAR DEL CID CHACÓN**

#### **INGENIERO JORGE LUIS BAUTISTA CANCINOS.**

Quienes han sido mis Tutores de Tesis, quienes me han acompañado durante este proceso brindándome su conocimiento investigativo y el apoyo necesario para poder culminar dicho trabajo.

### **PLANTA PURIFICADORA DELI PURA**

Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado EPS.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
1. Resumen .....	1
2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
4. Planteamiento del problema .....	4
5. Justificación.....	5
6. Marco teórico.....	6
6.1 Antecedentes de la Investigación .....	6
6.2 Composición de la leche.....	6
6.2.1 Leche de vaca.....	7
6.3 Procesamiento de la leche en la industria.....	8
6.3.1 Descripción de las etapas del procesamiento de la leche.....	8
6.3.1.1 Enfriamiento .....	8
6.3.1.2 Almacenamiento.....	9
6.3.1.3 Higienización.....	9
6.3.1.4 Filtración.....	10
6.3.1.5 Clarificación o centrifugación .....	10
6.3.1.6 Bactofugación.....	10
6.3.1.7 Homogenización.....	11
6.3.1.8 Descremado .....	12
6.3.1.9 Tratamiento Térmico .....	12
6.4 Producción de queso.....	13
6.4.1 Tipos de coagulación .....	15
6.4.1.1 Coagulación enzimática.....	15
6.4.1.1.1 Concentración de enzima.....	15
6.4.2.1.2 Temperatura.....	16
6.4.2.1.3 pH .....	17
6.4.1.2 Coagulación ácida .....	17
6.5 Según el proceso de elaboración los quesos se clasifican así:.....	18
6.5.1 Según la textura de la pasta:.....	20

6.5.2 Según la textura del interior, los quesos se dividen en: .....	20
6.5.3 Granulares, con ojos de formas irregulares.....	21
6.6 Rendimiento de los quesos frescos.....	22
6.6.1 Factores Directos.....	22
4.6.1.1 Composición de la leche.....	22
6.6.1.2 Composición del queso.....	22
6.6.1.3 Pérdidas en el corte.....	23
6.6.2 Factores Indirectos .....	23
6.6.2.1 Almacenaje a frío de la leche .....	23
6.6.2.2 Contaje de células somáticas (CCS).....	24
6.6.2.3 Tipo de cuajo usado.....	25
6.6.2.4 Pasteurización de la leche.....	25
4.7 Análisis Estadístico .....	26
4.7.1 Tipos de Análisis estadísticos: .....	26
4.7.2 Análisis de Varianza (ANDEVA).....	26
7. Objetivos.....	29
7.1 General: .....	29
7.2 Específicos:.....	29
8. Hipótesis .....	30
9. Metodología.....	31
9.1 Recursos .....	31
9.1.1 Humanos .....	31
9.1.2 Institucionales .....	31
9.1.3 Físicos .....	31
9.1.4 Económicos .....	31
10. Metodología resultados y discusión de resultados .....	32
10.1 Metodología del rendimiento del queso fresco.....	32
10.2 Rendimientos prácticos y teóricos de los tres agentes coagulantes: .....	35
10.3 Metodología de los análisis estadísticos ANDEVA .....	37
10.2.4 Metodología de costo del queso fresco.....	38
11. Conclusiones.....	41

12. Recomendaciones .....	42
13. Referencias. ....	43
14. Anexos .....	45
15. Glosario .....	47

### **Índice de figuras**

Figura No. 1 Formación del coágulo de la caseína	15
Figura No. 2 Efecto de la temperatura de la leche	16
Figura No. 3 Reacción de la coagulación con ácido acético	17
Figura No. 4 Esquema de coagulación ácido	18
Figura No. 5 Diagrama general para la elaboración de queso fresco	21

### **Índice de tablas**

Tabla No. 1 Composición media aproximada de la leche bovina	7
Tabla No. 2 Composición química del queso fresco por 100 gr.	14
Tabla No. 3 Distribución de las fórmulas para ANDEVA	27
Tabla No. 4 Rendimientos de queso según coagulante empleando (lt leche/kg de queso)	33
Tabla No. 5 Rendimiento empleando coagulante ácido crítico	34
Tabla No. 6 Rendimiento empleando coagulante ácido acético	34
Tabla No. 7 Rendimiento empleando coagulante rennina enzimática	35
Tabla No. 8 Datos de los rendimientos de la cuajada	37
Tabla No. 9 Valores de factor calculado y factor tabulado	38
Tabla No. 10 Costo unitario por kg de queso producidos por cada agente de cuajo	39
Tabla No. 11 Costo individuales de los insumos empleados en la producción de la Cuajada	39

## **Índice de anexos**

Anexo No. 1	Cronograma de actividades de la investigación	45
Anexo No. 2	Prueba de rendimiento de la cuajada y desuerado	46
Anexo No. 3	Prueba piloto para determinar volúmenes de cuajo y equipo EKOMILK	46

## **Índice de fórmulas**

Fórmula No. 1	Rendimiento teórico de la cuajada	36
Fórmula No. 2	Rendimiento experimental o práctica de la cuajada	36
Fórmula No. 3	Costo de queso fresco	38

## 1. Resumen

El procesamiento tradicional de queso a nivel industrial como artesanal, se caracteriza por el empleo de pastilla de cuajo enzimático (rennina), con el fin de propiciar la formación de la cuajada. Este proceso consiste en producir un estado gelatinoso, originado por la separación de las principales proteínas de la leche (caseínas), en donde el lactosuero es el subproducto remanente de esta separación. Pero además de la pastilla de cuajo enzimático (rennina) para formar la cuajada, sin embargo, también es posible el uso de ácidos orgánicos como agentes coagulantes, para su producción.

En esta investigación se evaluó el uso de tres coagulantes, los cuáles se sometieron a un diseño estadístico de ANDEVA (bloques totalmente al azar) para establecer diferencia en los rendimientos a nivel práctico o de campo de cada cuajada, aplicando para ello cálculos matemáticos (fórmulas) y tiempos de coagulación en cada punto de evaluación, para comparar la eficiencia de cada agente coagulante (rennina, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y ácido acético). También se llegó a establecer el costo de la cuajada, tomando en consideración insumos, materia primas y mano obra empleados, para determinar el precio de cada kg. de cada queso fresco (cuajada) obtenido, por ello se tomó en cuenta el agente de cuajo empleado individualmente.

## **2. Abstract**

Traditional cheese processing at an industrial and artisanal level is characterized by the use of an enzymatic rennet (rennin) tablet, in order to promote the formation of the curd. This process consists of producing a gelatinous state, originated by the separation of the main milk proteins (caseins), where the whey is the remaining by-product of this separation. But in addition to the enzyme rennet pill (rennin) to form the curd, however, it is also possible to use organic acids as coagulating agents, for its production.

The fresh cheese obtained in the present work, came to establish that with the application of the three coagulants they were subjected to a statistical design of ANDEVA (totally random blocks) to establish difference in the yields at the practical or field level of each curd, applying mathematical calculations (formulas) and coagulation times at each evaluation point, to compare the efficiency of each coagulating agent (rennin, citric acid and acetic acid). The cost of the curd was also established, taking into account the inputs, raw materials and labor used, to determine the price of each kg. of each fresh cheese (curd) obtained, therefore the rennet agent used individually was taken into account.

### 3. Introducción

El queso fresco, es un producto alimenticio sólido o semisólido que se obtiene separando los componentes sólidos de la leche, la cuajada, de los líquidos y el lactosuero. Cuanto más lactosuero se extrae más compacto es el queso. El queso se elabora desde tiempos prehistóricos a partir de la leche de diferentes mamíferos, incluidos la cabra y oveja.

El procesamiento tradicional de queso se caracteriza por el empleo de pastilla de cuajo enzimático (rennina), con el fin de propiciar la formación de la cuajada. Este proceso consiste en producir un estado gelatinoso, originado por la separación de las principales proteínas de la leche (caseínas), en donde el lactosuero es el subproducto remanente de esta separación. Pero además de la pastilla de cuajo enzimático (rennina) para formar la cuajada también es posible el uso de ácidos orgánicos como agentes coagulantes.

El rendimiento de queso fresco utilizando cuajo enzimático tradicional (rennina) es variable, esto debido a factores como la fuente de obtención, raza, alimentación y salud animal que repercuten en la calidad proteica de la leche fresca, por esta razón en la presente evaluación también se evaluaron los ácidos orgánicos como: ácidos acético y jugo de limón (*Citrus aurantifolia*,) con el propósito de analizar el rendimiento de los tres agentes de coagulación de manera individual, donde se emplearon fórmulas matemáticas para determinar de manera teórica y práctica la porción de cada cuajada.

En el queso fresco obtenido en el presente trabajo, se utilizaron, tres agentes coagulantes y se sometieron a un diseño estadístico de ANDEVA (bloques totalmente al azar), para establecer diferencia en los rendimientos a nivel práctico de campo, aplicando para ello cálculos matemáticos y tiempos de coagulación en cada punto de evaluación para comparar la eficiencia de cada agente coagulante (rennina, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y ácido acético). También se estableció el costo de la cuajada, tomando en consideración insumos, materia primas y mano obra empleados, para determinar el precio de cada kg. de cada queso fresco obtenido, por ello se tomó en cuenta cada cuajo empleado individualmente. La presente investigación se desarrolló en la planta piloto del Centro Universitario de Sur Occidente de la ciudad de Mazatenango, Suchitepéquez del mes de noviembre del 2020 al mes de abril 2021.

#### 4. Planteamiento del problema

En la producción de queso fresco el método de la cuajada, es por medio de rennina donde la coagulación es la principal operación, para la formación de la cuajada. El rendimiento de queso fresco en la producción incide en la comercialización y costos a nivel artesanal o industrial, dependiendo el tipo y derivado (subproducto) de la leche utilizada, por lo que en ocasiones el producto final (tipo de queso) no resulta ser el esperado por el productor.

Además del uso de cuajo enzimático (rennina) para elaborar queso fresco, hay otras alternativas, como lo son el uso de ácido acético y jugo de limón (*Citrus aurantifolia*). Sin embargo, el uso de dichos ácidos para la producción de queso fresco no se ha socializado debido al desconocimiento de su uso.

Por otro lado, en esta región (Mazatenango, Suchitepéquez), en la actualidad, la producción de queso fresco artesanal e incluso industrial, no se emplean otros medios de coagulación para su comercialización, debido a que no hay un estudio, donde se establezca los rendimientos, costos y aspectos de calidad de la producción de quesos frescos, inocuos y seguros.

Por esa razón se realizó la presente investigación con la finalidad de comprobar el rendimiento de queso fresco, así como el costo de la técnica que implica utilizando las tres opciones, ácido acético y jugo de limón (*Citrus aurantifolia*), cuajo enzimático (rennina) su costo, para establecer posibles alternativas de producción del proceso artesanal e industrial.

Por lo expuesto se deriva la siguiente interrogante:

¿Cuál de los tres agentes coagulantes (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*), y rennina), tendrá el mejor rendimiento físico (peso de cuajada) en la producción de queso fresco?

## 5. Justificación

La elaboración de quesos constituye una de las principales formas de conservación y aprovechamiento de la leche, la formación de cuajada es una de las etapas claves en este proceso además de constituir la base de la conversión de la leche en queso. Este procesamiento se produce por la coagulación de la caseína, que engloba parte de la grasa y otros componentes como la caseína de la leche. Desde el punto de vista industrial la proteína de la leche juega un papel preponderante en la manufactura de quesos, ya que cerca del treinta por ciento de la mayoría de éstos, es proteína y grasa.

La leche está compuesta por carbohidratos (lactosa), lípidos (triacilglicéridos) y proteínas (caseína). Estas últimas son las responsables de la coagulación de la leche. La caseína (alfa, beta y kappa) se encuentra en la leche formando submicelas, unidas entre sí a través de fosfato cálcico, constituyendo así micelas de caseína. La temperatura ideal para la coagulación de la leche es entre 28 y 37 °C.

Por tradición las personas que elaboran queso fresco de manera artesanal lo hacen utilizando la pastilla de cuajo (rennina), pues se desconoce en la zona de influencia el rendimiento de queso en cada uno de los agentes formadores de cuajada de la leche entera. Aparte de la rennina como coagulante enzimático para la producción de queso fresco, también pueden utilizarse ácidos orgánicos para la obtención de coagulación de la leche, (cuajada). Dentro de los ácidos orgánicos utilizados para dicho fin son el acético y jugo de limón (*Citrus aurantifolia*), es importante mencionar que la técnica más común, es la cuajada obtenida por medio de la rennina enzimática.

Por esta razón, la presente investigación pretende demostrar que es factible desarrollar una técnica que permita evaluar los rendimientos de tres agentes formadores de cuajada (ácido acético, jugo limón (*Citrus aurantifolia*), cuajo enzimático (rennina) tradicional, en la elaboración de un queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos taurus*).

## 6. Marco teórico

### 6.1 Antecedentes de la Investigación

Bernal (2,003 Pág. 12) en su trabajo de investigación Elaboración de queso fresco utilizando ácido cítrico, ácido málico y ácido acético logró determinar que lo siguiente:

Acidulantes en la leche para mejorar el rendimiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar con cuál de estos tres ácidos se podía obtener un producto con las mejores características sensoriales que sean aceptables por el mercado y de bajo costo de producción. Se utilizó un diseño de arreglo factorial de 3x3, con 9 tratamientos y 3 repeticiones. Las características físico-químicas evaluadas fueron textura, color y pH. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Al utilizar ácido cítrico se obtuvo un rendimiento de 9.4%, aumentando la rentabilidad sobre costos de 9 a 17%. Concluyendo que el queso elaborado con ácido cítrico presentó las mejores calificaciones sensoriales en los atributos de textura y sabor, además de ser económicamente rentable”.

Arciniega (2,010 Pág. 6) investigó:

“Evaluación de ácido cítrico y láctico en la elaboración de queso zamorella”, estudió el efecto de dos ácidos sobre el tiempo de obtención del queso zamorella y las características organolépticas, el cual se obtiene por acidificación y por la acción de bacterias lácticas. El proceso normal tarda alrededor de tres a cuatro días debido a la etapa de fermentación de la cuajada. El objetivo de este estudio fue utilizar el método de acidificación directa por medio de ácidos para evaluar las características físico-químicas y sensoriales del queso mozzarella”.

Los quesos de los tratamientos con ácido láctico y ácido cítrico obtuvieron las mejores calificaciones sensoriales y una aceptación general de 8.51 y 7.92 respectivamente ( $P < 0.05$ ). Se concluye que el tratamiento con ácido cítrico tuvo mejor apariencia y sabor y el tratamiento con ácido láctico mejor sabor, textura y mayor rendimiento (13%).

### 6.2 Composición de la leche

La leche proporciona nutrientes al organismo (proteínas, grasas y carbohidratos y vitaminas) y es una fuente importante de energía alimentaria, proteínas de alta calidad y grasas. La leche

puede contribuir considerablemente a la ingestión necesaria de nutrientes como el calcio, magnesio, selenio, riboflavina, vitamina B<sub>12</sub> y ácido pantoténico.

### 6.2.1 Leche de vaca

Las grasas constituyen alrededor del 3 al 4 por ciento del contenido sólido de la leche de vaca, las proteínas aproximadamente el 3,5 por ciento y la lactosa el 5 por ciento, pero la composición química bruta de la leche de vaca varía según la raza. Por ejemplo, el contenido de grasa suele ser mayor en el ganado *Bos indicus* que en el *B. taurus*. El contenido de materias grasas de la leche del ganado *B. indicus* puede ser de hasta el 5,5 por ciento. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2,019 Pág. 4).

**Tabla No. 1 Composición media aproximada de la leche bovina**

<b>Componente</b>	<b>Leche entera</b>
<b>Grasa %</b>	3,45
<b>Proteína %</b>	3,61
<b>Caseína g/L</b>	27,9
<b>Proteína del suero mg/ml</b>	8,7
<b>Albúmina del suero mg/ml</b>	0,24
<b>Lactosa%</b>	4,65
<b>Na mg/100ml</b>	57
<b>Cl mg/100 ml</b>	91
<b>Ca mg/100 ml</b>	129,8
<b>Mg mg/100 ml</b>	12,1
<b>P mg/100 ml</b>	6,65

Fuente: UNAH,(2021)

## **6.3 Procesamiento de la leche en la industria**

### **6.3.1 Descripción de las etapas del procesamiento de la leche**

La leche debe ordeñarse con métodos modernos e higiénicos de succión en los que no haya contacto físico con ella. Además de ello, y dependiendo de la aplicación comercial que vaya a tener la leche, ésta puede pasar por una cantidad de procesos de depuración que aseguran su calidad sanitaria. (Gurmé - ABC de Sevilla 2,019)

Los tratamientos básicos son:

- Enfriamiento
- Higienización
- Descremado
- Homogenización
- Tratamiento térmico (pasterización, refrigeración)

#### **6.3.1.1 Enfriamiento**

La leche que no vaya a ser procesada en un corto tiempo después de recibirse en la planta debe ser enfriada a unas temperaturas entre 4 y 5 °C para almacenarla hasta que inicie su procesamiento. Sin embargo, si la leche va a ser utilizada para la producción de quesos se debe mantener a una temperatura de 10 °C, ya que temperaturas más bajas afectan las propiedades del Caseinato de Calcio, componente básico para la producción de queso. (Gurmé - ABC de Sevilla 2,019)

El enfriamiento de la leche se efectúa en un intercambiador de calor de placas, que consiste en un equipo provisto de placas en acero inoxidable colocadas paralelamente unas de otras y separadas por empaques de goma, su disposición en forma alterna permite que circule dos corrientes de flujo: el de la leche y el de agua helada, que se encuentra a una temperatura entre 2 y 2,5 °C, encargándose de absorber el calor de la leche y enfriarla. A las temperaturas óptimas para su almacenamiento (4 a 5 °C).

El intercambiador de calor también se utiliza para el tratamiento térmico de la leche específicamente para la pasteurización alta (UHT). Por lo que se requiere de una forma eficiente de destrucción de esporas y/o bacterias por acción térmica empleando intercambiadores de transferencia de calor.

### **6.3.1.2 Almacenamiento**

Una vez fría la leche se transporta a tanques de almacenamiento de donde se enviarán a las diferentes secciones de proceso, normalmente la capacidad de los tanques de almacenamiento de la leche se determina con base a la capacidad de producción de la planta es decir a la capacidad que tiene la planta de producir un volumen determinado de productos. La capacidad adecuada del tanque de almacenamiento será la diferencia entre el volumen de la leche que se recibe en determinado período y el volumen de la leche que se industrializa, lo cual dará la capacidad del tanque de almacenamiento de la leche que no se industrializará en ese mismo período, sin embargo, es importante dar un margen mayor en la capacidad de los tanques para situaciones imprevistas.

Los tanques de almacenamiento deben cumplir con las siguientes especificaciones: el material de construcción debe ser en acero inoxidable, provistos de un sistema cerrado, puede estar en posición horizontal o vertical, debe poseer un agitador tipo sanitario, tablero de control con indicadores de medición de volumen y temperatura. Deben estar diseñados con las condiciones necesarias para almacenar la leche a temperaturas entre 4 y 5 °C por un período mínimo de veinte horas en climas fríos o templados, pero en climas cálidos se les debe instalar un material aislante. Su ubicación puede ser en la sección de recepción o de proceso, en el último caso debe estar cerca de los clarificadores e intercambiadores de calor.(Colin, 2,015, Pág. 9).

### **6.3.1.3 Higienización**

Debido a que la leche cruda generalmente contiene macro y micro partículas o cuerpos extraños que pueden haberse originado durante las operaciones antes y después del ordeño, según las condiciones sanitarias con que se has realizado, Es necesario entonces realizar las operaciones de filtración y centrifugación en la etapa de recepción de la leche con el fin de

eliminar toda impureza que traiga antes de someterla a las otras operaciones para su industrialización. La operación de centrifugación se realiza en unos equipos llamados clarificadores.(Colin, 2,015, Pág. 10).

#### **6.3.1.4 Filtración**

Esta operación consiste en pasar la leche por unos filtros de tela sintética o algodón, en el momento de traspasar la leche que viene de su centro de acopio (granja) al tanque de balanza donde se realiza la eliminación inicial de las macropartículas o elementos extraños que trae la leche cruda. Normalmente se realiza un segundo filtrado al precalentar la leche en el intercambiador de calor que generalmente está provisto de filtros a presión. (Colin, 2,015, Pág. 6).

#### **6.3.1.5 Clarificación o centrifugación**

Esta operación consiste en llevar la leche a una clarificadora que funcionan por centrifugación separando en la superficie de la pared interna del aparato todos los contaminantes que quedan después de haberla sometido a la filtración el diseño de esta máquina es semejante al de una descremadora, con algunas diferencias según sea el tratamiento de la leche a realizar. (Gurmé - ABC de Sevilla 2,019)

#### **6.3.1.6 Bactofugación**

Es la operación mediante la cual la leche se somete a un equipo de bactofugación para separar además de las partículas contaminantes de la leche, cierto tipo de bacterias esporuladas como los bacilos y los Clostridium, que producen efectos nocivos en la producción de algunos quesos como el Gruyère y Emmenthal. Mediante esta operación se logra eliminar alrededor del 90% de las bacterias mencionadas con una pérdida máxima del 1.5% de leche. Una mayor eficacia en el proceso se logra reduciendo la viscosidad de la leche mediante el calor sometiéndola a unas temperaturas entre el 60 y 65°C.(Colin, 2,015, Pág. 3).

### 6.3.1.7 Homogenización

Esta operación se aplica a la leche con el fin de reducir el tamaño de los glóbulos grasos de la leche o la crema y evitar la aparición de la grasa en la superficie al separarse la fase hídrica de la materia grasa. El procedimiento consiste en someter la leche a unas presiones entre 250 a 350 kilogramos por centímetro cuadrado cuando se conduce a través de un tubo cerrado por el orificio externo o salida de la leche con un tapón cónico de acero, donde choca con gran fuerza lográndose el rompimiento de los glóbulos grasos de la leche hasta obtener un tamaño entre 1 a 2 micras. La salida de la leche por la abertura del tapón produciéndose una reducción rápida de la presión de la leche ocasionando el estallido del glóbulo graso. La operación de homogenización se puede realizar antes o después de la pasteurización y es importante analizar la ventaja de uno y otro proceso desde el punto de vista microbiológico. Cuando la pasteurización se realiza antes, de la homogenización, en leche contaminada por bacterias entre las cuales se encuentran los *Staphylococcus*, que se agrupan en forma de racimos, o las Sarcinas que se agrupan en paquetes, al recibir la leche el tratamiento de pasteurización se eliminan las bacterias de la superficie y sobreviven las del centro, entonces cuando se aplica la homogenización se rompen los racimos o paquetes produciéndose un conteo mayor de células bacterianas. Cuando se realiza primero la homogenización y después la pasteurización, las agrupaciones de bacterias mencionadas, se separan y se convierten en cocos aislados, los cuales se destruyen más fácilmente por acción del calor. La temperatura de homogenización aconsejable es de 65 a 70°C; sin embargo un efecto desfavorable en este procedimiento es que se aumenta la superficie de materia grasa ( al reducirse el tamaño del glóbulo graso) lo que disminuye la acción de los agentes químicos emulsificantes y protectores del glóbulo graso, la lecitina y las proteínas de la membrana del glóbulo y con ello los triglicéridos quedan expuestos a la acción de la lipasa, ocasionando el efecto de rancidez de la crema, efecto que se puede obviar si se somete la crema a una pasteurización alta, cuya temperatura sea de 90°C por 15 a 20 segundos, con el fin de inactivar o destruir la enzima.(Colin, 2,015, Pág. 16).

### **6.3.1.8 Descremado**

Esta operación tiene como objetivo separar parcial o totalmente el contenido de materia grasa de la leche. Para este se utiliza una descremadora que opera por centrifugación. Y su diseño es parecido a la clarificadora. Para lograr un descremado óptimo se debe someter la leche a una temperatura entre 30 y 35 °C. (Colin, 2,015, Pág. 11).

El descremado total de la leche se utiliza para obtener una crema con un alto contenido de materia grasa (aproximado a 40%) la cual se utiliza en la elaboración de la mantequilla. El descremado parcial es utilizado para reducir el contenido graso de la leche que se necesita en la elaboración de quesos, o productos tipo light y dicha proporción dependerá del tipo de queso o producto a obtener. La leche descremada tiene una variedad de usos entre los cuales se encuentra la producción de quesos de diferente contenido graso, la producción de leche en polvo descremada o para la producción de caseína. (Colín, 2,015, Pág. 7)

### **6.3.1.9 Tratamiento Térmico**

Cuales quiera que sea el tipo de leche de productos o subproductos a obtener se requiere someter la leche a un tratamiento térmico previo. Este tratamiento tiene varios objetivos a saber:

- Destruir todos los agentes patógenos causantes de enfermedades al hombre tales como bacterias, Rickettsias, virus, protozoarios.
- Reducir los microorganismos saprofitos que son los que generalmente afectan la calidad de la leche y sus productos.
- Aumentar el período de conservación de la leche y sus productos.

El nombre de pasterización se debe al químico francés Louis Pasteur quien a finales del siglo XXI descubrió a través de sus investigaciones la manera de eliminar las levaduras indeseables en la fermentación del vino y de la cerveza, mediante la aplicación de calor a una temperatura aproximada de 65 °C por 30 minutos logrando así que las levaduras fundamentales para la

elaboración de estos productos pudieran crecer. A fines del mismo siglo el procedimiento realizado por Pasteur se aplicó a la leche obteniéndose los resultados favorables con respecto a la conservación de la calidad microbiológica de la leche, sin alterar su calidad organoléptica. Hoy en día se realiza este tratamiento en la elaboración de muchos productos que pertenecen a otros grupos de alimentos, como frutas, hortalizas entre otros.(Colín, 2,015, Pág. 12)

La pasteurización es un tratamiento térmico por debajo del punto de ebullición del agua y en un tiempo mínimo que permita la destrucción total de los microorganismos patógenos, se han realizados diferentes ensayos para determinar las diferentes combinaciones de tiempo y temperatura a los cuales se destruyen las bacterias patógenas que pueden crecer en el medio de la leche, obteniéndose los resultados que aparecen en la tabla de porcentajes. El equipo más utilizado para la pasteurización de la leche es el intercambiador de calor de placas, empleado comúnmente en plantas procesadoras de leche (Gurmé - ABC de Sevilla 2,019).

#### **6.4 Producción de queso**

Para la mayoría de los quesos producidos en el mundo se utiliza leche de vaca. Sin embargo, la leche de otros animales, especialmente de cabra y de oveja también se utiliza ampliamente. La calidad de la leche utilizada en la elaboración de quesos (semi) industrial está controlada rígidamente en Europa. La mayoría de los quesos se hacen con leche tratada térmicamente o pasteurizada (tanto entera, como semidesnatada, o desnatada). Si la leche utilizada no está pasteurizada, el queso debe madurarse al menos durante 60 días a temperatura no superior a 4 °C para asegurar la seguridad contra organismos patógenos. Los requerimientos de pasteurización de la leche para la elaboración de quesos concretos se regulan de manera diferente según el país (Colin, 2,015, Pág. 8).

La elaboración del queso tiene una serie de etapas principales que son comunes para la mayoría de ellos.

La actividad enzimática del cuajo hace que la leche coagule en un gel sólido conocido como coágulo. Éste se corta con herramientas especiales en pequeños cubos del tamaño deseado en primer lugar para facilitar la expulsión del suero. Durante el resto de la elaboración de la cuajada, las bacterias crecen y forman ácido láctico, y los gránulos de cuajada se someten a tratamiento mecánico con herramientas de remover, mientras al mismo tiempo se calienta la cuajada de acuerdo con un programa prefijado.

La quimosina, principal responsable de la acción proteolítica ejercida sobre la caseína k (estabilizante de las caseínas a y b, en presencia de iones calcio), actúa sobre el fosfocaseinato de calcio rompiendo enlaces peptídicos, transformándolo en fosfoparacaseinato de calcio (inestable y muy sensible al calcio libre), provocando la precipitación y posterior agregación con formación del coágulo (Alais, 1,984, Pág. 2).

**Tabla No. 2 Composición química del queso fresco por 100 gr**

Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Energía	264	Fibra (g)	-	Vitamina C (mg)	0
Proteína	17.50	Calcio (mg)	783	Vitamina D (mg)	-
Grasa total (g)	20.10	Hierro (mg)	1.30	Vitamina E (mg)	-
Colesterol (mg)	-	Yodo (mg)	-	Vitamina B12 (mg)	-
Glúcidos	3.30	Vitamina A (mg)	420	Folato (mg)	-

Fuente: Licata, ( 2,010).

El paso indispensable en la elaboración de los quesos, es la coagulación de la caseína, provocada mediante la acción combinada de enzimas proteolíticas (cuajos de distintos tipos) y calcio. El proceso de formación del coágulo incluye 2 etapas (Fig. 1, Pág. 12). En la primera, se desarrolla un proceso enzimático modulado por la quimosina, la cual rompe los enlaces entre los aminoácidos fenilalanina y metionina (Fen-105 y Met-106) presentes en la  $\kappa$ -caseína, liberándose el glicomacropéptido en la solución. En la segunda etapa, los agregados de para- $\kappa$ -caseína producen el coágulo (Udayarajan, 2,007 Pág.5).

Hasta la etapa de coagulación, los procedimientos básicos en la elaboración de los diferentes tipos de quesos son muy similares; sin embargo, las etapas siguientes varía de acuerdo con el tipo de queso a producir.

Dependiendo del tipo de queso a elaborar y del contenido de grasa en el mismo, se debe estandarizar la leche a un contenido de grasa determinado. La estandarización asegura además la obtención de un producto homogéneo durante todas las tandas de producción.

Algunas industrias trabajan además considerando la relación proteína, grasa, por lo cual además pueden estandarizar el contenido de proteínas o caseínas.

Existen fórmulas que nos permiten calcular el contenido de grasa necesario en la leche a partir del contenido graso deseado en el queso.

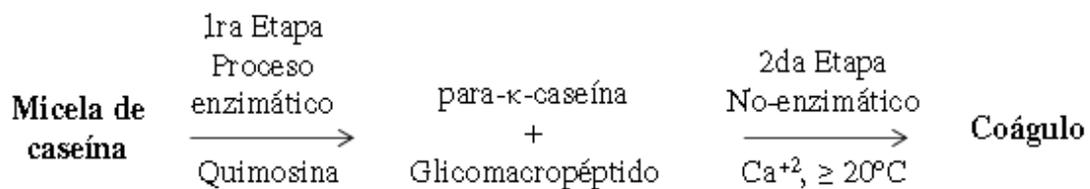


Figura No. 1 Formación del coágulo de caseína.

Fuente: Udayarajan, (2,007).

## 6.4.1 Tipos de coagulación

### 6.4.1.1 Coagulación enzimática

Fase primaria o enzimática La quimosina hidroliza a la caseína K en la unión 105 – 106, entre una fenilalanina y una metionina. En este tipo de coagulación intervienen las siguientes características:

#### 6.4.1.1.1 Concentración de enzima

$t_c = 1\sqrt{K_s V/2}$ , donde el razonamiento de la fórmula es:  $t_c$  (tiempo de coagulación) es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad máxima de la reacción enzimática  $V$  y de la constante de la velocidad de agregación  $k_s$ . Como  $k_s$  es proporcional a

V, entonces el tiempo de coagulación es inversamente proporcional a la concentración de enzima (Secme, 2,019, Pág. 9).

El cuajo es una enzima proteolítica que actúa desestabilizando a la caseína, lo que da lugar a la formación de un “gel” o coágulo que engloba al suero y los glóbulos grasos en su interior. Igualmente, su actividad proteolítica conduce a la formación de compuestos que serán utilizados por las bacterias del fermento para su multiplicación (Secme, 2,019, Pág. 9).

#### 6.4.2.1.2 Temperatura

A temperatura de refrigeración no hay coagulación, luego ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) el tiempo de coagulación aumenta a medida que aumenta la temperatura hasta la actividad óptima. Por encima del óptimo ( $42^{\circ}\text{C}$ ) la coagulación disminuye, luego la enzima se inactiva ( $>65^{\circ}\text{C}$ ). Por ejemplo, con respecto al tiempo de coagulación a  $40^{\circ}\text{C}$ , éste se duplica a  $25^{\circ}\text{C}$ . (Secme 2,019, Pág. 2).

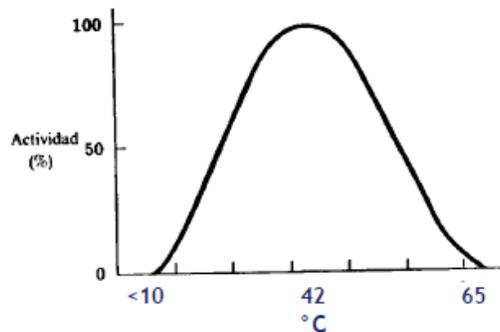


Figura No. 2 Efecto de la temperatura en la coagulación de leche

Fuente:Secme,(2016)

La temperatura tiene un efecto mayor sobre la fase de agregación, que sobre la fase enzimática.

$Q_{10}$  Fase 1a = 2

$Q_{10}$  Fase 2a = 12



En la figura No. 3 indica que por acción del ácido acético hay disminución del pH provocando una coagulación instantánea del caseinato, produciendo una cuajada, donde por separación del agua (suero) se produce un queso.

A un pH 5.7-5.8 produce una desmineralización del 50%. "A pH de 5.0 la desmineralización es total. "A pH isoelectrico: desnaturalización de las cargas, descenso del grado de hidratación

Puesto que el calcio y el fosfato mantienen la estructura de la micela, la migración de éstos a la fase soluble produce una desagregación de la micela en submicelas.

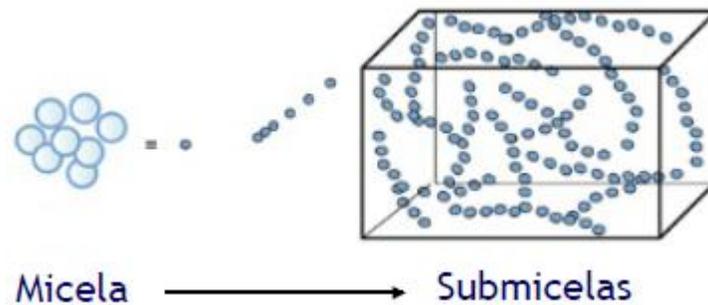


Figura No. 4 Esquema de coagulación ácida

Fuente: Secme, 2,016.

Tipos de unión en la formación del gel ácido

- Hidrófobas
- Electroestáticas

### 6.5 Según el proceso de elaboración los quesos se clasifican así:

**Frescos:** Son los que sólo tuvieron una fermentación láctica y llegan al consumidor inmediatamente después de ser fabricados sin pasar por condiciones de maduración. Tienen un elevado contenido de humedad y una vida más corta, son frágiles y duran muy pocos días

en la heladera como por ejemplo el *Burgos*, el *Cuartirolo*, el *Port Salut* o el *Mascarpone* (Martín, 2,010, Pág. 3).

**Madurados:** Son aquellos que una vez que se obtiene la cuajada, ésta se corta para lograr el drenado del suero en forma lenta y natural, y luego se someten a una maduración muy rápida por la acción de microorganismos que van actuando en su superficie durante 30 días. En este grupo están también aquellos que tienen una corteza de color naranja, pardo o marrón como el *Chaumes* o el *Munster*. A su vez, los quesos madurados se dividen en:

**De pasta blanda:** No se prensa la masa, su desuerado es mucho menos intenso y la pasta es más húmeda como el *Fontina*.

**De pasta prensada:** Pasan por la fase de prensado y pueden ser de pasta no cocida, semicocida y cocida como las quesadillas.

**De suero:** Una vez obtenido el queso a partir de la coagulación de la leche queda un líquido llamado suero del queso, que cuenta con muchos nutrientes y que se aprovecha para hacer subproductos que pueden dejarse así o someterse a procesos de prensado y secado, por ejemplo, la *ricota*. (Martínez, 2010, Pág. 5).

**De pasta hilada:** La cuajada, una vez rota, se deja madurar en el mismo suero durante un tiempo para que adquiera cuerpo hilado como consecuencia de una desmineralización por pérdida del calcio de la masa sólida. Pertenecen a esta categoría la *Mozzarella* y el *Provolone*.

**Rayados:** Proviene de la disgregación mecánica, más o menos intensa, del queso, y tienen muy baja humedad como el *Parmesano* o el *Reggianito*.

**Fundidos:** Son los que, mediante distintos procedimientos térmicos, mezclas de quesos y sales fundentes, se obtiene una pasta a la que también se le puede añadir leche u otros productos como hierbas aromáticas, nueces, ajo, etc. Por ejemplo, el *Petit Suisse*. Martín, (Martín, 2,010, Pág. 7).

### 6.5.1 Según la textura de la pasta:

**Dura:** Los quesos duros son de masa consistente, ideales para rallar o gratinar. Cuando aún no maduraron se pueden cortar en rodajas, pero luego se usan rallados como el *Sardo*, el *Provolone* o el *Parmesano*.

**Semi-dura:** La mayoría de los quesos pertenecen a este grupo, son consistentes, pero se pueden cortar en rodajas sin romperse como el *Mar del Plata*, el *Fontina*, el *Edam*, el *Gruyere* o el *Gouda*.

**Blanda:** Son los del tipo cremoso y se usan para untar como el queso crema o doble crema, el *Cammembert*, el *Brie*, el *Cottage*. Se deben consumir rápido porque duran muy poco tiempo. (MA Dianda, 2,010).

**Semi-blanda:** Los quesos semiblandos, como la familia de los quesos azules son ideales para salsas de carnes rojas combinados con manzanas, uvas o peras. Su masa es quebradiza y tienden a desarmarse por su alto contenido de humedad. Por ejemplo, el *Roquefort*, el *Gorgonzola* o el *Cabrales*.

**Muy blanda:** Son los quesos frescos elaborados con poca cantidad de grasa, también conocidos como semidescremados o descremados, lo que no quiere decir que no tengan grasas, están presentes, pero en menor cantidad como el *Cottage*.

### 6.5.2 Según la textura del interior, los quesos se dividen en:

**Compactos (sin ojos):** Están hechos con cultivos lácticos que apenas desprenden gases durante la fermentación y todos los azúcares son fermentados antes de que el queso esté acabado. El *Cheddar* y el *Burgos* son quesos compactos.

**Con ojos redondeados:** Los quesos con ojos redondeados como el *Gruyère* o *Emmental* resultan de la producción de anhídrido carbónico (gas) por bacterias lácticas durante el proceso de maduración. El carbónico se acumula en los intersticios de la masa del queso y se producen los agujeros (MA Dianda, 2,010, Pág.3).

### 6.5.3 Granulares, con ojos de formas irregulares

Si la colocación de la cuajada en los moldes se hace en presencia del suero se forman burbujas que luego se transformarán en ojos redondeados por el carbónico. En cambio, si la cuajada se coloca en los moldes sin suero, en los intersticios queda aire y al desarrollarse la producción de carbónico resulta la formación de agujeros de formas y tamaños irregulares (quesos granulares) como el *Pategrás*. (Secme, 2016, Pág. 5)

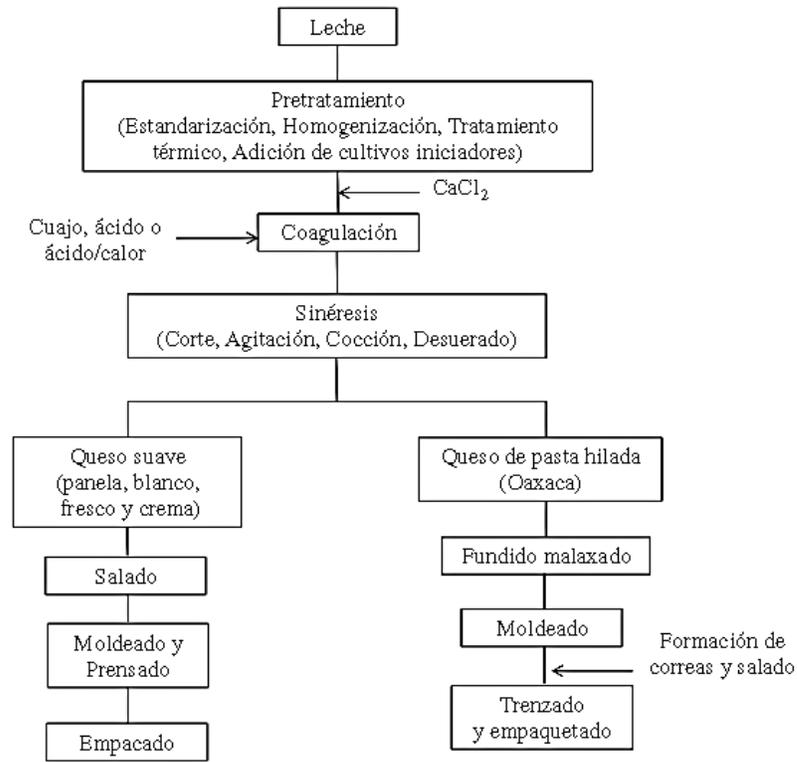


Figura No. 5 Diagrama general para la elaboración de queso fresco

Fuente: Gunasekaran y Ak ( 2,003)

## **6.6 Rendimiento de los quesos frescos**

Los principales factores que afectan el rendimiento de la fabricación de quesos pueden ser divididos en dos grupos:

### **6.6.1 Factores Directos**

#### **4.6.1.1 Composición de la leche**

Obviamente, la composición de la leche, especialmente de proteínas y grasa, tienen un papel fundamental en la definición del rendimiento. En relación a las proteínas, es considerada sobretodo la caseína, que es la fracción coagulable por el cuajo y que al formar una red (paracaseinato de calcio) "aprisiona", en diferentes proporciones, los demás elementos de la leche como la grasa, lactosa, sales minerales, etc. Si se aumenta la caseína en la leche el rendimiento de la fabricación es visiblemente aumentado por el propio peso de la proteína, la cual es retenida en mayor cantidad y también por el hecho de la caseína aumentar considerablemente la retención de agua en el queso. Por otro lado, un aumento de materia grasa provoca el mismo aumento positivo en el rendimiento, solamente que en este caso la mayor retención de agua en el queso es debida a la menor sinéresis durante la elaboración en el tanque. Es muy importante que la estandarización de la leche para la fabricación de quesos sea hecha en base a la relación caseína/materia grasa, la cual, si se mantiene fija, permite la obtención de quesos uniformes físico-químicamente. Vale todavía recordar que la composición de la leche, y consecuentemente el rendimiento, sufre influencia de diversos factores como raza del animal, alimentación, período de lactación, etc. (Perulactea, 2,017, Pág. 2)

#### **6.6.1.2 Composición del queso**

La influencia más expresiva de humedad del queso. Naturalmente, cuanto mayor contenido de agua de un queso, mejor será el rendimiento de aquella respectiva fabricación. Entre tanto, el aumento de humedad es limitado por las alteraciones paralelas que pueden ocurrir en el queso, como una aceleración del proceso de maduración (hidrólisis más intensa) que, en quesos frescos, como el blanco y similares, representa un decrecimiento de vida útil o en quesos como Mussarela, Gouda y similares, provoca alteraciones de consistencia que dificultan el tajado, entre otros problemas. Se busca siempre mantener humedad compatible con las

características funcionales y sensoriales deseadas en un determinado queso; el mejor abordaje es la estandarización de la humedad en el extracto seco sin grasa del queso, un parámetro cada vez más usado por modernas fábricas queseras. Obviamente, cuanto mayor sea el teor de proteínas o de grasa de un queso, más positivo será el efecto en el rendimiento. Así se comprende porque el "punto" de la fabricación, junto con el corte de la cuajada y el proceso de acidificación en el tanque y en la prensa, son factores fundamentales en la definición del rendimiento pues regulan el final de la humedad del queso (Perulactea 2,017, Pág. 2).

### **6.6.1.3 Pérdidas en el corte**

Sin duda, es imposible cortar una cuajada sin que haya pérdidas parciales de componentes de la leche en el suero. No en tanto, estas pérdidas pueden ser minimizadas a través de una coagulación bien controlada de la leche y de un corte cuidadoso de la cuajada. La rapidez del corte y el tamaño de los granos, bien como la intensidad de la agitación hecha inmediatamente después del corte, tienen grande influencia en las pérdidas de grasa y proteínas en el suero. Por otro lado, el proceso de coagulación es afectado por otros factores, como la temperatura de pasteurización de la leche, calcio y de proteínas, la acidez y el pH, la temperatura de adición del cuajo, etc. Por ejemplo, se considera normal, en Brasil, que cerca del 10 al 15% de la grasa de la leche se pierdan en el suero en el momento del corte. Este porcentaje podrá variar en función de la caseína de la leche. (Perulactea 2,017, Pág., 2).

## **6.6.2 Factores Indirectos**

### **6.6.2.1 Almacenaje a frío de la leche**

El almacenaje prolongado de la leche cruda a bajas temperaturas provoca cambios físico-químicos en la leche, como la disociación parcial de la caseína micelar (fracción  $\beta$ ) que pasa para la fase soluble aumentando las pérdidas de nitrógeno, materia grasa y finos de cuajada, y consecuentemente, reduciendo el rendimiento de la fabricación. En resumen, si se trabaja con la leche "del día" hay más chances de mejorar el rendimiento. Este es un factor cada vez más importante dada la tendencia creciente de utilización de leche fría almacenada (Perulactea, 2,017, Pág.3).

“Contaje de psicrótrofos: los psicrótrofos son microorganismos, como los del género *Pseudomonas* *Achromobacter* (*P.fluorescens*, por ejemplo), que pueden desarrollarse rápidamente en la leche inclusive a bajas temperaturas de almacenamiento ( $7^{\circ}\text{C}$  o menos). Son productores de lipasas y proteasas altamente termoresistentes que soportan la pasteurización y hasta la esterilización de la leche. Estas proteasas pueden degradar lentamente la caseína aumentando la pérdida de nitrógeno y finos de la cuajada en el corte. Se considera, por ejemplo, que conteo de psicrófilos superiores a  $1 \times 10^6$  ufc/ml pueden comprometer no solamente el rendimiento de la fabricación sino también el sabor del queso, especialmente si este es de maduración prolongada como el Parmesano, por medio de la acción de las lipasas que degradan triglicéridos provocando la rancidez del queso. La buena higiene en la obtención de la leche puede reducir drásticamente este tipo de contaminación” (Peruláctea 2,017, Pág. 6).

#### **6.6.2.2 Contaje de células somáticas (CCS)**

La mamitis es una infección microbiana que ataca la ubre de matrices lecheras, deteriorando el tejido celular y promoviendo la secreción sanguínea de glóbulos blancos (leucocitos), los cuales son parcialmente transferidos para la leche aumentando así el CCS. Si este contaje ultrapasa  $2 \times 10^6$  células/ml, los enzimas proteolíticos producidos alcanzan una concentración suficiente para degradar la caseína al punto de disminuir el rendimiento de la fabricación. Además, las células somáticas contienen fuertes componentes antimicrobianos que pueden ser liberados en la leche e inhibir la actividad de las células lácticas (Peruláctea, 2017, pag.8).

Actividad de la plasmina: La plasmina es la proteasa natural de la leche; la mayor parte de este enzima se encuentra en la leche en la forma de su precursor, plasminógeno, que no tiene actividad proteolítica. Especialmente en contajes elevadas, producen un activador del plasminógeno que puede convertirlo en plasmina activa estando todavía en la glándula mamaria. Como la temperatura ideal para la actuación de la plasmina es próxima a la temperatura corporal de la vaca, la mayor parte del daño provocado por su actividad proteolítica en la caseína ocurre en la ubre. Si la leche es enfriada rápidamente después de la ordeña los efectos negativos en el rendimiento son considerablemente reducidos. La mamitis acaba teniendo por lo tanto otra influencia negativa en el rendimiento: la activación del plasminógeno por medio del alto contaje de células somáticas (Peruláctea, 2,017, Pág. 4).

### 6.6.2.3 Tipo de cuajo usado

Todos los cuajos usados son caracterizados por la presencia de una o más proteasas que atacan la fracción K de la caseína, provocando la coagulación de la leche. Algunas de estas proteasas son más proteolíticas o menos específicas en su actuación que otras. Aquellas más proteolíticas, como la pepsina suina o las proteasas ácidas de origen fúngica (llamadas de "coagulantes microbianos") además de romper la ligación específica 105 -106 de la caseína K, continúan degradando rápidamente el resto de la cadena de aminoácidos durante la coagulación de la leche y pueden provocar mayor pérdida de nitrógeno, grasa y finos durante el corte de la cuajada. La enzima que alía la mejor actuación coagulante con la más alta especificidad y que por tanto permite el mejor aprovechamiento de los elementos de la leche en la cuajada proporcionando así mayor rendimiento, es la quimosina (presente en los cuajos obtenidos por fermentación, genéricamente conocidos por "genéticos"), seguida por la pepsina bovina. Escoger el cuajo adecuado es por lo tanto un factor de grande importancia en el control del rendimiento en la fabricación de quesos (Peruláctea, 2,017, Pág. 4).

### 6.6.2.4 Pasteurización de la leche

Cuando la leche es pasteurizada un pequeño porcentaje de las proteínas del suero son desnaturizadas (cerca de 2 a 3%). La  $\beta$ -lactoglobulina desnaturizada tiende a asociarse a la K-caseína y pasa en parte para la cuajada, al contrario de perderse en el suero como ocurre usualmente con las proteínas séricas. Este fenómeno provoca un ligero aumento en el rendimiento, por la presencia de la proteína sérica y también por su conocida capacidad de hidratación. Se deduce así que, al comparar la leche cruda con la pasteurizada, es la segunda la que posibilita el mayor rendimiento. Cuanto mayor sea la temperatura de pasteurización, mayor será el índice de desnaturización. Sin embargo no es aconsejable el uso de temperaturas superiores a 75 °C/15 s, pues la cuajada se torna más blanda, con riesgo de mayores pérdidas en el corte y el queso será más húmedo, madurando más rápidamente y con mayor riesgo de presentar gusto amargo (mayor retención de cuajo), además de posibles problemas de tajado después de un corto de tiempo de maduración, en caso de quesos semiduros como el Gouda y similares o hilados como la Mussarela (Peruláctea, 2,017, Pág. 4).

## 4.7 Análisis Estadístico

El Análisis Estadístico de Datos se ha asociado de manera general con la investigación de corte experimental, o podemos decir que es característico de los enfoques positivistas.

Este término se define de muchas maneras según se conciba desde una perspectiva más amplia o restringida, y según se entienda también el proceso de investigación.

El concepto de Análisis Estadístico de Datos no se agota en las acepciones que se identifican con un conjunto de datos o enumeración de hechos, o con procedimientos de tipo descriptivo destinados a recoger, organizar y presentar la información relativa a un conjunto de casos. De esta manera, el Análisis Estadístico de Datos ha dejado de ser únicamente la ciencia de recopilar datos y, tras fusionarse con la corriente de estudios sobre el cálculo de probabilidades, se ha constituido en una rama de la matemática aplicada, entendiendo ésta como el uso de principios y modelos matemáticos en diversos ámbitos de la ciencia o la técnica. (Perulactea 2,017, Pág., 5).

### 4.7.1 Tipos de Análisis estadísticos:

- Análisis Estadístico de Datos (propriadamente matemático), que supone el estudio de los fenómenos estadísticos utilizando los métodos matemáticos y proporciona conocimiento acerca de las técnicas que integran los métodos estadísticos.
- Análisis Estadístico de Datos Aplicado; este carácter aplicado ha estado presente desde los inicios de esta ciencia, sobre todo en cuanto a su conexión con el estudio y resolución de problemas prácticos con datos reales. Todo ello ha estimulado la innovación de nuevos métodos y procedimientos, y el avance de análisis estadísticos. (Méndez, 2,013, pág. 27).

### 4.7.2 Análisis de Varianza (ANDEVA)

Se utiliza para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Es uno de los métodos estadísticos más empleados en la investigación moderna.

- 1) Cuando se utiliza el método ANDEVA se debe cumplir con los siguientes supuestos:

a) Las personas de los diversos subgrupos deben seleccionarse mediante el muestreo aleatorio, a partir de poblaciones normalmente distribuidas.

b) La varianza entre ( $\sigma^2$ ) del tratamiento debe ser homogénea.

2) Hipótesis:  $H_0$ = hipótesis nula (No se detectan diferencias entre las medias)

$$\text{Hipótesis nula } H_0: \quad x_1=x_2=x_3=x_4$$

Hipótesis alterna (se detectan diferencias entre las medias)

$$\text{Hipótesis alterna } H_a: \quad x_1 \neq x_2 \neq x_3 \neq x_4$$

Donde  $\bar{x}_i$  es el promedio de los resultados obtenidos de la fórmula de  $i$ . Para cada uno de los tres agentes coagulantes a aplicar a la leche (*Bos taurus*) y el rendimiento en peso de la cuajada.

**Tabla No. 3 Distribución de las fórmulas para ANDEVA**

SC	g.l.	$\mu$	F
$SC \text{ total} = \frac{\sum x^2 \text{ total} - \frac{(\sum X \text{ total})^2}{n \text{ total}}}{n}$	$gl \text{ entre} = K - 1$	$\mu C \text{ entre} = \frac{SC \text{ entre}}{gl \text{ entre}}$	$F \text{ calculada} = \frac{\mu C \text{ entre}}{\mu l \text{ dentro}}$
$SC \text{ dentro} = \sum \left( \frac{(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n} \right)$	$gl \text{ dentro} = n - K$	$\mu C \text{ dentro} = \frac{SC \text{ dentro}}{gl \text{ dentro}}$	$F_{tab} = \text{tabla}$
$Sc \text{ entre} = SC \text{ total} - SC \text{ dentro}$			

Fuente: Méndez ( 2,013)

**Dónde:**

K: es el número de las muestras

N: número de puntajes total

SC total: Sumatoria de Cuadrados totales

SC dentro: Sumatoria de cuadrados de los datos de una misma muestra.

SC entre: Sumatoria de cuadrados de los datos del número de muestras

g.l.: grados de libertad

F cal: F calculada

F tab: F tabulada de acuerdo a los grados de libertad<sup>10</sup>

3) Estimar el estadístico calculado  $F_c$ , utilizando las fórmulas anteriores.

4) Encontrar el estadístico calculado “F tabla”

5) Regla de decisión:

Si  $F_{cal} < F_{tab}$  indica que no existen diferencias estadísticas entre las muestras, Se acepta la  $H_0$ .

Si  $F_{cal} > F_{tab}$ : Indica que existen diferencias estadísticas entre las muestras. Se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ .

6) Conclusión: Se acepta  $H_0$  o se rechaza  $H_0$ .

7) Recomendación: Si  $F < F_{tabulada}$  se recomienda cualquiera de las muestras, o repetir el experimento. Si  $F_c > F_{tabulada}$  se recomienda realizar una prueba múltiple de medias.

El propósito de prueba múltiple es clasificar a las medias de las muestras del mejor al peor o viceversa. Entre estas pruebas, están: Tukey, SNK (Student Newman Keuls por sus siglas en inglés), Duncan, DMS (Diferencia Mínima Significativa) y Shaffe, siendo las más utilizadas Tukey, SNK y Duncan.

## 7. Objetivos

### 7.1 General:

Evaluar el rendimiento de queso fresco elaborado a partir de leche de vaca, empleando Ácido Acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*), cuajo tradicional (rennina), como agentes formadores de cuajada.

### 7.2 Específicos:

7.2.1 Detectar la capacidad a nivel de laboratorio del rendimiento y tiempos prácticos de coagulación del queso fresco elaborado a partir de leche de vaca, empleando (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y cuajo tradicional (rennina), como agentes formadores de cuajada.

7.2.3 Establecer los costos de la elaboración de queso elaborado a partir de leche de vaca empleando (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y cuajo tradicional (rennina) como agentes formadores de cuajada.

## 8. Hipótesis

Ninguno de los tres agentes coagulantes (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y rennina enzimática) mostrará incremento en el rendimiento de queso fresco.

## **9. Metodología**

### **9.1 Recursos**

#### **9.1.1 Humanos**

- T.U. Rafael Antonio García Morales
- M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón (Asesor Principal)
- Ing. Jorge Luis Bautista Cancinos (Asesor Adjunto)

#### **9.1.2 Institucionales**

- Planta Piloto Carrera, Ingeniería en Alimentos CUNSUROC-USAC.
- Laboratorio Química CUNSUROC-USAC.

#### **9.1.3 Físicos**

- Biblioteca del Centro Universitario del Sur occidente.

#### **9.1.4 Económicos**

- Los gastos serán efectuados por el estudiante responsable del presente estudio.

#### **Materiales**

Equipo

Hielera

Termómetro

Computadora

Beaker de un litro

Probetas de un litro

Manta

Cuchillos

Ollas

Mesa

Vasos plásticos

### **9.1.5 Insumos**

Cuajo en pastilla (rennina o enzima)

Jugo de limón (*Citrus aurantifolia*)

Vinagre blanco

Agua

Cloro

Queso fresco obtenido del rendimiento

## **10. Metodología, resultados y discusión de resultados**

### **10.1 Metodología del rendimiento del queso fresco**

- Se obtuvieron las muestras de leche de cinco puntos importantes (col. Los Almendros, Colonia Independencia, Colonia las Flores, Col. San Andrés, Colonia la Florida) tomando en cuenta, el volumen diario de venta de leche entera, en la ciudad de Mazatenango, Suchitepéquez.
- Se colocaron a razón de un litro de leche entera en cada beaker de un 1 litro, para hacer un total de 3 litros
- Las condiciones de calidad de la leche muestreada receptada en los puntos de distribución comercial, se le practicaron las siguientes pruebas en el equipo ekomilk, (ver foto en anexos pág. 46), para establecer su posterior rendimiento de la siguiente manera  
Densidad, sólidos no grasos, grasa y porcentaje de proteína.
- Se suministro en cada litro una porción proporcional de agente coagulante (20 ml) (ver pág. 35), respectivamente de la siguiente manera:

**Tabla No. 4 Rendimientos de queso según coagulante empleado (lt. leche/kg de queso)**

Muestra No.	Cantidad de leche en lts.(repartidos en un litro por cada coagulante)	Jugo de limón 20 ml (kg de cuajo) Código (A)	Cantidad de lactosuero (lts)	Ácido acético 20 ml (kg. De cuajo) Código (B)	Cantidad de lactosuero (lts)	Rennina enzimática 0.05 gr (kg. de cuajo) Código (C)	Cantidad de lactosuero (lts)
1	3	0,16	0,84	0,16	0,84	0,35	0,65
2	3	0,20	0,80	0,20	0,80	0,30	0,70
3	3	0,15	0,85	0,10	0,90	0,32	0,68
4	3	0,10	0,90	0,15	0,85	0,32	0,68
5	3	0,30	0,70	0,52	0,48	0,42	0,58

Fuente: Elaboración propia ( 2,021)

- Los pesos obtenidos respectivamente en función de la tabla No. 4 se refiere específicamente en cuanto a rendimientos indica, que para el caso del jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) el peso de la cuajada oscila entre 0,10 kg a 0,30 kg , mientras que para el ácido acético su intervalo de peso se comprende entre 0,10 kg y 0,52 kg de queso fresco obtenido, mientras tanto se observa que para el caso de la rennina enzimática el peso de cuajada se comprende entre 0,32 kg a 0,42 kg, cada agente de cuajo aparece por diferencia de peso la cantidad de lactosuero obtenido por un proceso de desuerado.
- El tiempo empleado de coagulación de cada agente coagulante fue evaluado en un promedio total de 30 min. Posteriormente se procedió al desuerado respectivo.

**Tabla No. 5 Rendimientos empleando coagulante jugo de limón (*Citrus aurantifolia*).**

Código o Número de Muestra	Densidad gr/ml	Humedad por concepto de lactosuero (kg * lt)	Grasa butírica %	Proteína %	Rendimiento Teórico de la cuajada % (m/v)	Rendimiento Practico de la cuajada % (m/v)
1	1,024	0,84	3,18	2,99	46,37	16
2	1,035	0,80	2,0	3,37	56,28	20
3	1,028	0,85	3,74	3,07	54,05	15
4	1,038	0,90	2,67	3,61	76,44	10
5	1,026	0,70	2,13	2,50	19,07 X= 50,44	30 X= 18,2 S=22,78

Fuente: Elaboración propia (2,021)

**Tabla No.6 Rendimiento empleando coagulante ácido acético**

Código o Número de Muestra	Densidad gr/ml	Humedad por concepto de lactosuero (kg*lt)	Grasa butírica %	Proteína %	Rendimiento Teórico o de la cuajada % (m/v)	Rendimiento Practico de la cuajada % (m/v)
1	1,024	0,84	3,18	2,99	46,39	16
2	1,035	0,80	2,0	3,37	33,24	20
3	1,028	0,90	3,74	3,07	50,67	10
4	1,038	0,85	2,67	3,61	50,96	15
5	1,026	0,48	2,13	2,50	11,00 X=38,45	48 X= 21,8 S= 11,75

Fuente: Elaboración propia (2,021)

**Tabla No. 7 Rendimientos empleando coagulante rennina enzimática**

Código o Número de Muestra	Densidad gr/ml	Promedio de Humedad por concepto de lactosuero (kg*lt)	Grasa butírica %	Proteína %	Rendimiento Teórico de la cuajada % (m/v)	Rendimiento Práctico de la cuajada % (m/v)
1	1,024	0,65	3,18	2,99	21,2	35
2	1,035	0,70	2,0	3,37	22,16	30
3	1,028	0,68	3,74	3,07	27,40	32
4	1,038	0,68	2,67	3,61	17,88	32
5	1,026	0,58	2,13	2,50	13,62 X= 20,45	42 X= 34,2 S= 9,87

Fuente: Elaboración (2,021)

## 10.2 Rendimientos prácticos y teóricos de los tres agentes coagulantes:

Para determinar el precio de cada tratamiento se realizó de la siguiente manera empleando la fórmula de Lucey y Kelly: ejemplo, para la rennina  $(0,86 \times 2,13 + 2,50 + 0,36) \times 1,22 / 100 - 58$  (agua remanente (lactosuero) (ver definición en glosario de la palabra remanente) de la tabla No.4), esto nos da un valor de: 13,62 de rendimiento teórico para el caso del agente coagulante rennina.

Lo que indicó que en la tabla No. 5 del agente de cuajo jugo de limón (*Citrus aurantifolia*), presentó una mayoría de la media de rendimiento teórico de 19,07 X= 50,44 y un rendimiento práctico a nivel experimental de X= 18,2 (la media de los tre). Para la tabla No. 6 del agente de cuajo ácido acético corresponde una media del rendimiento teórico de 38,45 y un rendimiento práctico real de 21,8. Sin embargo para el caso de la rennina enzimática la media teórica es de 20,45 y su rendimiento práctico de 34,2.

**Fórmula No.1 Rendimiento teórico de la cuajada**

$$\text{Rend.} \left( \frac{\text{kg}}{100 \text{ kg leche}} \right) = \frac{(0,86 F + C + 0,36) * 1,22}{100 - W} * 100$$

Fuente: Lucey & Kelly, 1,994

Dónde:

F: % de grasa

C: % de proteína o caseína

W: Humedad del queso (remanencia de lactosuero en el cuajo)

1,22: Constante de adición de sal y sólidos del suero

0,36: Perdida de caseína durante la elaboración de la cuajada.

**Fórmula No. 2 Rendimiento experimental o práctico de la cuajada**

$$\text{Rend. Exp.} = \frac{\text{Kg}}{100 \text{ kg de leche}} = \frac{\text{Peso queso obtenido (Kg)}}{\text{total utilizada (Kg)}} * 100$$

Fuente: Lucey & Kelly, 1,994

**Dónde:**

Peso de la cuajada desuerada se procederá a dividirlo entre la cantidad de leche empleada para la coagulación en los tres diferentes agentes de cuajo y se multiplicará por 100 para establecer el rendimiento experimental y/o práctico.

### 10.3 Metodología de los análisis estadísticos ANDEVA

- Se tabularon los datos de las boletas de los tratamientos para establecer el peso de cada cuajada de las muestras de leche obtenidas, de la siguiente manera:
- Tres tratamientos y 5 repeticiones debido a que serán tres litros de leche en cada punto de distribución o sea  $3 * 5 = 15$  repeticiones
- Se obtendrán diferencias estadísticamente significativas de los tratamientos para observar las diferencias en cuanto a tiempos y pesos de la coagulación de cada agente de cuajo aplicado a leche.
- Se formuló una conclusión, para establecer valores objetivos.
- Se determino el cuajo más eficiente y el tiempo empleado para esto
- Según la aplicación del diseño estadístico Andeva, se obtuvieron los siguientes resultados del queso fresco y su rendimiento por cada agente de coagulación.

**Tabla No. 8 Datos de los rendimientos de las cuajadas**

<b>Repetición</b>	<b>Tratamiento. A</b>	<b>Tratamiento. B</b>	<b>Tratamiento. C</b>
1	0.16	0.16	0.35
2	0.2	0.2	0.3
3	0.15	0.1	0.32
4	0.1	0.15	0.32
5	0.3	0.52	0.42

Fuente: Elaboración propia (2,021)

**Tabla No. 9 Valores de factor calculado y factor tabulado**

Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	0.30	3	0.10	11.17	3.24
Error	0.14	16	0.01		
Total	0.45	19			

#### Análisis de los datos

Existe diferencia estadística entre los tratamientos, ya que el factor calculado es mayor que el factor tabulado en la tabla de valores encontrados (ver tabla No.9), debido a la diferencia de rendimientos de queso en las muestras leche obtenidas, de las diferentes zonas de venta de esta materia prima en la ciudad de Mazatenango, Suchitepéquez.

Fuente: Elaboración propia ( 2,021)

#### 10.2.4 Metodología de costo del queso fresco

- Se sumarán los valores en quetzales de los insumos individualmente:

Costo de los insumos por costo unitario

Costo de la mano de obra empleada

Costo de insumos de limpieza

Costo de energía empleada en el proceso del cuajo

La fórmula matemática que empleará será la siguiente:

#### Fórmula No.3 Costo del queso fresco

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\sum \text{total por insumo} + \sum \text{total energético} + \sum \text{t. insumos de limpieza} + \sum \text{de mano de obra}}{\text{Peso de la cuajada obtenida producidas por cada agente de cuajo.}}$$

\* Peso de la cuajada obtenida producidas por cada agente de cuajo.

Fuente: Elaboración propia (2,021)

\* se promediaron los pesos de cada cuajada para sacar el costo de cada agente de cuajo empleado.

- Posteriormente se sumaron todos los costos dentro del peso en kilogramos de cuajada y suero obtenido para establecer un costo de producción.

- Se establecieron los costos de producción unitaria de los tres cuajos empleando los agentes empleados respectivamente.
- Se establece el valor unitario de cada kg producido de queso fresco por cada agente coagulante de la siguiente manera:

**Tabla No. 10 Costo unitario por Kg de queso fresco producido por cada agente de cuajo**

No de muestra	Costo promedio cuajo de jugo de limón por kg.	Costo promedio cuajo ácido acético por kg.	Costo promedio cuajo rennina enzimática por Kg.
1	Q 31.40	Q 30.10	Q 30.90
2	Q 31.60	Q 30.05	Q 30.00
3	Q 31.56	Q 30.90	Q 30.95
4	Q 31.80	Q 30.20	Q 30.05
5	Q 31.70	Q 30.40	Q 30.10
Promedio	Q 31.61	Q 30.33	Q 30.40

Fuente: Elaboración propia (2,021)

**Tabla No. 11 costo individuales de los insumos empleados en la producción de la cuajada**

Insumo/recurso	Costo unitario
Limón	Q 1.00/ limón
Ácido acético	Q 0.07 cts/ ml
Rennina enzimática	Q 1.00 / pastilla
Leche	Q 8.00/ litro
Mano de obra	*Q 10.61/ hora

Fuente: Elaboración propia (2,021)

\*El Ministerio de Trabajo publicó este 30 de diciembre en el diario de Centro América el acuerdo 250-2020 que establece el salario mínimo para las distintas actividades en el 2021.

\*Indica que nuevo que para los contratos de trabajo establecidos sobre una base horaria en las jornadas antes indicadas (diurna, nocturna o mixta), el salario mínimo será de Q10.61 por hora.

Los costos de producción según los resultados de la tabla anterior reflejan en un costo promedio que el costo del ácido acético de Q 30.33 y el de la rennina enzimática de Q 30.40 son competitivos en relación al jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) empleado como agente de cuajo, esto debido a la fluctuación del precio del limón durante diferentes épocas del año,

sin embargo con fines comerciales se podría producir queso a partir de ácido acético, como una alternativa, sin embargo se denota también que en la tabla anterior (pág. 39) que los precios de las cuajadas (queso fresco) podrían ser más bajos, si se considera el litro de leche a granel a un precio más bajo en las fincas productoras de esta materia prima.

## 11. Conclusiones

- 11.1) Se rechaza la hipótesis ya que, si se obtuvo incremento en los rendimientos de las cuajadas, empleando los agentes de cuajo para la producción de quesos frescos, se determina que la rennina enzimática obtuvo un promedio de mayor rendimiento, ya que, de las cinco muestras de leche evaluadas, se obtuvieron los siguientes rendimientos: del 18,2% del jugo de limón (*Citrus aurantifolia*), 21,8% para el ácido acético y 34, 2 % para el de la rennina enzimática respectivamente.
- 11.2) Se determina diferencia en los porcentajes de rendimiento de las cuajadas debido a que la rennina obtuvo la mayor cantidad de peso hasta un 34, 2% seguido del ácido acético con 21,8% y finalmente el jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) con 18,2% por consecuencia de la capacidad de precipitar la k-caseína con enzimas presentes en la rennina, a diferencia de ácidos orgánicos como el ácido acético y jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) que son más lentos los procesos de coagulación de esta proteína (k-caseína).
- 11.3) Se llega a establecer que existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto al rendimiento de queso (ver tabla No.9, Pág. 38) y los agentes de cuajo aplicados a la leche obtenida de diferentes zonas de venta en Mazatenango, Suchitepéquez en la presente investigación.
- 11.4) Se llega a determinar que los costos por kilogramo de queso fresco producido, son respectivamente: jugo de limón Q 31.61, para ácido acético Q 30.33 y rennina enzimática Q 30.40 por lo que a nivel de costos resultan rentables, producir queso fresco a partir de ácido acético y rennina enzimática, tomando como posible alternativa el cuajo producido de jugo de limón (*Citrus aurantifolia*).

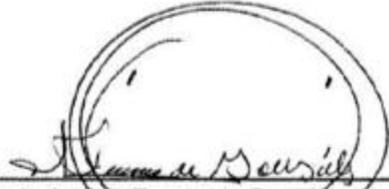
## 12. Recomendaciones

- 12.1) Realizar un estudio para evaluar las condiciones sensoriales de cada cuajada, esto por medio de estudio de prefactibilidad para determinar el perfil de aceptación a nivel de costos y panel de consumidores.
- 12.2) Considerar en otro estudio similar al presente, emplear leche entera homogénea de un solo hato a efecto de obtener cuajadas más uniformes y con mayor retención de agua.
- 12.3) Considerar otros cuajos como alternativas de producción de cuajada (queso fresco) y observar la vida de anaquel útil de cada cuajada, para establecer las características de calidad del queso fresco en la producción de quesos frescos en el mercado.
- 12.4) Evaluar las características fisicoquímicas de los quesos producidos por agentes de cuajo de jugo de limón (*Citrus aurantifolia*), ácido acético y rennina enzimática para conocer un perfil de calidad de cada queso a efecto de establecer un grado de comercialización a nivel de consumidores y contemplar el de menor costo de producción.

### 13. Referencias.

- 13.1) Anchoas de luxe. Quesos frescos | Guía de quesos. Recuperado en: 11 de noviembre 2020. Obtenido en: <https://www.anchoasdeluxe.com/es/blog/794>
- 13.2) C. Ramírez, C., Vélez J., Queso frescos –web-UDLAP. (2017). Recuperado en: (12 de octubre 2020). Obtenido en: [web.udlap.mx](http://web.udlap.mx). › tsia › files › 2013/12
- 13.3) Dalla, C. (2015) Rendimiento quesero teórico y real de la leche de la cuenca de Villa María, Córdoba. Recuperado en: 20 de septiembre de 2020. Obtenido de: <http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/id/eprint/665>
- 13.4) Enrique A., Queso I – VIII – Topic. Recuperado en: (10 de septiembre de 2020). Obtenido en: [portal.oas.org](http://portal.oas.org) › LinkClick
- 13.5) Hleap, J., Lina Cardona, L., Johana Agudelo J., Alejandra Gómez A., (2015) PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY. Recuperado: (5 de noviembre 2020) Obtenido de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262015000200019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262015000200019).
- 13.6) La Nación, Lifestyle. (2014) Como se clasifican los quesos más popular-LA. Recuperado en: 23 de agosto 2020. Obtenido de: <https://www.lanacion.com.ar> › Lifestyle › Comer & Beber
- 13.7) La leche. Procesos y presentación • Gurmé - ABC de Sevilla. Recuperado 11 de noviembre 2020. Obtenido de : <https://sevilla.abc.es> › gurmae › productos › la-lec...
- 13.8) Mafalda I. Agentes coagulantes en la elaboración de quesos artesanales. (2019) Recuperado en: 4 de septiembre 2020, Obtenido de: [www.capraispana.com](http://www.capraispana.com) › agentes-coagulantes-en-la-elaboracion-de-quesos-...

- 13.9) María, C. (2015). Fundamentos en la elaboración de queso - RI UAEMex. Recuperado: 20 de mayo 2020. Obtenido de: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/35419>
- 13.10) Mèndez, L. (2013). Texto paralelo, curso estadística. Centro Universitario de Sur Occidente. Mazatenango, Such.
- 13.11) Múcio M. Furtado D. Brasil. (2017). El rendimiento de la fabricación de quesos. Recuperado en: 12 de agosto 2020. Obtenido de: [www.perulactea.com](http://www.perulactea.com) › uploads › 2017/03 › EL.
- 13.12) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2019). Producción y productos Lácteos: Composición de la leche. Recuperado en: 18 de septiembre 2020. Obtenido de: [www.fao.org](http://www.fao.org) › products › composición-de-la-leche.
- 13.13) Pinedo, Ch., Weninger G., Luna, C., Stefani J., (2018) Efecto de tres tipos de coagulantes (ácido cítrico, ascórbico y málico) en el rendimiento y características organolépticas del queso tipo ucayalino. Recuperado en: 18 de octubre 2020, Obtenido de: [http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/193/1/T084\\_46563450\\_T.p](http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/193/1/T084_46563450_T.p)
- 13.14) Quesos. Com. (2020). Tipos, propiedades, nutrientes, precios y marcas - Queso fresco. Recuperado en: (2 de noviembre 2020) Obtenido en: <https://quesoss.com> › fresco

Vo. Bo.   
Lcda. Ana Teresa de González  
Bibliotecaria CUNSUROC.



## 14. Anexos

## Anexo No. 1 Cronograma de actividades de la investigación (2,020, 2,021)

Actividades	Noviembre 2020				Enero 2021				Febrero 2021				Marzo 2021			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
<b>Entrega de seminario I</b>																
<b>Entrega de correcciones al honorable grupo de evaluadores</b>																
<b>Ejecución de la parte experimental de los rendimientos de la cuajada</b>																
<b>Interpretación de resultados de la parte experimental y ejecución del panel sensorial</b>																
<b>Presentación del seminario II a los asesores del trabajo de graduación</b>																
<b>Elaboración del seminario II</b>																
<b>Presentación del Seminario II al honorable grupo de asesores</b>																
<b>Presentación del Seminario II a la honorable terna evaluadora</b>																
<b>Presentación de las correcciones del seminario II</b>																

Fuente: Elaboración propia (2,021)

## Anexo No. 2. Prueba de rendimiento de la cuajada y desuerado



Fuente: Elaboración propia (2,021)

## Anexo No. 3 Prueba piloto para determinar volúmenes de agentes de cuajo y equipo EKOMILK



Fuente: Elaboración propia (2,021)



Fuente: <https://www.indiamart.com/proddetail/ekomilk-ultra-10432920588.html>

## 15. Glosario

**15.1) Acidificación de la leche:** Proceso de aumento de la acidez (bajada del pH) de la leche como consecuencia directa de la adicción de fermentos a la misma o por la propia flora bacteriana presente en la leche (Real california milk, 2015)

**15.2) Aditivo:** Producto que se incorpora a la leche, previa a la coagulación, con objeto de corregir y mejorar las características de la misma para la fabricación de quesos. Son aditivos el cloruro cálcico, nitratos sódico y potásico, colorantes y enzimas, entre otros. (Real california milk, 2015)

**15.3) Agitación de la cuajada:** Operación en la que se somete a la cuajada cortada a un batido con el fin de que los granos de esta permanezcan en suspensión y se consiga así un desuerado adecuado y que la estructura de los granos sea más estable. Esta operación, dependiendo del momento en que se realiza y del tipo de queso a elaborar puede ser más o menos fuerte y se combina con el calentamiento de la cuajada (MA Dianda, 2,010).

**15.4) Caseína:** Proteína de contenido más elevado de la leche, en torno al 80%, precipita cuando se acidifica la leche por debajo de pH 5,2. Es el elemento de la leche que se solidifica cuando la coagulación de la leche tiene lugar. El pH 4,6 se denomina isoelectrico. Cata de quesos: Degustación de quesos que tiene por objetivo degustar el sabor de estos para calificarlo o describirlo (MA Dianda, 2,010).

**15.5) Centrifugación:** método por el cual se pueden separar sólidos de líquidos de diferente densidad por medio de una fuerza giratoria. (Real california milk, 2,015).

**15.6) Coagulación:** Término usado para describir cuando la leche se gelatiniza (coagula) o solidifica por la introducción de un coagulante debido a la precipitación de la caseína, la cual encierra la mayor parte de la grasa. La cuajada tiene la apariencia de una gelatina de color blanco y se forma al cabo de 30 minutos después de haber echado el cuajo (MA Dianda, 2,010).

**15.7) Coagulante:** Sustancia que, incorporada a la leche, provoca la coagulación de la misma, es decir la formación de un coágulo de caseína. Los coagulantes utilizados para la elaboración del queso, pueden ser de origen animal, vegetal o bacteriano. Concentración: Magnitud que expresa la cantidad de una sustancia por unidad de volumen. Existen varias formas de expresarla normalmente cuando se refiere a la concentración de las disoluciones de limpieza se hace en tanto por cien (%) el sistema internacional es mol/litro de disolución (MA Dianda, 2,010).

**15.8) Condiciones higiénico–sanitarias:** Conjunto de requisitos que deben reunir tanto las instalaciones como los equipos que van a estar en contacto con las materias primas o auxiliares con el fin de eliminar cualquier tipo de contaminación de estas. Condiciones técnicas: Conjunto de condiciones que debe reunir una instalación o conjunto de equipos para poder realizar un trabajo determinado (Dalla, C. 2,015).

**15.9) Cuajada lavada:** Procedimiento por el que se lava la cuajada después de cortarla utilizado en algunos quesos para obtener una textura más suave y sabor poco acentuado (Dalla, C. 2,015).

**15.10) Cuajada:** Es el queso en su etapa inmediatamente posterior a la separación de la leche en líquido (suero) y sólido (cuajada/queso). Es el momento en el que se tiene la masa para elaborar el queso (Dalla, C. 2,015).

**15.11) Densidad:** Es una magnitud que nos indica la cantidad de masa contenida en un determinado volumen (Real california milk, 2,015).

**15.12) Desinfección:** Proceso que elimina los microorganismos patógenos y una gran parte de los banales. Se puede clasificar en varios niveles. En la industria alimentaria sirve tanto para prevenir las enfermedades de transmisión alimentaria como la alteración de los alimentos (Dalla, C. 2,015).

**15.13) Desnatado:** Es el proceso por el cual se separa la nata o materia grasa de la leche u otros productos lácteos (MA Dianda, 2,010).

**15.14) Desuerado:** Este proceso consiste en el drenaje de la fracción líquida producida durante la coagulación. La cantidad y la composición del suero varían en función del tipo de queso que se realice y por lo tanto del tipo de cuajado al que se halla sometido la leche. El desuerado se ve favorecido por la temperatura y acidez de la leche (Real california milk, 2,015).

**15.15) Drenaje:** Operación que consiste en la extracción o eliminación del suero de la cuba quesera. Si esta operación se realiza con calentamiento y agitación de la cuajada el desuerado es mayor. Es importante que se drene siempre la misma cantidad de suero para conseguir un producto final normalizado, en cuanto a contenido de humedad. (Dalla, C. 2,015).

**15.16) Lactosa:** Componente azucarado de la leche más abundante, el más simple y el más constante de proporción. Su función biológica como fuente de energía para las bacterias es lo más importante para la elaboración del queso ya que estas son la base para la transformación de la leche en queso (Real california milk, 2,015).

**15.17) Moldeado:** El moldeado del queso tiene como finalidad dar al queso determinado formato y tamaño de acuerdo a sus características y de cierto modo de acuerdo a la tradición y a las exigencias del mercado. La forma de los quesos puede ser esféricas, prismática, cilíndrica, de cono truncado, etc. Al colocar la cuajada en los moldes en general se revisten estos de tela o paño para facilitar la salida de algo de suero y para formar la corteza (MA Dianda, 2,010).

**15.18) Normalización del queso:** A diferencia de lo que entendemos por normalización o homogeneización de la leche que es la distribución homogénea de los distintos componentes de la leche, especialmente la grasa, nos referimos a normalización de los quesos cuando hablamos de las normas que estos deben cumplir para poder certificar su pertenencia a determinado tipo o clase (MA Dianda, 2,010).

**15.19) Organolépticas:** Las características organolépticas del queso son el conjunto de descripciones de las características físicas que tiene el queso, según las pueden percibir

nuestros sentidos, como por ejemplo su sabor, textura, olor, color. Estas determinaciones se realizan mediante los denominados análisis sensoriales (Real california milk, 2,015).

**15.20) Pasteurización:** Tratamiento térmico aplicado durante un tiempo y una temperatura suficientes para destruir los microorganismos patógenos y la mayoría de los banales presentes en la leche (MA Dianda, 2,010).

**15.21) PH:** Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones hidronios  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias. La sigla significa "potencial de hidrógeno". La escala de pH va desde el 0 al 14, siendo su punto medio  $pH = 7$ , el neutro, valores menores a este sería ácido y valores superiores alcalino. El pH 4,6 se denomina isoelectrico (MA Dianda, 2,010).

**15.22) Prensado:** El prensado de los quesos es el sometimiento de la cuajada a una fuerza de presión con el fin primordial de eliminar el suero adicional de la misma. Sin embargo según el tipo de queso a elaborar variaremos las condiciones; tiempo, temperatura, presión y pH en que deberá realizarse esta operación (Real california milk, 2,015).

**15.23) Renina:** También llamada angiotensinogenasa, es una proteína (enzima) secretada por las células yuxtglomerulares del riñón (Real california milk, 2,015).

**15.24) Remanente:** El lactosuero (LS) es el líquido remanente que resulta de la coagulación de las proteínas caseicas de la leche durante la elaboración de queso. El LS (Lactosuero) conserva ~50% del total de los sólidos de la leche y el 20% de las proteínas (Smithers, 2,008).

**15.25) Rennina:** Es una enzima proteasa que se obtiene tradicionalmente del abomaso (cuarto estómago) de terneros jóvenes (MA Dianda, 2,010).

**15.26) Salado:** Procedimiento en que se le añade sal a los quesos con diferentes procedimientos y con los siguientes objetivos; completar el desuerado de los quesos, regular la actividad microbiológica y enzimática y por tanto mejorar la conservación,

realzar su sabor y ayudar a mejorar la apariencia y consistencia ya que el salado provoca la formación de la corteza (Real california milk, 2,015).

**15.27) Salmuera:** Agua con una alta concentración de sal disuelta, que se utiliza para el salado de los quesos. El desecho de la salmuera resulta muy costoso y está prohibido por su alto contenido de sal (Real california milk, 2,015).

**15.28) Suero:** Parte líquida que queda después de separar la cuajada al elaborar queso. Aunque varía en función del queso a elaborar su composición es variable. Básicamente es un compuesto de lactosa y sales minerales que se puede considerar un subproducto de la fabricación del queso. Los tratamientos a los que puede ser sometido éste, lo convierten de un residuo altamente contaminante a un producto de alto valor nutritivo y con diferentes usos (MA Dianda, 2,010).



Mazatenango, Suchitepéquez 08 de marzo de 2,021

Señores Miembros

Tema Evaluadora de Tesis

Centro Universitario de Sur Occidente

Mazatenango, Suchitepéquez.

Señores Miembros:

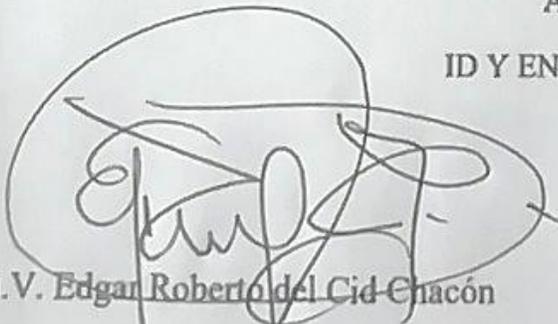
Atentamente nos dirigimos a ustedes deseándoles éxitos en sus labores cotidianas.

El objeto de la presente es para informarle que el Seminario II, realizado por el estudiante **Rafael Antonio García Morales**, carné 200340777 estudiante de la Carrera de Ingeniería en Alimentos, titulado "Evaluación de tres agentes formadores de cuajo (ácido acético, ácido cítrico y rennina enzimática) y su rendimiento en la elaboración de queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos taurus*).” ha sido revisado, indicando que se hicieron las correcciones sugeridas, por lo que nos permitimos dar nuestro aval al presente trabajo, para que continúe con el proceso de seminario II.

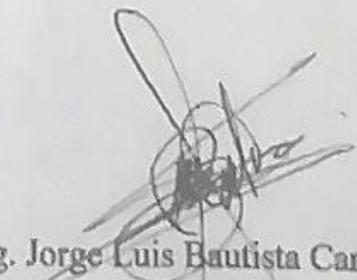
Sin otro particular por el momento, nos suscribimos de ustedes

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



M.V. Edgar Roberto del Cid-Chacón  
Asesor principal



Ing. Jorge Luis Bautista Cancinos  
Asesor adjunto



Mazatenango, Suchitepéquez 19 de julio de 2021

Señores miembros  
Comité Trabajo de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Alimentos  
Centro Universitario de Sur Occidente  
Mazatenango, Suchitepéquez  
Presente

Estimados profesionales

Respetuosamente nos dirigimos a ustedes deseándoles éxito en sus labores cotidianas.

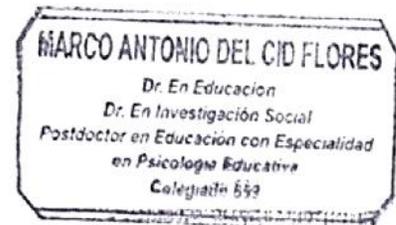
El objeto de la presente es para hacer de su conocimiento que hemos revisado el Trabajo de Graduación, en su fase de Seminario II, elaborado por el estudiante T.U. **Rafael Antonio García Morales** identificado con carné No. **200340777** titulado: **“Evaluación de tres agentes formadores de cuajo (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y rennina enzimática) y su rendimiento en la elaboración de queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos taurus*)”**.

El cual consideramos llena todos los requisitos del Reglamento de Trabajo de Graduación, exigidos por la Carrera de Ingeniería en Alimentos, para que continúe con el proceso correspondiente.

Sin otro particular nos suscribimos de ustedes,  
Atentamente

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ph.D. Marco Antonio del Cid Flores  
Presidente  
Terna Evaluadora



Ing. Marvin Manolo Sánchez López  
Secretario  
Terna Evaluadora

Ing. Carlos Alberto Hernández Ordoñez  
Vocal  
Terna Evaluadora



Mazatenango, 12 de agosto de 2021.

M.Sc. Ing. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos.  
CUNSUROC –USAC–.  
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que la Comisión de trabajo de graduación ha recibido el informe revisado de los asesores nombrados y las correcciones correspondientes de la tema evaluadora de la evaluación de seminario II, del Trabajo de Graduación titulado: “**Evaluación de tres agentes formadores de cuajo (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y rennina enzimática) y su rendimiento en la elaboración de queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos taurus*)**” del (la) estudiante: **Rafael Antonio García Morales**, identificado (a) con número de carné: **200340777**.

El documento antes mencionado presenta los requisitos establecidos de redacción y corrección, para que proceda con los trámites correspondientes, para obtener el **imprimase**.

Deferentemente.

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Marvin Manolo Sánchez López'.

M.Sc. Ing. Marvin Manolo Sánchez López.  
Secretario de Comisión de Trabajo de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Alimentos

Mazatenango, 12 de agosto de 2021.



Ph.D. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Centro Universitario de Sur Occidente.

CUNSUROC –USAC–.

Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Suroccidente – CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de gradación titulado: **Evaluación de tres agentes formadores de cuajo (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y rennina enzimática) y su rendimiento en la elaboración de queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos taurus*)**” el cual ha sido presentado por el (la) estudiante: **Rafael Antonio García Morales**, quien se identifica con número de carné: **200340777**.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniero en Alimentos. En el grado académico de licenciado, por lo que solicito la autorización del **imprimase**.

Deferentemente.



M.Sc. Ing. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador

Carrera de Ingeniería en Alimentos.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

## CUNSUROC/USAC-I-66-2021

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, el treinta de septiembre de dos mil veintiuno\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DE TRES AGENTES FORMADORES DE CUAJO (ácido acético, jugo de limón (*Citrus aurantifolia* y rennina enzimática Y SU RENDIMIENTO EN LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO A PARTIR DE LECHE DE VACA (*Bos taurus*).”**, del estudiante: **Rafael Antonio García Morales**. Carné 200340777 CUI: 2390 13972 1001 la Carrera Ingeniería en Alimentos.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director



/gris