



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DEL USO DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA  
DE ONDA CORTA (UV-C) COMO ALTERNATIVA A LOS  
TRATAMIENTOS TÉRMICOS TRADICIONALES UTILIZADOS  
EN LA PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O QUÍMICA/O**

**AUTORES:**

MARÍA CRISTINA TORRES LOZADA

NÉSTOR DAVID RODRÍGUEZ ORTÍZ

Riobamba-Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DEL USO DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA  
DE ONDA CORTA (UV-C) COMO ALTERNATIVA A LOS  
TRATAMIENTOS TÉRMICOS TRADICIONALES UTILIZADOS  
EN LA PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O QUIMICA/O**

**AUTORES: MARÍA CRISTINA TORRES LOZADA**

**NÉSTOR DAVID RODRÍGUEZ ORTÍZ**

**DIRECTOR: Ing. DARÍO FERNANDO GUAMÁN LOZADA MSc.**

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, **María Cristina Torres Lozada & Néstor David Rodríguez Ortíz**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, MARÍA CRISTINA TORRES LOZADA y NÉSTOR DAVID RODRÍGUEZ ORTÍZ declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular: El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de noviembre de 2022



---

**María Cristina Torres Lozada**  
C.I. 060478355-5






---

**Néstor David Rodríguez Ortíz**  
C.I. 035023606-3

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DEL USO DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA (UV-C) COMO ALTERNATIVA A LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS TRADICIONALES UTILIZADOS EN LA PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE**, realizado por los estudiantes: **NÉSTOR DAVID RODRÍGUEZ ORTÍZ Y MARÍA CRISTINA TORRES LOZADA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Fabian Ernesto Arias Arias, PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-11-18
Ing. Darío Fernando Guamán Lozada, MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-18
Ing. Daniel Antonio Chuquín Vasco, MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-18

## **DEDICATORIA**

A mi madre Rosa Lozada, a pesar de la distancia, siempre has estado ahí para mí, eres la motivación para seguir preparándome. A mi padre Luis Torres, mis hermanos Cristian, José y Lisbeth y mi abuela Juana, que me han apoyado en todo este transcurso de mis estudios, gracias por la confianza y cuidar de mí. Los amo.

*Cristina*

Este trabajo va dedicado para Dios y la Virgen María por bendecirme y ayudarme en momentos más cruciales. A mis padres, Hernán y Alicia, que, con su infinita paciencia, amor y enseñanzas de vida, me han ayudado a ser quien soy. A mis hermanas y sobrinas, que han sido mi fuente de inspiración y apoyo. A mi compañera de tesis María Cristina, a quien le agradezco por formar parte de este trabajo y a pesar de todas aquellas discusiones nunca dejamos de lado nuestra amistad. A mis abuelos, mi familia, amigos y todas aquellas personas que han influenciado en mi crecimiento personal y académico. Y por último y no menos importante a David del pasado, con tu perseverancia y paciencia, siempre supiste como seguir adelante. ¡Lo logramos!

*David*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra excelente Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme la oportunidad de crecer, aprender y formarme con la ayuda de grandes profesionales.

A nuestros queridos tutores, el Ing. Darío Guamán y el Ing. Daniel Chuquin, por su apoyo, tiempo, paciencia y dedicación supieron como guiarnos en el desarrollo de este proyecto de investigación.

A la Ing. Cristina Calderón por tomarse su tiempo y solventar todas aquellas dudas que se suscitaban en el transcurso de esta investigación.

*Cristina & David*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.3. Problema General de Investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	3
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.6. Justificación.....	4
1.6.1. <i>Justificación Teórica</i> .....	4
1.6.2. <i>Justificación Metodológica</i> .....	4
1.6.3. <i>Justificación Práctica</i> .....	5
1.7. Hipótesis.....	5

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de investigación.....	6
2.2. Referencias Teóricas.....	7
2.2.1. <i>Leche</i> .....	7
2.2.1.1. <i>Importancia y composición</i> .....	7
2.2.1.2. <i>Agentes patógenos presentes en la leche</i> .....	8
2.2.2. <i>Métodos térmicos para la leche</i> .....	9
2.2.2.1. <i>Pasteurización</i> .....	9



2.2.3.	<i>Acciones de Irradiación</i> .....	9
2.2.3.1.	<i>Radiación UV-A</i> .....	9
2.2.3.2.	<i>Radiación UV-B</i> .....	10
2.2.3.3.	<i>Radiación UV-C</i> .....	10
2.2.3.4.	<i>Aplicaciones de la radiación UV-C</i> .....	10
2.2.3.5.	<i>Inactivación de los microorganismos</i> .....	10
2.2.4.	<i>Análisis Físicos-Químicos</i> .....	11
2.2.5.	<i>Análisis Microbiológicos</i> .....	11
2.2.6.	<i>Diseño Experimental</i> .....	12
2.2.6.1.	<i>Etapas presentes en el diseño de experimentos</i> .....	12
2.2.6.2.	<i>Clasificación y selección del diseño de experimentos</i> .....	13
2.2.6.3.	<i>Diseños factoriales</i> .....	14
2.2.6.4.	<i>Análisis de varianza ANOVA</i> .....	14

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	15
3.1.	<b>Enfoque de investigación</b> .....	15
3.1.1.	<i>Método Cuantitativo</i> .....	15
3.1.2.	<i>Método Deductivo</i> .....	15
3.1.3.	<i>Método inductivo</i> .....	15
3.2.	<b>Nivel de Investigación</b> .....	15
3.3.	<b>Diseño de investigación</b> .....	16
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i> .....	16
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	16
3.4.	<b>Tipo de estudio</b> .....	16
3.5.	<b>Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	16
3.5.1.	<i>Población y planificación</i> .....	16
3.5.2.	<i>Selección de muestra</i> .....	16
3.5.3.	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	17
3.6.	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	18
3.6.1.	<i>Lámparas UV-C</i> .....	18
3.6.2.	<i>Descripción del mecanismo con las lámparas UV-C</i> .....	18
3.6.3.	<i>Medidor de la irradiancia y obtención de la dosis</i> .....	20
3.6.4.	<i>Contaminación de la leche</i> .....	21
3.6.5.	<i>Comparación de la leche y agua irradiadas</i> .....	21
3.6.6.	<i>Determinación de pH</i> .....	22

3.6.7.	<i>Determinación de grasa</i> .....	22
3.6.8.	<i>Determinación de sólidos totales</i> .....	23
3.6.9.	<i>Determinación de sólidos no grasos</i> .....	24
3.6.10.	<i>Determinación de proteína</i> .....	25
3.6.11.	<i>Análisis microbiológicos de recuento de Escherichia coli, UFC/g</i> .....	26

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	28
4.1.	<b>Funcionamiento del mecanismo con radiación UV-C</b> .....	28
4.2.	<b>Funcionamiento del circuito eléctrico</b> .....	28
4.3.	<b>Diagrama de flujo del funcionamiento del código Arduino</b> .....	30
4.4.	<b>Esterilización de agua vs leche</b> .....	31
4.5.	<b>Resultados de valores obtenidos para la radiación de la leche</b> .....	31
4.5.1.	<i>Valores Obtenidos en los resultados de irradiación</i> .....	31
4.5.2.	<i>Resultados de irradiancia</i> .....	32
4.5.3.	<i>Cálculo de la dosis de radiación aplicada</i> .....	32
4.5.4.	<i>Datos necesarios para la radiación de la leche</i> .....	33
4.5.5.	<i>Diseño factorial 3<sup>2</sup></i> .....	33
4.6.	<b>Resultados de análisis de recuento de Escherichia Coli de la leche:</b> .....	34
4.6.1.	<i>Resultados microbiológicos y organolépticos de la leche cruda</i> .....	34
4.6.2.	<i>Resultados microbiológicos de la leche pasteurizada contaminada con E. coli</i> .....	34
4.6.3.	<i>Resultados microbiológicos y organolépticos de la leche contaminada tratada con radiación</i> .....	35
4.6.4.	<i>Verificación de los supuestos del modelo</i> .....	36
4.6.5.	<i>Residuos Atípicos</i> .....	39
4.7.	<b>Análisis ANOVA del diseño factorial 3<sup>2</sup></b> .....	39
4.7.1.	<i>Análisis de Varianza ANOVA para E. coli</i> .....	40
4.7.2.	<i>Modelo matemático que se ajusta a los datos</i> .....	40
4.7.3.	<i>Dosis estimada para alcanzar 0 UFC a diferentes espesores</i> .....	42
4.8.	<b>Verificación del modelo matemático</b> .....	45
4.9.	<b>Resultados microbiológicos de la leche cruda tratada con radiación</b> .....	46
4.10.	<b>Resultados de análisis fisicoquímicos de la leche</b> .....	46

## CAPÍTULO V

5.	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	48
----	--------------------------------	----

<b>5.1.</b>	<b>Objetivos</b> .....	48
<b>5.1.1.</b>	<i>Objetivo General</i> .....	48
<b>5.1.2.</b>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	48
<b>5.2.</b>	<b>Justificación</b> .....	48
<b>5.3.</b>	<b>Propuesta</b> .....	49
 <b>CONCLUSIONES</b> .....		50
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		51
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Composición de la leche.....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Etapas para el diseño de experimentos .....	13
<b>Tabla 3-2:</b>	Representación del diseño factorial $3^2$ .....	14
<b>Tabla 1-3:</b>	Diseño factorial $3^2$ .....	17
<b>Tabla 2-3:</b>	Mecanismo realizado con lámparas UV-C.....	18
<b>Tabla 3-3:</b>	Medidor de irradiación .....	20
<b>Tabla 4-3:</b>	Contaminación de leche pasteurizada con <i>E. coli</i> .....	21
<b>Tabla 5-3:</b>	Determinación de pH.....	22
<b>Tabla 6-3:</b>	Determinación de grasa .....	23
<b>Tabla 7-3:</b>	Determinación de sólidos totales.....	24
<b>Tabla 8-3:</b>	Determinación de sólidos no grasos .....	24
<b>Tabla 9-3:</b>	Determinación de proteínas.....	25
<b>Tabla 10-3:</b>	Análisis de <i>E. coli</i> .....	27
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados de recuento de <i>Escherichia Coli</i> .....	31
<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados de recuento de <i>Escherichia Coli</i> de muestras irradiadas.....	31
<b>Tabla 3-4:</b>	Valores de irradiación por cada tratamiento.....	32
<b>Tabla 4-4:</b>	Valores de irradiancia.....	32
<b>Tabla 5-4:</b>	Datos necesarios para la radiación de la leche .....	33
<b>Tabla 6-4:</b>	Diseño factorial, estableciendo los niveles.....	33
<b>Tabla 7-4:</b>	Resultados microbiológicos - Leche cruda.....	34
<b>Tabla 8-4:</b>	Resultados microbiológicos - Leche contaminada con <i>E. coli</i> .....	35
<b>Tabla 9-4:</b>	Resultados microbiológicos - recuento de <i>Escherichia Coli</i> .....	35
<b>Tabla 10-4:</b>	Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	38
<b>Tabla 11-4:</b>	Residuos atípicos .....	39
<b>Tabla 12-4:</b>	Análisis de Varianza ANOVA para <i>E. coli</i> .....	40
<b>Tabla 13-4:</b>	Cálculo de los factores para la ecuación de regresión .....	41
<b>Tabla 14-4:</b>	Cálculo de valores .....	43
<b>Tabla 15-4:</b>	Resultados microbiológicos - Leche contaminada con <i>E. coli</i> .....	45
<b>Tabla 16-4:</b>	Análisis microbiológicos para valores óptimos.....	45
<b>Tabla 17-4:</b>	Análisis microbiológicos - Leche cruda irradiada.....	46
<b>Tabla 18-4:</b>	Análisis físicos - químicos - Leche cruda.....	46
<b>Tabla 19-4:</b>	Análisis físicos - químicos - Leche cruda irradiada .....	47

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Proceso de aprendizaje y ciclo de retroalimentación .....	12
<b>Ilustración 1-3:</b>	Selección de muestras de leche cruda para experimentación final.....	17
<b>Ilustración 2-3:</b>	Selección de la muestra de leche a contaminar .....	17
<b>Ilustración 3-3:</b>	Lámparas UV-C de 12 Watts .....	19
<b>Ilustración 4-3:</b>	Primer Soporte del mecanismo UV-C.....	19
<b>Ilustración 5-3:</b>	Segundo soporte – vista interna .....	19
<b>Ilustración 6-3:</b>	Segundo soporte - vista frontal.....	19
<b>Ilustración 7-3:</b>	Segundo soporte - vista trasera.....	20
<b>Ilustración 8-3:</b>	Mecanismo de radiación UV-C.....	20
<b>Ilustración 1-4:</b>	Círculo eléctrico del mecanismo de radiación UV-C.....	28
<b>Ilustración 2-4:</b>	Diagrama de Flujo del código Arduino.....	30
<b>Ilustración 3-4:</b>	Gráfico de verificación de independencia.....	37
<b>Ilustración 4-4:</b>	Grafica de normalidad.....	37
<b>Ilustración 5-4:</b>	Grafica de homocedasticidad .....	38
<b>Ilustración 6-4:</b>	Gráfica de residuos atípicos .....	39
<b>Ilustración 7-4:</b>	Superficie de respuesta estimada – interacción.....	42
<b>Ilustración 8-4:</b>	Dosis estimada para alcanzar 0 UFC.....	44
<b>Ilustración 9-4:</b>	Gráfica de efectos principales para E. coli .....	44

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CÓDIGO ARDUINO

**ANEXO B:** CONTAMINACIÓN DE LA LECHE

**ANEXO C:** IRRADIACIÓN DE LA LECHE

**ANEXO D:** ANÁLISIS DE LA LECHE

**ANEXO E:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE CONTAMINADA (1)

**ANEXO F:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE IRRADIADA A 1 MIN

**ANEXO G:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE CONTAMINADA (2)

**ANEXO H:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE IRRADIADA A 8 MIN

**ANEXO I:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE CONTAMINADA (3)

**ANEXO J:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE IRRADIADA A 15 MIN

**ANEXO K:** RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LECHE IRRADIADA  
CON VALORES ÓPTIMOS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>UV-C:</b>	Ultravioleta de onda corta
<b>UV-A:</b>	Ultravioleta de onda larga
<b>UV-B:</b>	Ultravioleta de onda media
<b>PIB:</b>	Producto Interno Bruto
<b>ETA:</b>	Enfermedades de Transmisión Alimentaria
<b>LTLT:</b>	Low Temperature, Long Time / Baja Temperatura, Tiempo Largo
<b>HTST:</b>	High Temperature, Short Time / Alta Temperatura, Tiempo Corto
<b>UHT:</b>	Ultra High Temperature / Ultra Alta Temperatura
<b>NTE:</b>	Norma Técnica Ecuatoriana
<b>INEN:</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>AOAC:</b>	Association of Analytical Communities / Asociación de Comunidades Analíticas
<b>ANOVA:</b>	Analysis of Variance / Análisis de la Varianza
<b>RL:</b>	Relé
<b>RV:</b>	Potenciómetro

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de la Radiación Ultravioleta de Onda Corta (UV-C) en la leche, por lo que se contaminó leche pasteurizada con *Escherichia coli* y posterior a esto se irradiaron y realizaron pruebas microbiológicas y organolépticas en cada uno de los tratamientos en base a los requisitos de la normativa vigente de la leche pasteurizada. Se diseñó y elaboró un mecanismo con dos lámparas UV-C a un tiempo y potencia máxima, y mínima, además de recipientes donde se colocaron las muestras. Así mismo se estableció un diseño de experimentos de dos factores con tres niveles cada uno: espesores de 2, 4, 6 (mm) y dosis de 1302,016; 33839,73; 64060,7 (J/m<sup>2</sup>), este último se lo obtuvo gracias al sensor de radiación UV-C y el tiempo de exposición, seguido a esto se procedió a irradiar leche contaminada en cada uno de los recipientes y se conservó en envases esterilizados durante 48 horas donde se comprobó el efecto bacteriostático de ciertas muestras mediante el análisis microbiológico. Para los resultados se utilizó el análisis estadístico ANOVA, donde se comparó cada uno de los niveles y sus factores, generando así el modelo matemático para futuras investigaciones, también se descartaron valores atípicos y se dio un seguimiento al modelo matemático en dosis (41151,23 J/m<sup>2</sup>) y espesor (2 mm) en leche cruda, realizándose análisis físico químicos y microbiológicos antes y después del tratamiento, verificando si existió algún cambio en sus propiedades. Por lo que se concluye que la exposición de la leche a la radiación UV-C si inactivó la bacteria *E. coli* sin alterar sus propiedades, haciéndola apta para consumirla. Se recomienda aumentar el valor de potencia para disminuir el tiempo de exposición.

**Palabras clave:** <RADIACIÓN ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA UV-C>, <*Escherichia Coli*>, <LONGITUD DE ONDA>, <LECHE DE VACA>, <MODELO MATEMÁTICO>.



2402-DBRA-UTP-2022



## ABSTRACT

The objective of this research consisted of evaluating the use of Short-Wave Ultraviolet Radiation (UV-C) in milk, so pasteurized milk was contaminated with *Escherichia coli* and then irradiated and microbiological and organoleptic tests were performed in each of the treatments based on the requirements of the current regulations for pasteurized milk. A mechanism was designed and developed with two UV-C lamps at maximum and minimum time and power, as well as containers where the samples were placed. Likewise, a two-factor experimental design was established with three levels each: thicknesses of 2, 4, 6 (mm) and doses of 1302,016; 33839,73; 64060,7 ( $J/m^2$ ), the latter was obtained thanks to the UV-C radiation sensor and the exposure time, followed by irradiation of contaminated milk in each of the containers and preserved in sterilized containers for 48 hours where the bacteriostatic effect of certain samples was verified by means of microbiological analysis. For the results, the ANOVA statistical analysis was used, where each of the levels and their factors were compared, thus generating the mathematical model for future research, outliers were also discarded and the mathematical model was followed up in dose ( $41151,23 J/m^2$ ) and thickness (2 mm) in raw milk, performing physical, chemical and microbiological analyses before and after treatment, verifying if there was any change in its properties. Therefore, it is concluded that the exposure of milk to UV-C radiation did inactivate the *E. coli* bacteria without altering its properties, making it suitable for consumption. It is recommended to increase the power value to decrease the exposure time.

**Key words:** <ULTRAVIOLET SHORT-WAVE UV-C RADIATION>, <*Escherichia coli*>, <WAVE LENGTH>, <COW MILK>, <MATHEMATICAL MODEL>.



Abg. Ana Reinoso Espinoza MSc.

110369613-2

## **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de los años, la industria alimentaria ha utilizado el proceso de pasteurización para la eliminación de microorganismos en varios productos como jugos, leche, y bebidas en general. Sin embargo, el efecto que puede producir este proceso térmico en cuanto a las disminuciones de propiedades fisicoquímicas y organolépticas; ha incentivado a la comunidad científica de buscar nuevas alternativas, en medio de una comunidad de consumidores exigentes.

Investigaciones apuntan a que el uso de la radiación ultravioleta en los alimentos ayuda a la conservación de los mismos, pero es importante identificar que existen tres tipos de radiación UV y es importante identificar cada una de ellas debido a que una en específico es la que nos permite un efecto bacteriostático, tal es el caso de la Radiación ultra violeta de onda corta UV-C, el cual diferentes estudios proponen como un método viable a tomar en cuenta ya que se conservan en gran medida propiedades que en los métodos térmicos se puede disminuir, además de los costos de implementación y mantenimiento, pero sin las suficientes pruebas para llevarlo a un nivel industrializado y en una gran variedad de productos alimenticios.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

La leche de vaca es el producto de origen animal que más se consume en el mundo; recién ordeñada puede ser consumida en un máximo de 48 horas después de haberla hervido. A pesar de esto, el solo hervir la leche no asegura la eliminación del 100% de los organismos patógenos. (Chicaiza, 2020, pp.45-47).

Factores como la contaminación del entorno, los aditivos químicos, el crecimiento de patógenos, y la descomposición de nutrientes pueden afectar la calidad de la leche. Estos se pueden presentar directa o indirectamente, a través de materiales contaminados, equipos defectuosos e inadecuada manipulación, por lo que es necesario realizar una pasteurización y así poder evitar o reducir el riesgo al mínimo (Food and Agriculture Organization, 2022, p.2). Algunos de estos microorganismos que pueden existir son: la *salmonela*, *Escherichia coli*, *Estafilococos*, entre otros más, que afectan a la seguridad alimentaria del producto y causando enfermedades en la población.

La pasteurización es el proceso que consiste en destruir la totalidad de microorganismos, que pudiese estar en la leche mediante el empleo apropiado de energía calorífica; procurando no alterar su estructura física, su equilibrio químico, vitaminas y minerales (Veisseyre & Ventanas, 1988, pp.41-42). Sin embargo, una leche pasteurizada no contiene los mismos nutrientes que una leche recién ordeñada, ya que gran cantidad de los nutrientes se pierden en la pasteurización, entre ellos y el más importante, el calcio, disminuyendo así el valor nutritivo de este producto.

A pesar de que en la industria existan varios tipos de pasteurización, estos son procesos térmicos en donde los pequeños productores no pueden costearlo debido a factores como: el alto consumo de energía, los costes de mantenimiento, la instalación de los equipos y, el riguroso control para mantener el producto a las temperaturas adecuadas, antes, durante y después del proceso.

Existen algunas alternativas que permiten conservar en gran medida los componentes nutricionales importantes de la leche, tal es el caso de la radiación de onda corta (UV-C), algunos trabajos de investigación definen que es seguro el uso de este proceso para la pasteurización de la leche, tal es el caso de Papademas et al, (2021, pp.1-10) en el que utilizan un sistema de UV-C con flujo turbulento, reduciendo los niveles de bacterias para la leche de burra, y demuestra también que se puede realizar este procedimiento para reducir los patógenos y la flora bacteriana responsable del deterioro en los zumos de frutas, vino y la leche de vaca.

## **1.2. Limitaciones y delimitaciones**

Mediante el análisis microbiológico, fisicoquímico y organolépticos se evalúa la contribución experimental del uso de la Radiación UV-C como una alternativa a los tratamientos térmicos de pasteurización permitiendo corroborar la viabilidad y eficacia de este tratamiento en la investigación.

## **1.3. Problema General de Investigación**

¿El uso de la radiación UV-C puede ser una alternativa a los tratamientos térmicos de pasteurización que existen en la industria, teniendo en cuenta la calidad, propiedades y composición de la leche?

## **1.4. Problemas específicos de investigación**

- ¿Cómo se realizaría el mecanismo capaz de emitir diferentes valores de irradiación y cuáles serían sus variables?
- ¿Existen estudios o trabajos de investigación que propongan un modelo experimental del proceso y validen el uso de Radiación de onda corta UV-C como un tratamiento y bacteriostático en la leche?
- ¿Cuáles son los parámetros óptimos y adecuados que se debería tomar en cuenta durante el proceso de irradiación de la leche, para cumplir con las normas vigentes?

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1. Objetivo General***

- Evaluar el uso de la radiación ultravioleta de onda corta UV-C como alternativa a los tratamientos térmicos tradicionales utilizados en la pasteurización.

### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

- Diseñar y construir un mecanismo capaz de emitir diferentes valores de irradiación UV-C sobre las muestras.

- Diseñar, correr y analizar un experimento que permita evaluar la cantidad de *Escherichia Coli* en función de la radiación aplicada, espesor de la película de la leche y tiempo de exposición a la radiación.
- Determinar los parámetros óptimos (dosis y tiempo) que permitan alcanzar los requisitos establecidos en la normativa vigente (INEN 10:2012).

## **1.6. Justificación**

### ***1.6.1. Justificación Teórica***

La industria láctea se considera una de las fuentes de trabajo en toda la cadena de valor en Ecuador, con un gran impacto socioeconómico, desde el ganadero hasta el comerciante, representando el 13.41 % del PIB Agroalimentario del Ecuador y el 1.3% en el PIB (Producto Interno Bruto) Nacional del año 2019, siendo este año el último antes de la pandemia (Food News Latam, 2020, p.4).

En la actualidad el consumo de leche y productos lácteos en Ecuador se ha ralentizado en general, proyectando un consumo per cápita de 100 litros por año. Sin embargo, está por debajo de la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de al menos 150 litros per cápita por año (Ministerio de Agricultura, 2014, p.2).

Esto debido a que la leche ofrecida por los pequeños productores, no se encuentra dentro de los estándares establecidos por los organismos de control, el costo de venta directo desde el productor no alcanza los precios justos. Actualmente el costo de leche cruda en el Ecuador bordea los \$0.25 a \$0.42 y de leche pasteurizada de \$0,85-\$0,99 dependiendo de la región y la presentación (Moreta, 2021, p. 2). Además, la mayoría los pequeños productores utilizan leche no pasteurizada en la elaboración de algunos productos derivados de la leche, lo que ocasiona un riesgo para los consumidores.

Por este motivo el presente trabajo se enfoca en el diseño experimental y la evaluación del uso de la Radiación de onda corta (UV-C) en la pasteurización con la finalidad de que se permita mejorar las condiciones del producto de manera fisicoquímica como microbiológica y tenga valor agregado, beneficiando al sector ganadero, y agrícola del país.

### ***1.6.2. Justificación Metodológica***

Se ha demostrado que el uso de radiación UV-C, mejora la calidad de diversos productos de consumo humano, por ejemplo sirve como alternativa a la cloración en el agua, además de que es muy utilizado en la industria alimentaria por no afectar la temperatura del alimento, su composición y características, lo que evita la formación de microorganismos y patógenos,

asimismo de que es una tecnología limpia que no genera residuos químicos siendo una opción económica viable, ya que tiene un bajo consumo de energía, mantenimiento, funcionamiento e inversión (Papademas et al, 2021, pp.1-10).

En la investigación de Atik & Gumus, (2021, pp.11-22) también obtuvieron resultados positivos. Usando lámparas de luz negra que proporcionan la radiación UV-C, una bomba peristáltica, tubos de conexión de poliuretano dentro de un reactor de acero inoxidable, con una pared doble para circular agua que funcione como refrigerante. En la que redujeron considerablemente las cantidades de microorganismos y moho hasta un nivel indetectable.

En un estudio realizado por Choudhary & Bandla, (2012, p.12-15) se obtuvieron resultados de una disminución aproximadamente del 60% al aplicar la luz ultravioleta UV-C, y se comprobó la eficacia de los reactores UV en la inactivación de *E. coli* y *Bacillus cereus* en la leche cruda de vaca, leche desnatada procesada y la leche de soja.

### **1.6.3. Justificación Práctica**

El diseño experimental permitirá establecer un modelo matemático que relacione la dosis óptima a utilizar en la esterilización de la leche para la eliminación de microorganismos. Además, será el fundamento teórico en el diseño de elaboración de equipos industriales que utilicen la radiación de onda corta como una alternativa a la pasteurización, reduciendo costos de inversión, mantenimiento y de producción, e inclusive que cumplan con las normas y estándares vigentes de calidad e inocuidad. Contribuyendo a los pequeños productores de leche del Ecuador, proporcionando alternativas más económicas, sustentables y eficientes en las que puedan mejorar la calidad de la leche, elevando los estándares del producto y por ende se dé una remuneración justa en la venta de la materia prima.

### **1.7. Hipótesis**

El uso de Radiación UV-C para un diseño experimental en el tratamiento de leche tiene un efecto bacteriostático, y no toxico, capaz de conservar las propiedades nutricionales de la leche, esto con la finalidad de que sea apto para el consumo humano.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

En 1801 la radiación Ultravioleta (UV) fue descubierta por Ritter Johan, al investigar la descomposición del cloruro de plata por la luz, dando a conocer que era un tipo de radiación no ionizante, con longitud de onda entre 100 a 400 nm, dividiéndose en UV-A, UV-C, UV-B (Andrade, 2019, p.14). La irradiación de los alimentos se dio a conocer en el año de 1921, el cual fue usado para eliminar una bacteria que estaba presente en la carne de cerdo de nombre *Trichinella spiralis*. Diez años más tarde un equipo de científicos fueron los que propusieron el proceso de conservación de los alimentos por irradiación, pero no fue hasta el año de 1945, que esta nueva tecnología se hizo rentable, el cual años más tarde se fueron realizando investigaciones en Estados Unidos acerca del uso de las radiaciones para eliminar los agentes patógenos en los alimentos (Martínez, 2018, pp.12-14).

La radiación ultravioleta de onda corta (UV-C) ha sido un tema a investigar en la industria de los alimentos, ya que gracias a este tipo de irradiación y su poder germicida, ayuda a la conservación y eliminación de los microorganismos que puedan dañar el producto a consumir, generalmente es usado en alimentos sólidos como lo son frutas, hortalizas o alimentos ya procesados, en los líquidos es empleado generalmente en el agua, seguido a jugos o bebidas refrescantes y se ha visto muy poco como un método diferente o alternativa para la eliminación de agentes patógenos presentes en la leche debido a que es un líquido opaco, además de que se usen los distintos métodos tradicionales como lo es la pasteurización.

La radiación UV-C, resulta una alternativa tecnológica para las industrias, ya que además de ser muy económicas, son amigables con el medio ambiente, sin dejar rastro del producto a tratar (Andrade, 2019, p. 14).

Como se mencionó, la radiación UV-C generalmente se lo aplica en la desinfección del agua, debido a que es un líquido incoloro, y la manera en la que penetra estos rayos UV-C es muy práctica y fácil. Estudios realizados en la desinfección bacteriana para el agua de (Rossel et al., 2020, pp.68-77), el mecanismo que realizaron consistió en dos lámparas que emiten radiación UV-C con una potencia de 15 W, una dosis de  $0.00176 \text{ W/cm}^2$ , y una longitud de onda de 245 nm, generando buenos resultados en la cantidad de coliformes totales, dando así una calidad del agua apta para el consumo humano. La inactivación microbiana en frutas según los estudios realizados por Millán et al. (2015, pp.454-469), se lo elabora de manera similar a la desinfección del agua, los parámetros a tomar, es el tiempo, la intensidad de irradiación, la dosis y la distancia con la que se encuentran las frutas, el tiempo depende de la matriz de la fruta, dando un rango de uno a cinco

minutos, con la finalidad de extender el tiempo de vida de la fruta, también se han realizado estudios en hortalizas y verduras, las cuales con los análisis de referencia adecuados, se determina que si existe mejoras.

La leche que es consumida por los seres humanos, se basa en ciertos estándares de calidad ya que este producto es muy susceptible a contaminarse, ocasionando posibles enfermedades, además de que se dé el deterioro inmediato del alimento, es por ello que se somete a diferentes técnicas de conservación e inocuidad como lo es la pasteurización y esterilización siendo tratamientos térmicos seguros a la hora de inactivar las bacterias, pero en temas de calidad y valor nutricional se vuelve deficiente, es por ello que se han llevado a cabo varios métodos para tratar los alimentos sin la necesidad de que se requiera calor, donde la luz ultravioleta (UV-C) forma parte de ello, siendo un tratamiento eficaz para tratar la leche cruda, conservando así el valor nutricional (Giraldo, 2018, pp.10-17).

## **2.2. Referencias Teóricas**

### **2.2.1. Leche**

La leche es una secreción que se da de manera natural en las glándulas mamarias de los seres vivos, específicamente en los mamíferos, el cual sirve como alimento en los primeros meses o años de los recién nacidos. Los seres humanos, consumimos leche de ciertos animales que actualmente han sido domesticados como lo es el animal vacuno. Para la formación de la leche de vaca, lleva un proceso tanto de alimentación como del nivel de energía que se realiza durante el día, llamado lactogénesis, es decir, los nutrientes que sean consumidos serán transportados por la sangre produciendo así la leche (Estrada, 2011, pp.9-15).

#### **2.2.1.1. Importancia y composición**

La composición de la leche se divide en un 82% a 82.5% de agua; 12 a 13 % de sólidos totales y solo representará un aproximado del 9% referente a sólidos no grasos, es decir, esto será el valor nutritivo de la leche de la vaca, el cual se tiene el contenido de proteínas, calcio, fósforo, diversas vitaminas y minerales (Agudelo & Bedoya, 2005, pp.38-48). Como se muestra en la Tabla 1-2:



**Tabla 1-2:** Composición de la leche

Composición	Descripción
Proteínas	La leche contiene proteínas muy importantes denominados: La albúmina está presente en un 0.5 %, contiene aminoácidos esenciales, pero al ser sometida al calor es desnaturalizada con mucha facilidad. Las globulinas, se encuentran en mayor cantidad cuando son los primeros días de lactancia, también llamado calostro, esta proteína son anticuerpos, se localizan también en el torrente sanguíneos formando así parte del sistema inmunológico y sirve para eliminar y/o neutralizar agentes patógenos tanto del cuerpo como externos. Caseína: Representa más del 82 % contiene calcio y se usa como suplemento proteico para deportistas.
Minerales	Los minerales presentes en la leche de vaca en la membrana de los glóbulos grasos son: calcio, hierro, cobre, magnesio, sodio, fósforo y zinc.
Agua	Al ser el mayor porcentaje presente en la leche, aquí se encuentran dispersos todos los componentes, las proteínas forman un coloide, por otro lado, la lactosa y sales presentes están en forma de solución obteniendo su propia densidad.
Lactosa	Representa el 3% de la leche a manera de partículas suspendidas, en la actualidad, varias personas presentan problemas al consumir la leche debido a la lactosa por lo que la mayoría de las empresas lácteas realizan un pretratamiento.
Vitaminas	Varias vitaminas forman parte de la leche, las cuales son, A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, C, carotenos, nicotinamida, biotina, ácido fólico.
Enzimas	Las enzimas presentes en la leche de vaca son necesarias para tener una referencia acerca de la calidad de la leche, para así saber si existen alteraciones y de aporte nutricional no aportan en tal grado alimenticio. Tomar en cuenta que ciertas enzimas presentes en la leche como la lipasa dan un sabor rancio cuando la leche es expuesta al ambiente

**Fuente:** Agudelo & Bedoya, 2005, pp. 38-48.

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 2.2.1.2. Agentes patógenos presentes en la leche

La leche debe mantener estándares de calidad, desde que empieza el proceso de obtención (ordeñado). Se debe tener una estricta asepsia debido a que posteriormente va a influir en la carga microbiana. La leche es un gran lugar de reserva de bacterias de microorganismos mesófilos, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp* y coliformes (Rosales & García, 2017, pp.134-153), ya que a temperaturas específicas entre 20 a 45 °C la reproducción puede llegar a ser de manera exponencial (Schiraldi & Rosa, 2014, pp.1-2), causando enfermedades de transmisión alimenticia (ETA).

### **2.2.2. Métodos térmicos para la leche:**

#### **2.2.2.1. Pasteurización**

El proceso de pasteurización de la leche se basa en el calor, se somete a una temperatura requerida por un tiempo determinado, para así eliminar todos los microorganismos, además de inactivar las enzimas y alargar el consumo de la leche (Borrás, 2020, pp.4-6)

Existen varios tipos de pasteurización, las cuales se diferencian por la temperatura y el tiempo a las cuales se somete la leche:

- Bajas temperaturas por largo tiempo (LTLT): La leche va a estar por un tiempo de 30 min a 61 °C aplicado por lotes.
- High Temperature Short Time (HTST): La leche estará a 73°C por 15 s, sometido a un proceso continuo.
- Ultra-High Temperature (UHT): La leche es sometida a una temperatura de 150°C por menos de un segundo, de ahí su significado “Ultra alta temperatura”.

#### **2.2.3. Acciones de Irradiación**

A diferencia de los diversos métodos de la conservación de los alimentos, el usar la radiación no ionizante es uno de los procesos que se ha usado por varios años para alargar el tiempo de vida. Este tratamiento es un método seguro, referente a la tecnología de alimentos, haciendo de este un proceso sencillo, evitando las ETA. El proceso consiste en poner cierto producto alimenticio u objeto, una cantidad específica de radiación dado por una fuente de radioactividad, si no se coloca una dosis adecuada, puede alterar el producto hasta tal punto de llegar a dañarlo, es por ello por lo que se debe fijar límites que ayuden a tener un nivel de referencia tanto para el mínimo o máximo de irradiación (Martínez, 2018, pp.12-14).

La radiación ultravioleta UV es la radiación electromagnética cuya longitud de onda va de los 400 nm y los 100 nm, su nombre proviene de que su rango empieza desde longitudes de onda más corto de lo que los humanos identificamos como el color violeta (Giraldo, 2018, pp.0-17).

##### **2.2.3.1. Radiación UV-A**

La radiación UV-A de onda larga, es formada por más del 90 % de radiación que emite el sol llegando hasta la zona del planeta, la longitud de onda va desde los 315 – 400 nm, un ejemplo de este uso son las lámparas de secado para uñas con longitudes de onda de 350 nm (Guevara, 2018, pp.8-9).

#### 2.2.3.2. Radiación UV-B

La radiación UV-B de onda media comprende una longitud de onda de 280-315 nm, es un tipo de radiación que afecta a las personas, generando quemaduras en la piel causando cáncer (Guevara, 2018, pp. 8-9).

#### 2.2.3.3. Radiación UV-C

La radiación UV-C de onda corta, es una alternativa a los métodos convencionales de eliminación de las bacterias, debido a que este tipo de tratamiento permite esterilizar sin la necesidad de usar fuentes de calor. La longitud de onda que comprende la radiación UV-C, va de 100 nm hasta los 280 nm, siendo 254 nm lo establecido para que se pueda tener un buen efecto germicida (Giraldo, 2018, pp. 10-17).

#### 2.2.3.4. Aplicaciones de la radiación UV-C

En la actualidad el uso que se le da a la radiación UV-C, es muy diversificada, la aplicación más común a nivel industrial es el tratamiento que se le da en la purificación del agua para el consumo humano, evitando añadir compuestos o reactivos que sean perjudiciales; en la industria alimentaria, se lo aplica para la inactivación microbiana en frutas, verduras, hortalizas, jugos, vinos, cerveza; la industria farmacéutica y cosmética. Además, su uso se extiende a laboratorios, hospitales o las fábricas que realizan todo tipo de empaques (Giraldo, 2018, pp.10-17).

#### 2.2.3.5. Inactivación de los microorganismos

- *Dosis*

La dosis es la cantidad a la cual un objeto o cualquier organismo vivo es expuesto a una determinada radiación, en un cierto período de tiempo (Millán et al, 2015, pp.454-469).

Para saber una dosis de radiación aplicada exacta según Synertech, (2021, p.9) citando a la Illuminating Engineering Society (Sociedad de Ingeniería de Iluminación) recomienda una dosis de 6600 mJ/cm<sup>2</sup> para la eliminación de un 99,0% de bacterias *E. coli*, y para una eliminación del 99.99% de las bacterias una dosis de 12000 mJ/cm<sup>2</sup> tomando en cuenta diversos factores, la distancia, el espesor, y las características de la muestra a irradiar.

- *Tiempo*

El tiempo determina la constancia o duración a la cual va a estar expuesto la sustancia a irradiar, con la finalidad de que no se alteren sus propiedades organolépticas o fisicoquímicas, El tiempo siempre va a depender de muchos factores, desde el tipo de flujo, alimento u objeto hasta la dosis, intensidad y espesor de la muestra, determinando un rango mínimo y máximo para inactivar los microorganismos (Millán et al, 2015, pp.454-469).

- *Irradiancia*

La irradiancia es una magnitud de radiación electromagnética, que se utiliza para determinar la potencia que ejerce por el área de superficie  $W/m^2$ , los valores de irradiancia serán tomados a partir del medidor de radiación UV-C, para obtener datos que serán necesarios a la hora de obtener la dosis requerida para la inactivación de los agentes patógenos. Es necesario saber que la irradiancia es muy diferente a la radiancia, esta última se mide en  $W/m^2sr$ , y “es expuesto por un área en especial (flujo de radiación), en un sólido ángulo generado en una específica dirección (estereorradián)” (Oliver & Guevara, 2018, pp.4-6).

- *Espesor de la muestra*

El espesor de la muestra es medida en magnitudes de longitud, debido a que la leche al ser un líquido opaco es probable que los rayos UV-C no penetren en todos sus alrededores, entonces lo que se quiere lograr de manera experimental es que se dé una irradiación uniforme. Estos valores se podrán variar acorde lo que se necesite.

#### **2.2.4. Análisis Físicos-Químicos**

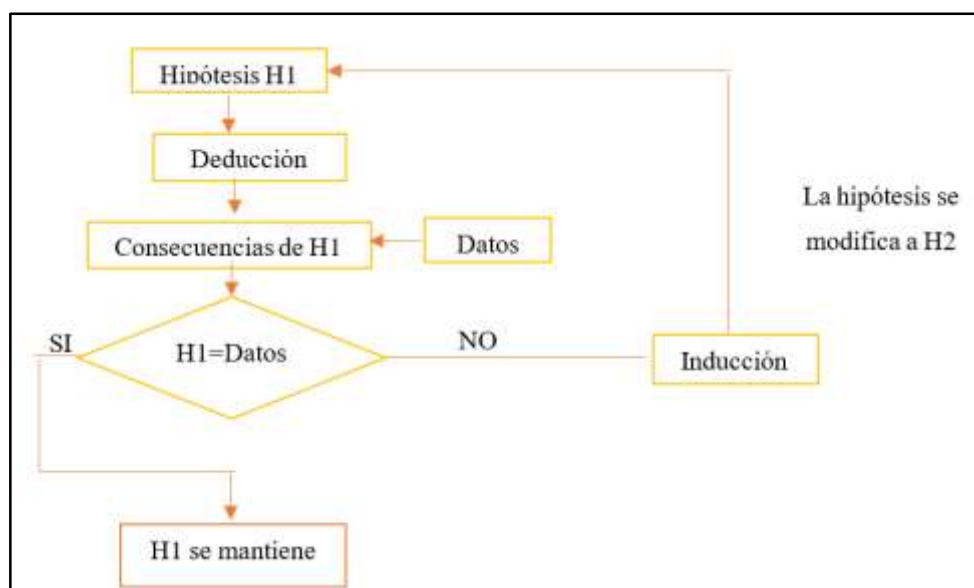
Los análisis físicos – químicos necesarios que se realizará a las muestras serán proteínas, pH, Solidos totales, solidos no grasos y grasa y van a depender de la Normativa Técnica Ecuatoriana de Leche Pasteurizada. Requisitos NTE INEN 10:2012.

#### **2.2.5. Análisis Microbiológicos**

El análisis microbiológico, es el uso de métodos bioquímicos, biológicos, moleculares o químicos para la detección, identificación o enumeración de microorganismos en un material (por ejemplo, bebidas, alimentos, muestras ambientales o clínicas). A menudo se aplica a microorganismos causantes de enfermedades y deterioro (Quagmire, 2017, p.2).

### 2.2.6. Diseño Experimental

El diseño de experimentos se encarga de definir el tipo de pruebas y la cantidad que se deben realizar, además de especificarnos en la manera que se debe tratar las muestras, con el objetivo de recoger datos que puedan ser analizados de forma estadística para que se mejore o solucionen ciertos problemas que se hayan presentado previo al diseño de experimentos. Se dará una hipótesis inicial denominado “proceso de deducción” donde se compara tanto datos como hipótesis y se confirma ambos parámetros, pero por otro lado tenemos a un “proceso de inducción”, donde no siempre los valores que arrojan los datos van a ser igual a la hipótesis inicial, es ahí cuando se procede a modificar (Gutiérrez & De la Vara, 2008, pp.22-47) como se muestra en la Ilustración 1-2.



**Ilustración 1-2:** Proceso de aprendizaje y ciclo de retroalimentación

**Fuente:** Gutiérrez & De la Vara, 2008, pp.22-47.

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 2.2.6.1. Etapas presentes en el diseño de experimentos

El objetivo general de los diseños de experimentos es delimitar el número de tratamientos y repeticiones que se van a necesitar, tomando en cuenta que se deben establecer varias etapas y cada una de estas con ciertas actividades especificadas en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Etapas para el diseño de experimentos

<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Descripción</b>
Planeación y realización	Delimitación del problema.	Investigaciones previas, para comprender el tema
	Elección de variables de respuesta.	Elegir las variables, métodos e instrumentos de medición que mejor expresen los resultados que manifieste el problema.
	Determinar factores a tratar.	Los estudios o investigaciones para considerarlos los factores
	Selección del diseño de experimentos.	Se establece el número de tratamientos y repeticiones, considerando costos, tiempo y la precisión.
	Organización del trabajo de experimentos.	Una vez establecido el diseño de experimentos se debe organizar y planear de manera detallada el trabajo experimental.
	Ejecutar el experimento.	Una vez establecido lo anterior, se realiza el experimento.
Análisis	Métodos estadísticos.	Resultados experimentales u observaciones muestrales, la técnica estadística más utilizada es el análisis de varianza ANOVA.
Interpretación	Elegir el mejor tratamiento.	Interpretación y análisis de los resultados, escogiendo al tratamiento que más acierte.
Finalización	Conclusiones.	La conclusión a la cual se llega luego de haber escogido al mejor tratamiento.

**Fuente:** Gutiérrez & De la Vara, 2008, pp.22-47.

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 2.2.6.2. Clasificación y selección del diseño de experimentos

Los diseños de experimentos son muy variados y depende del problema a resolver, estos diseños tienen cinco aspectos que influyen al momento realizar la selección:

1. Finalidad del experimento
2. Cantidad de factores a examinar
3. En cada factor, determinar el número de niveles
4. Realizar la relación factor-respuesta de lo que se desea investigar
5. Costos de experimentación

El tipo de diseño a elegir corresponderá a la clasificación de “*diseños para estudiar el efecto de varios factores, sobre una o más variables de respuesta*”, debido a que se tendrán dos factores que son el espesor de la película y dosis de radiación aplicada. Dentro de esta clasificación se tiene los diseños factoriales de tipo  $2^k$ ,  $3^k$ ,  $2^{k-p}$ ; la clasificación restante, no serán tomados en cuenta debido a que sirven para diversas situaciones como comparar tratamientos, optimizar procesos, entre otros (Gutiérrez & De la Vara, 2008, pp.22-47).

### 2.2.6.3. Diseños factoriales

Este tipo de diseño ayuda a los efectos de distintos factores donde se tiene una o varias respuestas del estudio a realizar, existen factores de tipo cuantitativo y cualitativo. La matriz de diseño será la agrupación de los tratamientos con las posibles combinaciones, donde k representa los factores, y el número 2 o 3 corresponde a los niveles de prueba. La cantidad de corridas experimentales se da gracias a la multiplicación de las réplicas por los tratamientos que se vayan presentando y solo uno de ellos será el que más se acerque a lo que se necesita (Gutiérrez & De la Vara, 2008, pp.22-47).

- *Diseño Factorial  $3^k$*

Diseño  $3^2$ : Un diseño factorial de este tipo, ayuda al análisis del efecto que causan dos factores, tomando en cuenta que en cada uno de estos existirá tres niveles. El total de tratamientos será 9 ( $3 \times 3 = 9$ ), la manera de representar este diseño se especifica en la Tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Representación del diseño factorial  $3^2$

<b>Tratamientos</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
1	Bajo	Bajo
2	Medio	Bajo
3	Alto	Bajo
4	Bajo	Medio
5	Medio	Medio
6	Alto	Medio
7	Bajo	Alto
8	Medio	Alto
9	Alto	Alto

**Fuente:** Gutiérrez & De la Vara, 2008, pp.22-47.

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 2.2.6.4. Análisis de varianza ANOVA

El análisis de varianza (ANOVA) es una técnica que se utiliza para analizar de manera sencilla datos que se obtuvieron de la experimentación, el principio de esto es desglosar la variación total e ir observando en cada uno de estas, para realizar este análisis de los datos de la muestra de la leche, será necesario utilizar un software (Gutiérrez & De la Vara, 2008, pp.22-47).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque de investigación

##### 3.1.1. *Método Cuantitativo*

Con el método cuantitativo, se determinó el número de corridas experimentales que se realizaron, esto tomando en cuenta el diseño de experimento elegido ( $3^k$ ), donde k es el número variables independientes que se tomó en cuenta durante la investigación para los respectivos análisis estadísticos.

##### 3.1.2. *Método Deductivo*

La radiación Ultravioleta de onda corta, al tener un efecto germicida a 254 nm, es capaz de inactivar las bacterias en este caso *Escherichia coli* por lo cual se lo aplicó en la leche.

##### 3.1.3. *Método inductivo*

Se contaminó leche pasteurizada por la bacteria *Escherichia coli* para aplicar radiación UV-C y comprobar el efecto germicida para establecer recomendaciones y conclusiones, en base a los hechos y resultados.

#### 3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación en este trabajo es de carácter explicativo ya que va más allá de una definición de conceptos, trata además de responder la eficacia y los efectos que tendrá la radiación UV-C en la leche, comparando y explicando los parámetros y variables necesarios para obtener resultados viables en cuanto a inocuidad en la leche se refiere, comparándolo además con las Normas de Calidad del país.



### **3.3. Diseño de investigación**

#### ***3.3.1. Según la manipulación o no de la variable independiente***

El diseño de investigación para el tratamiento de la leche con la radiación UV-C es de tipo experimental, ya que se manipuló leche pasteurizada para contaminarla con cultivos de *E. coli* y a su vez, se modificaron las variables establecidas, que es la dosis y el espesor de la muestra sobre la leche contaminada, para posterior a eso tratar a la leche cruda.

#### ***3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo***

Las intervenciones para la radiación UV-C es de tipo transversal, debido a que la investigación se realizó por un corto período, donde se recogieron y analizaron datos, realizando el análisis ANOVA respectivo para la selección del tratamiento que mejor se acople a resolución de la hipótesis investigativa.

### **3.4. Tipo de estudio**

El tipo de estudio para la leche contaminada es de laboratorio, debido a que estas muestras se experimentaron en un ambiente controlado para evitar la proliferación de la bacteria *E. coli* evitando así datos sesgados; para los análisis finales que se hicieron en la leche cruda, fue un estudio de campo, debido a que se realizó en un ambiente natural no controlado.

### **3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra**

#### ***3.5.1. Población y planificación***

La población de estudio corresponderá a la leche cruda la cual será receptada directamente del sector campesino para los análisis finales cuando se obtenga los factores correctos que reduzcan los microorganismos, y leche pasteurizada que es comercializada. Se planifica que por semana se necesitará tres litros de leche pasteurizada y así generar las distintas corridas experimentales.

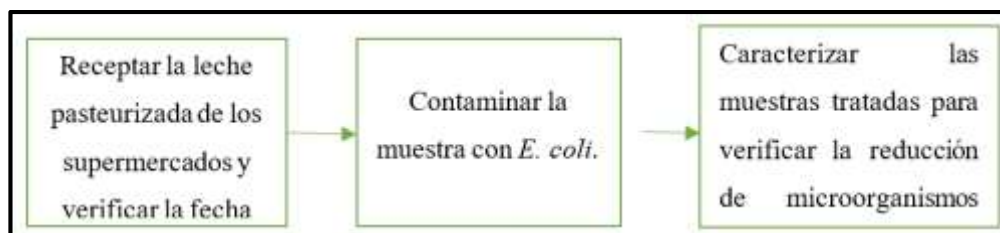
#### ***3.5.2. Selección de muestra***

La selección de la muestra de la leche a tratar se realizará mediante el proceso dado por: Ilustración 1-3 e Ilustración 2-3.



**Ilustración 1-3:** Selección de muestras de leche cruda para experimentación final

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



**Ilustración 2-3:** Selección de la muestra de leche a contaminar

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.5.3. Tamaño de la muestra

Como referencia para el tamaño de la muestra, se tomó un valor de 3L de leche pasteurizada previamente contaminada con *E. coli* con una cantidad de microorganismos ya cuantificados, para evitar la formación de datos sesgados, seguido a esto se realizó las corridas experimentales, con tiempos establecidos y datos de irradiancia que dependerán del equipo medidor de irradiación y el espesor de la muestra, como se representa en la Tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Diseño factorial 3<sup>2</sup>

Repeticiones	Tratamientos	Dosis (J/m <sup>2</sup> )	Espesor de la muestra (mm)
3 repeticiones	1	Bajo	Bajo
	2	Medio	Bajo
	3	Alto	Bajo
	4	Bajo	Medio
	5	Medio	Medio
	6	Alto	Medio
	7	Bajo	Alto
	8	Medio	Alto
	9	Alto	Alto

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

#### 3.6.1. Lámparas UV-C

Se realizó el diseño necesario para el mecanismo que permitió emitir diferentes valores de irradiación UV-C sobre las muestras, el procedimiento es detallado en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Mecanismo realizado con lámparas UV-C

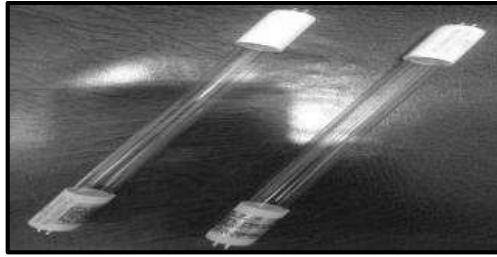
MECANISMO ELABORADO CON LAS LAMPARAS UV-C
PROCEDIMIENTO:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar las muestras de leche en los recipientes, con el espesor establecido en cada corrida experimental con unidades de medida en mm.</li><li>• Encender el equipo.</li><li>• Modificar la potencia requerida para poder obtener la dosis</li><li>• Medir la irradiancia</li><li>• Tomar el tiempo necesario</li></ul>

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 3.6.2. Descripción del mecanismo con las lámparas UV-C

Se necesitaron dos lámparas UV-C de 12 Watts, de efecto germicida, con una longitud de onda de 254 nm. Conectando ambas lámparas en serie para que tengan una potencia de 24 Watts en total, este mecanismo está constituido por una cubierta de acero inoxidable en forma de arco con la finalidad de que la radiación solo se dirija hacia el objetivo que en este caso es la leche. A los extremos, se localizan soportes impresos en 3D, con su previo diseño en SolidWorks, el segundo soporte, sostiene al circuito para que las lámparas enciendan, finalmente, consta con un código Arduino, el cual permite manipular el tiempo y potencia utilizando dos botones (encendido y arranque) y dos perrillas (tiempo y potencia), para así variar la dosis aplicada.

Por otro lado, se realizó un diseño de recipientes impresos en 3-D con una capacidad de 20 ml cada uno, se realizaron las dimensiones necesarias acorde a los espesores para colocar las muestras de leche.



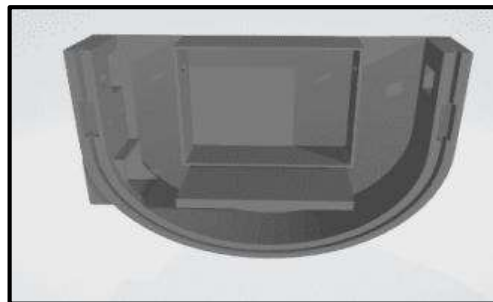
**Ilustración 3-3:** Lámparas UV-C de 12 Watts

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



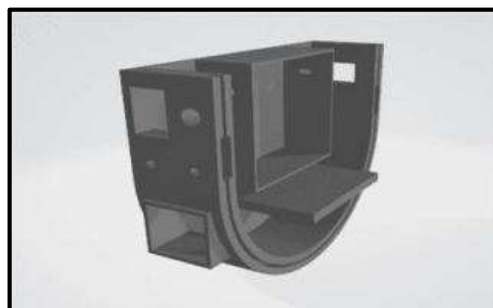
**Ilustración 4-3:** Primer Soporte del mecanismo UV-C

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



**Ilustración 5-3:** Segundo soporte – vista interna

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



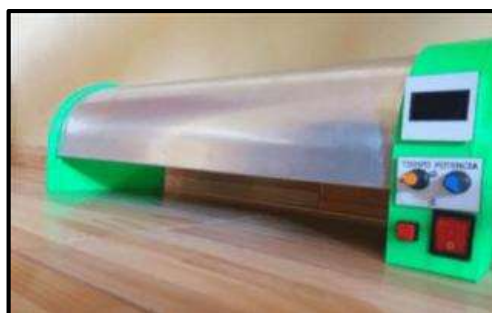
**Ilustración 6-3:** Segundo soporte - vista frontal

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



**Ilustración 7-3:** Segundo soporte - vista trasera

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



**Ilustración 8-3:** Mecanismo de radiación UV-C

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.3. Medidor de la irradiancia y obtención de la dosis

El equipo medidor de irradiación utilizado es el modelo LS126C, el cual mide un rango de longitud de onda UV-C de 200 nm a 280 nm, además de proporcionar gráficas, valores mínimos, máximos y promedios de los datos tomados durante el tiempo en que se utiliza el sensor, y diversas funciones que posee el equipo. El procedimiento para obtener valores se detalla en la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Medidor de irradiación

EQUIPO MEDIDOR DE RADIACIÓN UV-C
<b>PROCEDIMIENTO</b>
Encender el equipo de medición de radiación UV-C
Encender el mecanismo de las lámparas UV-C
Colocar el medidor UV-C directamente a las lámparas UV-C para obtener datos de irradiación.
Establecer el intervalo de tiempo y potencia en el equipo.
Pulsar el botón de encendido nuevamente para tomar datos de irradiación
Tomar el tiempo necesario.

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.4. Contaminación de la leche

Con la bacteria *Escherichia coli* que fue aislada y sembrada mediante un queso descompuesto se procedió a contaminar leche pasteurizada, dicho procedimiento se muestra en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Contaminación de leche pasteurizada con *E. coli*

CONTAMINACIÓN DE LA LECHE PASTEURIZADA	
Materiales y equipos:	Sustancias y reactivos
Cajas Petri esterilizadas	Leche pasteurizada
Placa con medio de cultivo para <i>E. coli</i>	Cultivo de <i>E. coli</i>
Estufa	Agua peptonada
	Queso contaminado
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proceder a realizar la siembra de <i>Escherichia coli</i>, a partir de una muestra contaminada de queso; para ello se debe pesar 10 g de la muestra y colocar en 90 ml de agua peptonada.</li> <li>➤ Dejar reposar por unos 10 minutos y proceder a sembrar 1 ml de la muestra en una placa con medio para <i>Escherichia coli</i>.</li> <li>➤ Colocar la placa en la estufa a 37°C durante 24 horas y esperar el crecimiento de la bacteria.</li> <li>➤ Luego de 24 horas se evidenció el crecimiento de <i>Escherichia coli</i> y se procedió a contaminar la leche pasteurizada.</li> <li>➤ Se tomó 10 ml de la solución de agua peptonada contaminada con la muestra de queso y colocó en la leche pasteurizada (10 ml solución contaminada / litro de leche).</li> <li>➤ Tapar y dejar reposar por 5 horas a temperatura ambiente (18°C). Durante ese tiempo las bacterias empiezan a reproducirse lentamente puesto que la temperatura no es la idónea para su crecimiento.</li> <li>➤ Después de las 5 horas se procedió a sembrar 1 ml de la leche contaminada en una placa que contenga medio de cultivo para <i>Escherichia coli</i> y de esta forma poder cuantificar las colonias que crecieron durante ese tiempo.</li> </ul>	
RESULTADOS	
Se tendrá leche contaminada para poder irradiarla.	

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.5. Comparación de la leche y agua irradiadas

El objetivo de la comparación entre la leche y agua es determinar los niveles de los factores seleccionados de manera análoga ya que al ser líquidos totalmente diferentes se espera tener datos que se relacionen y así tener una buena aplicación UV-C en la leche, el proceso es el siguiente:

- Contaminar leche pasteurizada y agua purificada con *Escherichia coli*
- Determinar un espesor y tiempo

- Colocar las muestras en los recipientes e irradiarlas
- Realizar análisis de Escherichia coli y compararlos
- Obtener datos para irradiar la leche

### 3.6.6. Determinación de pH

La determinación del pH será directamente en un pH-metro, el proceso de la determinación de pH va detallado en la Tabla 5-3, el cual debe cumplir con el rango establecido:

**Tabla 5-3:** Determinación de pH

DETERMINACIÓN DE pH	
Materiales y equipos pH-metro Vasos de precipitación	Sustancias y reactivos Leche
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el pH-metro</li> <li>• Limpiar el electrodo con agua destilada para retirar la solución que ha estado almacenada</li> <li>• Calibrar el pH-metro de ser necesario</li> <li>• Colocar el electrodo en la muestra, esperar hasta que el valor no varíe</li> <li>• Tomar datos del pH obtenido</li> <li>• Limpiar el electrodo después de haberlo usado</li> </ul>	
RESULTADOS	
Se dará un valor cuantitativo del pH que debe estar dentro del rango de las normas establecidas	

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.7. Determinación de grasa

El proceso de determinación del contenido de grasa en la leche hace referencia al porcentaje en masa de la grasa que se extrae de la leche, mediante dos procesos, el método Gerber y Rose-Gottlieb, estipulados en el método de ensayo INEN NTE 12. El método a realizarse es el de Gerber y consiste en separar la grasa contenida en la leche a analizar, dado por la acidificación y centrifugación, gracias a la lectura directa en un butirómetro, explicado en la Tabla 6-3:

**Tabla 6-3:** Determinación de grasa

DETERMINACIÓN DE GRASA	
Materiales y equipos 3 pipetas de 10 ml, 1 ml y 15 ml Erlen Meyer Butirómetro de Gerber para leche Centrífuga Baño de agua Baño María	Sustancias y reactivos Ácido Sulfúrico Alcohol amílico Agua destilada Leche
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para empezar el procedimiento se prepara la muestra, conservándola en envases esterilizados, agitarlo gentilmente y pipetear 10,94 ml de leche.</li> <li>• Verter 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el butirómetro de Gerber (no topar el cuello del butirómetro).</li> <li>• Verter la muestra de leche pipeteada en el butirómetro y esperar 3 segundos.</li> <li>• Después, de añadir la leche, colocar 1 ml de alcohol amílico en el butirómetro.</li> <li>• Tapar el cuello del butirómetro y agitar hasta que desaparezcan partículas blancas.</li> <li>• Una vez agitado, centrifugar por un tiempo de 4 a 5 minutos.</li> <li>• Una vez transcurrido el tiempo retirar el butirómetro de la centrífuga y colocarlo en el baño de agua a una temperatura de 65°C, de manera invertida por un tiempo de 4 a 10 minutos.</li> <li>• Tomar datos de lectura y ajustar el tapón para repetir la centrifugación, si los datos varían de manera significativa realizar una tercera centrifugación para así sacar un promedio de estas.</li> </ul>	
CÁLCULOS	
$G = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \times 100$ <p>Donde:</p> <p><b>G</b> = Porcentaje del contenido de grasa</p> <p><i>m</i> = masa en gramos de la muestra que se analizó.</p> <p><i>m</i><sub>1</sub> = masa en gramos del Erlenmeyer con el extracto.</p> <p><i>m</i><sub>2</sub> = masa en gramos del Erlenmeyer vacío, o del Erlenmeyer con el material insoluble</p> <p><i>m</i><sub>3</sub> = masa en gramos del Erlenmeyer con el extracto resultante.</p> <p><i>m</i><sub>4</sub> = masa en gramos del Erlenmeyer vacío empleado en la determinación en blanco, o del Erlenmeyer con material insoluble.</p>	

Fuente: INEN 12

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.8. Determinación de sólidos totales.

Los sólidos totales es el resultado de una desecación de la leche a temperaturas superiores a los 100° C con procedimientos normales. El método de ensayo de referencia es la norma NTE INEN 14, cuyo proceso se especifica en la Tabla 7-3:



**Tabla 7-3: Determinación de sólidos totales**

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES Y CENIZA	
Materiales y equipos Balanza analítica Cápsula de platino Baño maría Estufa, Desecador Mufla	Sustancias y reactivos Leche Agua destilada
PROCEDIMIENTO	
Preparar la muestra a una temperatura de 20°C Sólidos totales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavar y secar la cápsula en la estufa a 103°C por un lapso de 30 min, dejar enfriar en el desecador.</li> <li>• Pesar la cápsula vacía</li> <li>• Colocar en la cápsula 5g de muestra</li> <li>• Poner en baño maría la cápsula a ebullición por 30 min para luego pasarlo a la estufa a una temperatura de 103°C por 3 horas, pasado este tiempo dejar enfriar en el desecador y pesar</li> <li>• Repetir el calentamiento por lapsos de 30 min, enfriar y pesar hasta obtener un peso constante</li> </ul>	
CÁLCULOS	
$ST = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100$ Donde: ST = porcentaje de los sólidos totales. m = masa en gramos de la cápsula de platino vacía. m <sub>2</sub> = masa en gramos de la cápsula de platino con la leche. m <sub>1</sub> = masa en gramos de la cápsula de platino con los sólidos totales	

Fuente: INEN 14

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.9. Determinación de sólidos no grasos

Para la determinación de los sólidos no grasos, resulta de la resta de los sólidos totales con el porcentaje de grasa de la muestra (Abril & Pillco, 2013, pp. 32-33) la fórmula y procedimiento se detalla en la Tabla 8-3:

**Tabla 8-3: Determinación de sólidos no grasos**

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS NO GRASOS
PROCEDIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular el porcentaje de sólidos totales</li> <li>• Calcular el porcentaje de grasa</li> <li>• Restar tanto el %ST y el %G</li> </ul>

CÁLCULOS	
$SNG = ST - \% \text{ Grasa}$	
Donde:	
SNG: Sólidos no grasos	
ST: Sólidos totales	

Fuente: Abril & Pillco, 2013, pp.32-33.

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.10. Determinación de proteína

La determinación de proteína es el contenido de nitrógeno, y el procedimiento establecido es el método de ensayo NTE INEN 16 método Kjeldahl, donde una parte de la muestra de ensayo se la dirige a digestión con ácido sulfúrico, sulfato de potasio y sulfato de cobre (II) como catalizador, con la muestra final ya fría luego de la digestión, se agrega NaOH excedente, para liberar amoníaco y así poder destilarlo con ácido bórico para finalmente titular con HCl. El porcentaje que se tiene de nitrógeno será calculado por la cantidad de amoníaco que se llegue a producir. El proceso es detallado en la Tabla 9-3:

**Tabla 9-3:** Determinación de proteínas

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA	
Materiales y equipos Pipetas Baño de agua Matraces Kjeldahl de 500 y 800 ml Balanza analítica Vasos de precipitación Balones aforados Probetas de 50, 100 y 500 ml Digestor Fuente de calor Destilador Tubos para las conexiones Bureta Titulador pH-metro	Sustancias y reactivos Agua destilada Sulfato de potasio Sulfato de cobre Ácido sulfúrico Hidróxido de sodio Solución indicadora Ácido bórico Ácido clorhídrico Sulfato de amonio Triptófano o clorhidrato de lisina Sacarosa
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparar la muestra calentando en el baño de agua a una temperatura de 38°C</li> <li>Método previo: en el matraz Kjeldahl colocar de 5 a 10 núcleos, seguido de 15g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 1 ml de CuSO<sub>4</sub>; 5 ml de la leche; 0,1 mg y 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y mezclar</li> <li>Determinación: Encender el digestor y calentar el matraz Kjeldahl con el contenido previamente realizado y seguir las instrucciones que determina el digestor durante 1,8 y 2,25 horas.</li> </ul>	

- Cuando finalice la digestión debe ser sin color y libre de cualquier agente extraño para enfriar a temperatura ambiente.
- Colocar 300 ml de agua en los matraces Kjeldahl de 500 y 400 ml de agua en matraz de 800 ml.
- Destilación: añadir 75 ml de NaOH a la muestra que salió de la digestión al aparato de destilación.
- Conectar el destilador para así conectar la punta del tubo a la salida del condensador y sumergir 50 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>
- Agitar el matraz Kjeldahl para mezclar el contenido.
- Encender la fuente de calor hasta hervir la mezcla, hasta tener una ebullición irregular para así desconectar y apagar la fuente de calor.
- Se deben reunir un aproximado de 150 ml de destilado para proceder a la titulación
- Titular con HCl usando un equipo especializado hasta obtener la última etapa de la curva de titulación que es el punto de inflexión

CÁLCULOS:

$$w_N = \frac{1,4007(V_S - V_b)M_r}{m}$$

Donde:

$w_N$ : Contenido del nitrógeno de la muestra

$V_S$ : Volumen (ml) del HCl

$V_b$ : Volumen (ml) del HCl usado en ensayo blanco

Mr: Molaridad del HCl

$m$ : masa en gramos de la porción del ensayo

$$w_p = w_N * 6,38$$

Donde

$w_p$  Porcentaje de la proteína cruda de la muestra

$w_N$  Contenido del nitrógeno de la muestra.

6,38 es el factor de multiplicación para lácteos.

Fuente: INEN 16.

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

### 3.6.11. Análisis microbiológicos de recuento de *Escherichia coli*, UFC/g

En el método de referencia es dada por la AOAC 991.14. pero el método de ensayo a realizarse es la NTE INEN 2667:2013 siembra en masa. La mayoría de *E. coli* produce beta-glucoronidasa, que a la vez estos producen una precipitación de color azul el cual está relacionada con la colonia y son representadas por colonias entre azules y rojo-azules (3M Microbiology, 2017, p. 1), el proceso es detallado en la Tabla 10-3:

**Tabla 10-3: Análisis de *E. coli***

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE RECUENTO DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> , UFC/G	
Materiales y equipos	Sustancias y reactivos
Placas Petri film	Tampón Butterfiel
Pipetas	Agua de peptona
Balanza	Leche
PROCEDIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar la disolución que queramos analizar, para esto pipeteamos o pesamos la muestra</li> <li>• Colocarlo en un recipiente añadiendo diluyentes estériles como tampón Butterfiel (tampón IDF fosfato, 0.0425 g/L de <math>\text{KH}_2\text{PO}_4</math>), agua de peptona al 0.1%, diluyente de sal peptonada, buffer de agua peptonada; solución salina de 0.85 a 0.90%, caldo letheen libre de bisulfato o agua destilada.</li> <li>• Homogenizar la muestra mediante métodos convencionales, ajustando el pH de la muestra diluida entre 6.6 y 7.2</li> <li>• Posteriormente ubicar la placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada, para que con ayuda de una pipeta colocar 1mL de muestra en el centro de la película inferior.</li> <li>• Bajar con cuidado la película superior para evitar formación de burbujas de aire y no dejarla caer.</li> <li>• Para presionar suavemente el dispensar y distribuir el inóculo en el área circular, y dejamos reposar por lo menos un minuto hasta que se solidifique el gel</li> <li>• Para la Incubación las pacas deben estar cara arriba en grupos que no sean más de 20 unidades; puede ser necesario humectar la incubadora con un pequeño de agua estéril, esto para minimizar la pérdida de humedad</li> <li>• El tiempo de incubación y temperatura varía dependiendo del método: para coliformes se necesita <math>24 \pm 2</math> horas a una temperatura de <math>35^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}</math>; para <i>E. coli</i> se debe incubar <math>48 \pm 2</math> horas a una temperatura de <math>35^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}</math>.</li> <li>• Una vez transcurrido el periodo de incubación las placas pueden ser contabilizadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de método, estas colonias pueden ser aisladas para una posterior identificación, para esto se levanta la película superior y tomamos la colonia de gel</li> </ul>	
RESULTADOS	
Los resultados esperados es tener valores de recuentos de recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/G	

**Fuente:** 3M Microbiology, 2017, p.1.

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

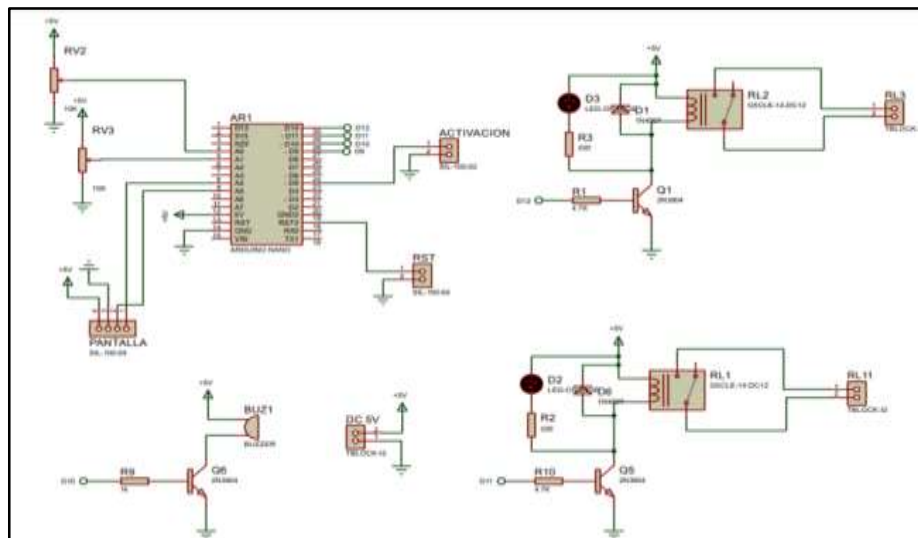
## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Funcionamiento del mecanismo con radiación UV-C

Para funcionamiento y encendido del mecanismo de radiación UV-C se conecta a una fuente de 110 V, se presiona el botón de encendido, esperar 10 segundos hasta que en la pantalla se visualice la potencia y el tiempo. Con la perilla 1 (potencia) modificamos la potencia al 50% o 100%, 12 o 24 Watts respectivamente. Con la perilla 2 (tiempo) establecido en segundos, se modificará el valor necesario para poder irradiar las muestras. En otras palabras, en el Arduino nano tiene dos entradas denominados pulsador de activación y un pulsador de reseteo, es decir cuando se enciende el mecanismo, el software arranca en una línea cero donde espera la orden de la colocación de tiempo y la potencia, luego de que se ha fijado estos valores, se presiona el pulsador de activación, si presenta algún error o se desea detener, al presionar el reseteo, el ciclo cerrado de la programación del Arduino nano reinicia el proceso donde se vuelva a modificar los valores. Una vez que cumple el ciclo que se ha programado, después de presionar el botón de activación existe un transistor que prende un buzzer, este da el aviso de que el tiempo ha transcurrido, apagándose así las lámparas.

#### 4.2. Funcionamiento del circuito eléctrico

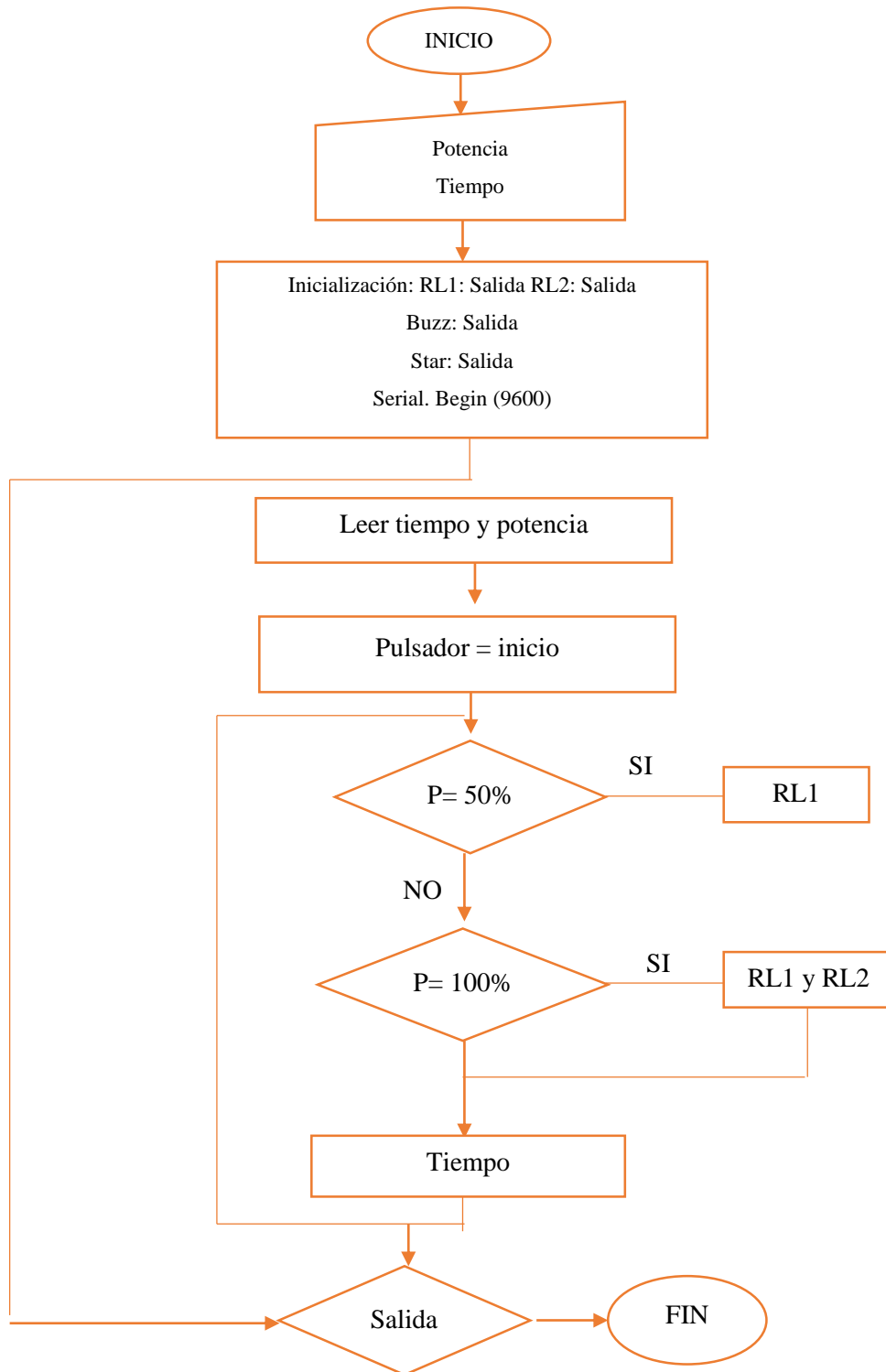


**Ilustración 1-4:** Circuito eléctrico del mecanismo de radiación UV-C

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

El sistema de control (circuito) del mecanismo UV-C, consta de un Arduino nano, donde se le conecta en los pines: la pantalla y dos potenciómetros, estos últimos, controlan el tiempo RV2 (0 – 300 s) y potencia RV3 (12 y 24 W) de manera análoga con un voltaje de referencia de 0 a 5 V. Las lámparas están denominadas como RL1 (lámpara 1) y RL2 (lámpara 2) donde si RV3 se lo modifica al 50% (12 W) se enciende solo RL1 y si es al 100 % (24 W) se encienden RL1 Y RL2. Respecto al encendido de las lámparas RL1 y RL1, cada relé se conecta con un transistor denominados Q1 y Q2 que reciben las señales de salida de activación del Arduino nano, donde este último establece en cada pin que entra en los transistores para los relés una capacidad de 5 V, haciendo que Q1 y Q2 activen a los relés. RL1 y RL2, están conectados en paralelo un led D2 y D3 y una resistencia R2 y R3 que marca el encendido con su respectivo diodo de protección D1 y D6, esto se debe ya que los relés son bobinas que producen un voltaje inverso al haber una activación, de la misma manera cada relé tiene su propio transistor de activación ya que el Arduino nano arroja una señal de muy baja corriente y el transistor es el que ayuda a subirlo para activar cada relé, el diodo de protección de cada uno y los leds indicadores de encendido que están en paralelo a la bobina del relé con su resistencia de caída de voltaje. Finalmente, las resistencias, R1 y R10 a las entradas de los transistores, deja solo caer el equivalente de 2 a 5 mA que es lo máximo que arroja el Arduino nano como señal a la base del transistor Q1 y Q5 para que se pueda activar. Las borneras RL3 y RL11, van respectivamente a los arranques electrónicos de cada lámpara UV-C esto debido a que son lámparas de gas donde tienen un encendido electrónico donde van conectados a 110 V por RL1 y RL2.

### 4.3. Diagrama de flujo del funcionamiento del código Arduino:



**Ilustración 2-4:** Diagrama de Flujo del código Arduino

Realizado por: Rodríguez, N. & Torres, M., 2022.

#### 4.4. Esterilización de agua vs leche

Se realizó un análisis comparativo del agua y leche contaminadas para, determinar los niveles de los factores que serán tomados a consideración además de comprobar la diferencia que existe en cada uno de estos líquidos de estos mostrando los resultados siguientes:

**Tabla 1-4:** Resultados de recuento de *Escherichia Coli*

<b>Análisis microbiológicos</b>	<b>Resultado E. coli UFC</b>	<b>Rango permisible UFC</b>
Leche	70 (UFC/g)	<10
Agua	68 (UFC/100ml)	0

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

**Tabla 2-4:** Resultados de recuento de *Escherichia Coli* de muestras irradiadas

Dosis (J/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	Resultados <i>E. coli</i> (UFC/g) Leche	Resultados <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) – agua
33839,73	4	11	0
33839,73	4	15	0
33839,73	4	22	0

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

Como se observa en la Tabla 2-4, existe una gran diferencia entre los resultados microbiológicos de la leche y el agua a pesar de que se encuentren a una misma dosis y espesor, esto se debe a que el agua al ser un líquido transparente, la radiación penetra de manera uniforme haciéndola eficaz; mientras que con la leche sucede lo contrario, este un líquido opaco, apenas logra inactivar en cierta cantidad el microorganismo, pero aun así no se rige a lo requerido para el consumo.

#### 4.5. Resultados de valores obtenidos para la radiación de la leche

##### 4.5.1. Valores Obtenidos en los resultados de irradiación

Los valores de irradiación fueron obtenidos con el sensor de radiación UV-C, tomando en cuenta el tiempo necesario. Se realizaron promedios generales de irradiación por cada espesor para posterior a eso calcular la dosis aplicada reportando los datos que se encuentran en la Tabla 3-4.



**Tabla 3-4:** Valores de irradiación por cada tratamiento

Tiempo	Tratamiento- Irradiación $\mu\text{W}/\text{cm}^2$								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
60 s	1923,2	2075,1	2153,9	2237,7	2353,3	2231,1	2291,6	2208,8	2055,5
<b>Promedio</b>	2050,733			2274,033			2185,31		
400 s	7111,9	7041,5	7128,8	7052	7025	6957,7	6813,6	7294,9	7024,1
<b>Promedio</b>	7094,067			7011,567			7044,20		
900 s	7272,2	7089,1	6911,1	7004,9	7162,7	7301,5	7242,2	7178,5	6898,5
<b>Promedio</b>	7090,800			7156,367			7106,40		

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 4.5.2. Resultados de irradiancia:

Al obtener el promedio final del reporte dado por el medidor en unidades de  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , se realizó una conversión de unidades a  $\text{W}/\text{m}^2$  (Tabla 4-4) para así calcular la dosis de radiación aplicada

**Tabla 4-4:** Valores de irradiancia

N°	Valores de radiación promedio ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Tiempo (s)
1	21,70 $\text{W}/\text{m}^2$	60
2	70,499 $\text{W}/\text{m}^2$	480
3	71,179 $\text{W}/\text{m}^2$	900

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 4.5.3. Cálculo de la dosis de radiación aplicada

$$D = [I * t]$$

Donde:

D: dosis aplicada ( $\text{J}/\text{m}^2$ ).

I : irradiancia UV-C ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

t: tiempo a la que se expone el material o producto (s)

$$D = (21,70 \text{ W/ m}^2) * (60s)$$

$$D = 1302,016 \text{ J/m}^2$$

$$D = (70,49 \text{ W/ m}^2) * (480s)$$

$$D = 33839,73 \text{ J/m}^2$$

$$D = (71,179 \text{ W/ m}^2) * (900s)$$

$$D = 64060,7 \text{ J/m}^2$$

#### 4.5.4. Datos necesarios para la radiación de la leche

Para proceder a irradiar la leche con la dosis previamente calculada, se necesitó establecer el espesor a considerar para cada uno de los niveles, como se muestra en la siguiente Tabla 5-4.

**Tabla 5-4:** Datos necesarios para la radiación de la leche

Dosis ( $\text{J/m}^2$ ).	Espesor de la leche (mm)
1302.016	2
33839,73	4
64060.7	6

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 4.5.5. Diseño factorial $3^2$

Una vez determinado la dosis, se agrupó de manera que se combinen los niveles de los factores del diseño experimental especificadas en la Tabla 6-4.

**Tabla 6-4:** Diseño factorial, estableciendo los niveles.

Repeticiones	Tratamientos	Dosis ( $\text{J/m}^2$ ).	Espesor de la muestra (mm)
3 repeticiones	1	1302.016	2
	2	33839,73	2
	3	64060.7	2
	4	1302.016	4
	5	33839,73	4
	6	64060.7	4

	7	1302.016	6
	8	33839,73	6
	9	64060.7	6

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 4.6. Resultados de análisis de recuento de *Escherichia Coli* de la leche:

##### 4.6.1. Resultados microbiológicos y organolépticos de la leche cruda

Se realizó análisis de recuento de *Escherichia coli* de la leche cruda obteniendo así una guía para la contaminación de la leche pasteurizada. Además, los resultados presentes en la Tabla 7-4, demostró que la leche cruda debe ser tratada para que se lo pueda consumir.

**Tabla 7-4:** Resultados microbiológicos - Leche cruda

Análisis microbiológicos	Resultado	Rango permisible
<i>E. coli</i> (UFC/g)	60	<10

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

El tiempo de vida de la leche cruda fue de aproximadamente 9 días en refrigeración y 6 días al ambiente; las propiedades organolépticas fueron:

- Aspecto: Normal, libre de material extraño
- Olor: Característico
- Color: Blanco
- Sabor: Característico

##### 4.6.2. Resultados microbiológicos de la leche pasteurizada contaminada con *E. coli*

Se tomó leche pasteurizada para contaminarla con la bacteria *Escherichia coli*, y se controló que los valores microbiológicos se encuentren en un rango considerable de contaminación, similar al de la leche cruda.

**Tabla 8-4:** Resultados microbiológicos - Leche contaminada con *E. coli*

<b>Análisis microbiológicos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Rango permisible</b>
<i>E. coli</i> (UFC/g)	50	<10
<i>E. coli</i> (UFC/g)	55	<10

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 4.6.3. Resultados microbiológicos y organolépticos de la leche contaminada tratada con radiación:

Se realizaron las distintas corridas experimentales, aplicadas a la leche pasteurizada contaminada con *E. coli*, con los factores establecidos y sus niveles propuestos, obteniendo los resultados microbiológicos, determinados en la siguiente Tabla 9-4:

**Tabla 9-4:** Resultados microbiológicos - recuento de *Escherichia Coli*

<b>Repeticiones</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Resultados microbiológicos</b>
<b>Repetición #1</b>	T1	150
	T2	11
	T3	0
	T4	150
	T5	19
	T6	7
	T7	150
	T8	28
	T9	9
<b>Repetición #2</b>	T1	150
	T2	15
	T3	0
	T4	150
	T5	22
	T6	7
	T7	150
	T8	29

	T9	9
<b>Repetición #3</b>	T1	150
	T2	10
	T3	0
	T4	150
	T5	30
	T6	10
	T7	200
	T8	33
	T9	39

**Realizado por:** Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

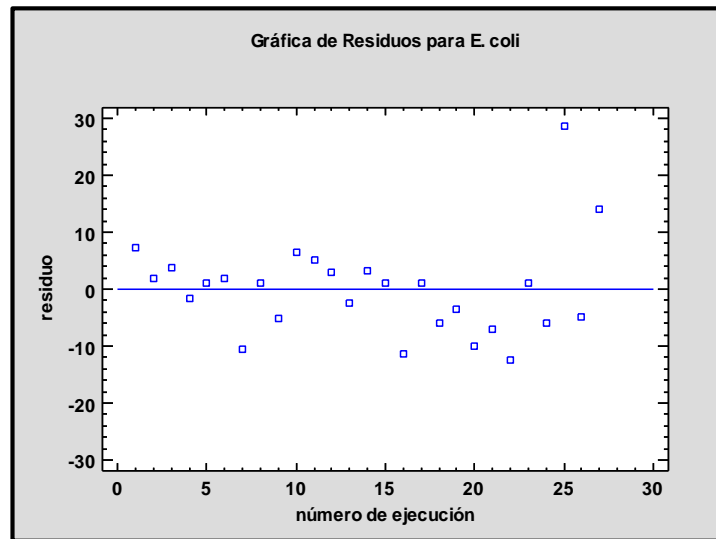
Los análisis organolépticos de cada una de las muestras de tratamientos fueron iguales en:

- Aspecto: Normal, libre de material extraño
- Olor: Característico
- Color: Blanco
- Sabor: Característico

#### **4.6.4. Verificación de los supuestos del modelo**

Previo al análisis estadístico de varianza, se realizó la verificación de supuestos de modelo para comprobar que cada resultado de los tratamientos no seguía ningún patrón que pueda evidenciar que los datos fueron erróneos.

- *Verificación de independencia*

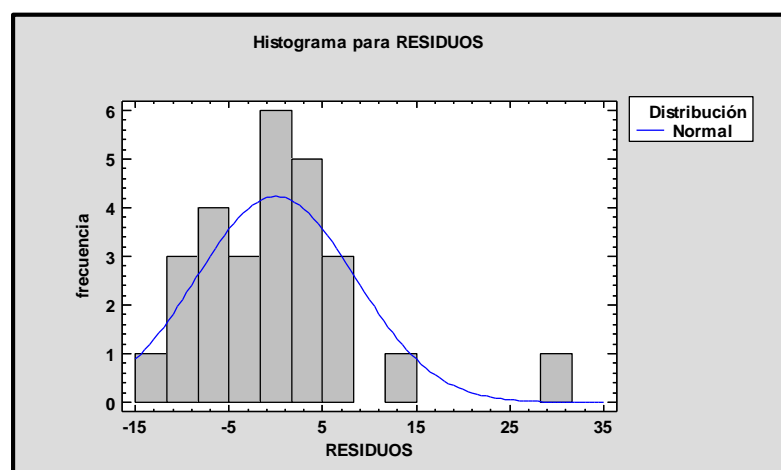


**Ilustración 3-4:** Gráfico de verificación de independencia

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

Para el caso de la Ilustración 3-4 los residuos aparecen de una forma aleatoria alrededor de la recta trazada en 0, sin algún tipo de patrón o tendencia creciente al inicio o final, por lo que podemos suponer que el modelo de regresión utilizado es el indicado; por otro lado, el valor atípico que se presenta en la gráfica se debe al hecho que el residuo es muy alto, pero no influyente.

- *Verificación de normalidad Normalidad*



**Ilustración 4-4:** Grafica de normalidad

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

La Ilustración 4-4 representa la distribución de los datos en el intervalo; como se observa al igual que la curva de densidad, se tiene una asimetría positiva, y además una barra se encuentra muy alejada de las otras barras lo que confirma la existencia de valores atípicos.

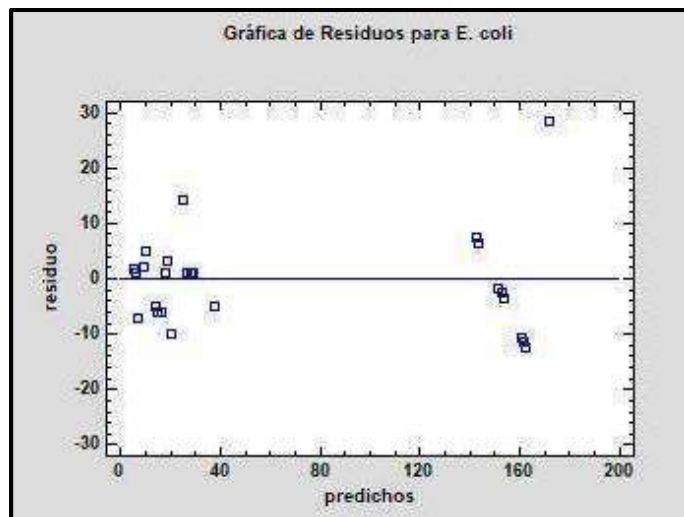
**Tabla 10-4:** Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

	<i>Normal</i>
DMAS	0,13883
DMENOS	0,104234
DN	0,13883
Valor-P	0,675411

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

En la Tabla 10-4, muestra resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si RESIDUOS puede modelarse adecuadamente con una distribución normal. Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que RESIDUOS proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

- *Verificación de homocedasticidad*



**Ilustración 5-4:** Grafica de homocedasticidad

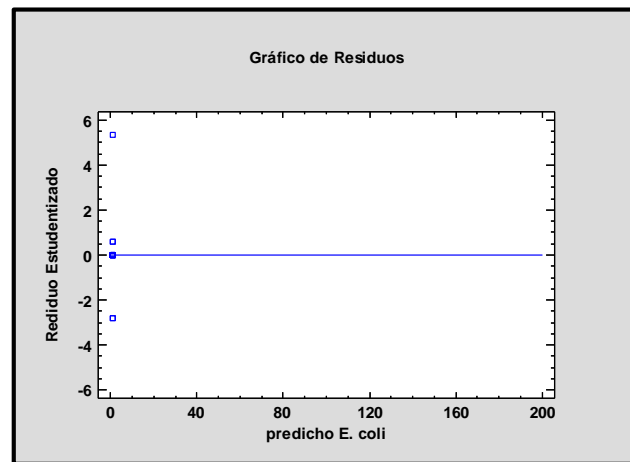
Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

#### 4.6.5. Residuos Atípicos

**Tabla 11-4:** Residuos atípicos

<i>Fila</i>	<i>Y</i>	<i>Y Predicha</i>	<i>Residuo</i>	<i>Residuo Estudentizado</i>
23	30	1,0	29,0	-2,79
25	200,0	145,99	54,0098	2,03
27	39,0	1,0	38,0	-2,79

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



**Ilustración 6-4:** Gráfica de residuos atípicos

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

La Tabla 11-4 e Ilustración 6-4 de residuos atípicos enlista todas las observaciones que tienen residuos Estudentizados mayores a 2, en valor absoluto. Los residuos Estudentizados miden cuántas desviaciones estándar se desvía cada valor observado de *E. coli* del modelo ajustado, utilizando todos los datos excepto esa observación. En este caso, hay 3 residuos Estudentizados mayores que 2. Estos valores atípicos, se deben a ciertas acciones que se fueron presentando, mientras se realizaba los tratamientos, como el tiempo que nos demorábamos trasvasando y la esterilización de materiales en cada repetición, los tratamientos que presentan estos comportamientos son las filas 23, 25, 27.

#### 4.7. Análisis ANOVA del diseño factorial 3<sup>2</sup>

Realizada la verificación de supuestos del modelo, se evidenció que los datos no han sido alterados, sesgados o erróneos para así continuar con el análisis de varianza y establecer el modelo matemático.



#### 4.7.1. Análisis de Varianza ANOVA para *E. coli*

**Tabla 12-4:** Análisis de Varianza ANOVA para *E. coli*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>A:Dosis</b>	96653,4	1	96653,4	1086,00	0,0000
<b>B:Espesor</b>	1440,06	1	1440,06	16,18	0,0006
<b>AA</b>	21880,8	1	21880,8	245,85	0,0000
<b>bloques</b>	658,074	2	329,037	3,70	0,0421

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

- R-cuadrada = 98,4743 por ciento
- R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98,1111 por ciento
- R-cuadrado (predicho) = 97,3942 por ciento
- Error estándar del est. = 9,43393
- Error absoluto medio = 5,99177

La Tabla 12-4 de ANOVA demuestra que existe diferencia estadística relevante entre los niveles del factor experimental y particiona la variabilidad de *E. coli* en piezas separadas para los efectos donde se nombra a la dosis aplicada como A; espesor como B, los siguientes efectos AA, AB y BB son las combinaciones, y los bloques que son las repeticiones de cada corrida experimental (tres repeticiones), donde fueron analizados en este caso, 4 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que la dosis, espesor, la combinación de la dosis, y los bloques sí influyen de manera significativa en cada tratamiento en la inactivación microbiana, dando un nivel de confianza del 95,0%. La combinación de AB y BB se descartan, debido a que son mayores a 0,05.

#### 4.7.2. Modelo matemático que se ajusta a los datos

$$E. coli = 145,6 - 0,00616955 * Dosis + 4,47222 * Espesor + 5,86623E - 8 * Dosis^2 \quad (1)$$

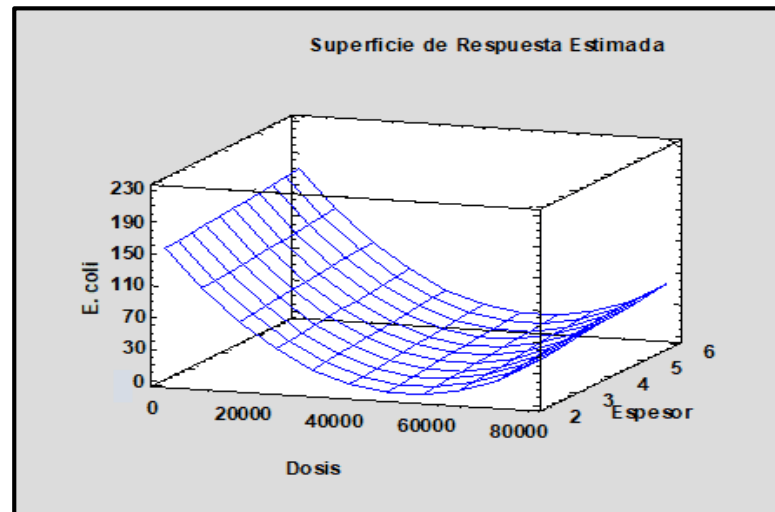
Los coeficientes de la ecuación (1), permiten predecir el comportamiento de la bacteria *Escherichia coli* (variable dependiente), respecto al espesor y la dosis (variables independientes), es decir, determina si aumenta o disminuye el *E. coli* conforme se vaya manipulando los niveles de los factores (véase la Tabla 13-4).

**Tabla 13-4:** Cálculo de los factores para la ecuación de regresión

<b>Repeticiones</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Resultados microbiológicos</b>	<b>Valores estimados</b>	<b>Error</b>
<b>Repetición #1</b>	T1	150	147	3
	T2	11	13	2
	T3	0	0	0
	T4	150	156	6
	T5	19	22	3
	T6	7	9	2
	T7	150	164	14
	T8	28	31	3
	T9	9	18	9
<b>Repetición #2</b>	T1	150	147	3
	T2	15	13	2
	T3	0	0	0
	T4	150	156	6
	T5	22	22	0
	T6	7	9	2
	T7	150	164	14
	T8	29	31	2
	T9	9	18	9
<b>Repetición #3</b>	T1	150	147	3
	T2	10	13	3
	T3	0	0	0
	T4	150	156	6
	T5	30	22	8
	T6	10	9	1
	T7	200	164	36
	T8	33	31	2
	T9	39	18	21

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

- Gráfica de superficie de respuesta



**Ilustración 7-4:** Superficie de respuesta estimada – interacción

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

La superficie de respuesta estimada, dada por la Ilustración 7-4, al combinar los dos factores con la variable dependiente se obtiene el valor óptimo, es decir, conocer como fue la interacción de la bacteria Escherichia coli, observando que se tiende a una grafica cuadratica, sin embargo consideramos que se debe comportar como una exponencial decreciente, ya que por mas que se aumente la dosis no habrá un cambio en la eliminacion de *E.coli*.

#### 4.7.3. Dosis estimada para alcanzar 0 UFC a diferentes espesores

Reemplazando en el modelo matemático para cada uno de los valores de dosis y espesor e igualando el E. coli a 0, se puede determinar de manera manual el valor óptimo para distintos espesores como se muestra en la ecuación.

$$0 = 145,6 - 0,00616955 * Dosis + 4,47222 * Espesor + 5,86623E - 8 * Dosis^2$$

Despejando la dosis de la ecuación general:

$$\text{Donde: } x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (2)$$

a	b	c
5,87E-08	0,00616955	145,6+4,47222*Espesor

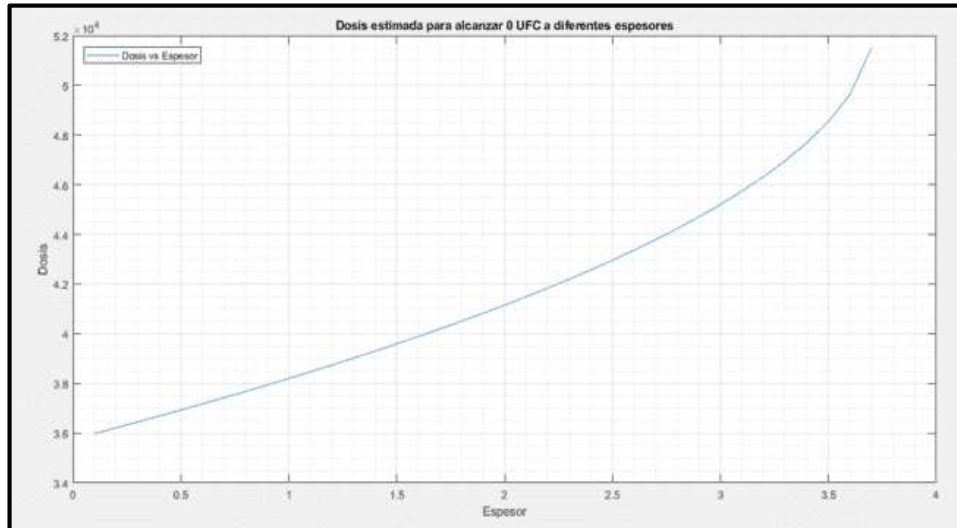
**Tabla 14-4:** Cálculo de valores

<b>Espesor</b>	<b>Dosis (+)</b>	<b>Dosis (-)</b>	<b>c</b>
0,1	69186,14	35984,47	146,047222
0,2	68954,92	36215,70	146,494444
0,5	68240,76	36929,86	147,83611
0,6	67995,35	37175,26	148,283332
0,7	67745,97	37424,64	148,730554
0,8	67492,42	37678,19	149,177776
0,9	67234,49	37936,13	149,624998
1	66971,92	38198,69	150,07222
1,1	66704,48	38466,13	150,519442
1,2	66431,87	38738,74	150,966664
1,6	65283,05	39887,56	152,755552
1,7	64979,22	40191,39	153,202774
1,9	64348,03	40822,58	154,097218
<b>2</b>	<b>64019,38</b>	<b>41151,23</b>	<b>154,54444</b>
2,1	63681,00	41489,61	154,991662
2,2	63331,97	41838,64	155,438884
2,3	62971,21	42199,40	155,886106
2,4	62597,47	42573,14	156,333328
2,8	60936,88	44233,73	158,122216
2,9	60467,25	44703,36	158,569438
3	59967,81	45202,80	159,01666
3,1	59432,04	45738,57	159,463882
3,2	58850,61	46320,00	159,911104
3,3	58209,40	46961,22	160,358326
3,6	55544,93	49625,68	161,699992
3,7	53651,00	51519,61	162,147214
3,8	#¡NUM!	52585,31	162,594436
3,9	#¡NUM!	52585,31	163,041658

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

La Tabla 14-4 son datos obtenidos de la Ecuación General de segundo grado, se resuelve haciendo uso de las constantes (a, b, c) indicadas anteriormente, sustituyendo datos del espesor para conseguir los valores plasmados. Se descartaron los valores de dosis (+) para formar la gráfica haciendo uso de la Dosis (-) y el Espesor debido a la coherencia que presenta estos datos al

momento de graficar. Además, se conservaron las respuestas menores a 3,8 mm ya que la dosis se vuelve constante. El valor óptimo que se determinó para una ausencia de microorganismos *E. coli* es de 41151,23 J/m<sup>2</sup> en dosis, con un espesor de 2 mm.

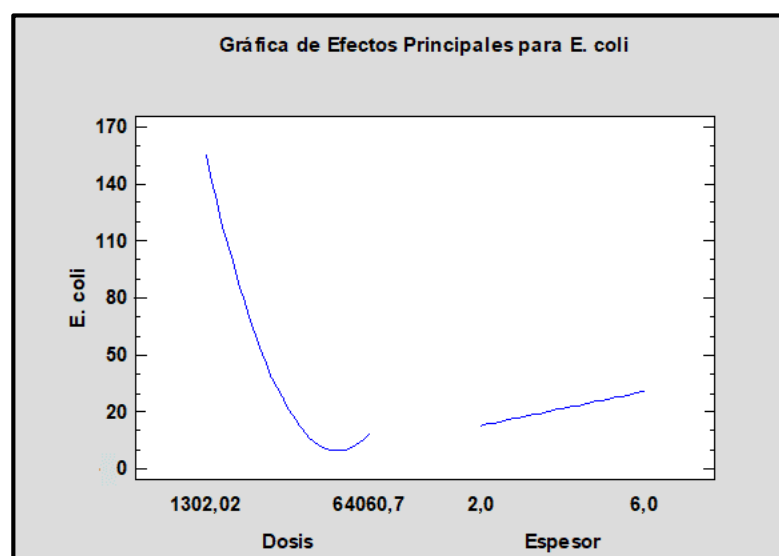


**Ilustración 8-4:** Dosis estimada para alcanzar 0 UFC

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

En la Ilustración 8-4, como se observa es una exponencial creciente, lo que da a entender que a medida que el espesor de la muestra aumente, mayor debe ser la dosis para conseguir una eliminación de *E. Coli*.

- Gráfica de efectos Principales para *E. coli*



**Ilustración 9-4:** Gráfica de efectos principales para *E. coli*

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

La Ilustración 9-4, de efectos principales, vemos el comportamiento de las gráficas, en el caso del espesor es lineal y para la dosis es una exponencial decreciente, además se determinó cuál de los dos factores tuvo mayor influencia de los resultados a la hora de querer inactivar la *Escherichia coli* hasta llegar a cero. Es decir, para la dosis la *E. coli* disminuyó conforme se aumenta dicho factor hasta llegar al punto de cero, pero si se tiene una dosis en exceso, empieza a perder efectividad en las bacterias, haciendo que aumenten a un valor no tan significativo. Por otro lado, la reacción que tiene el espesor es diferente, a mayor espesor mayor UFC/g de *E. coli*, concluyendo que, la dosis tiene mayor efecto que el espesor, a la hora de realizar la radiación UV-C en la leche.

#### 4.8. Verificación del modelo matemático

Estos seguimientos se realizaron nuevamente a la leche pasteurizada contaminada con *E. coli* aplicando la dosis y el espesor acorde al modelo matemático, determinados por el programa, para verificar si el resultado microbiológico se mantiene en cero presentados en la Tabla 15-4 y así aplicarlos a la leche cruda.

**Tabla 15-4:** Resultados microbiológicos - Leche contaminada con *E. coli*

Análisis microbiológicos	Resultado	Rango permisible
<i>E. coli</i> (UFC/g)	70	<10

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

**Tabla 16-4:** Análisis microbiológicos para valores óptimos

Código	Dosis (J/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	Resultados <i>E. coli</i> (UFC/g)
B-21	41151,23	2	0
B-22	41151,23	2	0
B-23	41151,23	2	0

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

Análisis organolépticos:

- Aspecto: Normal, libre de material extraño
- Olor: Característico
- Color: Blanco
- Sabor: Característico

#### 4.9. Resultados microbiológicos de la leche cruda tratada con radiación

Una vez comprobado que el seguimiento de los valores óptimos se mantuvo en cero, en la Tabla 17-4, se muestran los resultados microbiológicos aplicado a la leche cruda irradiada de tres distintos sectores, se puede observar que da un valor de 0 UFC/g, comprobando que los valores de la dosis y espesor óptimos son adecuados para cumplir con la norma INEN.

**Tabla 17-4:** Análisis microbiológicos - Leche cruda irradiada

Análisis microbiológicos <i>E. coli</i> (UFC/g)	Resultados L.C	Resultado L.C. I	Rango permisible
C-21	75	0	<10
C-22	60	0	
C-23	69	0	

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

Análisis organolépticos:

- Aspecto: Normal, libre de material extraño
- Olor: Característico
- Color: Blanco
- Sabor: Característico

#### 4.10. Resultados de análisis fisicoquímicos de la leche

De igual manera, se procedió a realizarse los análisis fisicoquímicos, a la leche cruda irradiada, comparándolos con la norma INEN para leche pasteurizada. Los resultados comprobaron que no afectan la calidad y no altera sus componentes a la leche tratada con UV-C, como se muestran a continuación:

**Tabla 18-4:** Análisis físicos - químicos - Leche cruda

Análisis	Resultados (%)			Rango permisible (%)
	Primer seguimiento	Segundo seguimiento	Tercer seguimiento	
pH	6.6	6.7	6.4	6.4-6.8
Grasa	3.91	3.0	2.80	3.0
Proteína	4.05	3.27	3.90	2.9

Sólidos totales	12.31	11.98	11.50	11.30
Sólidos no grasos	8.40	8.98	8.70	8.30

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.

**Tabla 19-4:** Análisis físicos - químicos - Leche cruda irradiada

Análisis	Resultados (%)			Rango permisible (%)
	Primer seguimiento	Segundo seguimiento	Tercer seguimiento	
pH	6.6	6.7	6.4	6.4-6.8
Grasa	3.91	3.0	2.80	3.0
Proteína	4.05	3.27	3.90	2.9
Sólidos totales	12.31	11.98	11.50	11.30
Sólidos no grasos	8.40	8.98	8.70	8.30

Realizado por: Rodríguez, N.; Torres, M., 2022.



## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

#### 5.1. Objetivos

##### 5.1.1. *Objetivo General*

- Analizar los resultados obtenidos del uso de la radiación de onda corta UV-C como una alternativa a la pasteurización para el perfeccionamiento del proceso y sus factores.

##### 5.1.2. *Objetivos Específicos*

- Potenciar el mecanismo que emite distintos valores de irradiación UV-C elevando las dosis de irradiación.
- Evaluar el tratamiento de irradiación UV-C en la eliminación de otros microorganismos además de la *Escherichia coli*.
- Comparar los resultados obtenidos con las normas vigentes de inocuidad y calidad (INEN 10:2012).

#### 5.2. Justificación

En la leche de vaca, existen varios microorganismos que pueden provocar enfermedades al consumidor, para contrarrestarlos y eliminarlos, hay diferentes métodos como la pasteurización; si bien existen diversos tipos de este tratamiento térmico como ya se ha mencionado estos reducen las propiedades fisicoquímicas del producto, para esto se ha propuesto una alternativa de usar la radiación UV-C la leche y analizar el efecto que tiene en los microorganismos.

Diversos estudios como el de Atik & Gumus (2021, pp. 11-22) se redujeron en gran medida las cantidades de microorganismos y moho hasta un nivel indetectable, además de los resultados obtenidos en esta investigación, evidencian que la radiación UV-C es un método viable para la eliminación de *Escherichia coli*.

El mejoramiento del proceso de irradiar leche para la eliminación de microorganismos permitirá conocer el efecto que tiene este procedimiento para las diversas bacterias que tiene la leche, además de reducir el tiempo de exposición para hacerlo más eficiente.

### **5.3. Propuesta**

El propósito de analizar los resultados del tratamiento de radiación UV-C implementado en esta investigación, es mejorar los datos obtenidos y además de poder utilizarlo para eliminar otros microorganismos; también disminuir el tiempo de exposición incrementando las dosis de irradiación, contribuyendo así a una posterior implementación de un equipo que se pueda utilizar a futuro a un nivel industrial.

Para obtener resultados óptimos y útiles que cumplan con las normativas vigentes capaces de llevar este proceso a un nivel industrial, es necesario realizar varios estudios tanto biológicos como estadísticos que demuestren la confiabilidad y eficacia del método, por lo que necesita realizar varias investigaciones más para llegar a este fin.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un mecanismo de dos lámparas conectadas en serie de 24 W que emiten radiación UV-C, medidas mediante el sensor de radiación UV-C, además del mecanismo que consta con recipientes impresos en 3-D diseñados para que el volumen que pueden almacenar permita alcanzar diferentes alturas (espesores) para las corridas experimentales.
- Se diseñó, corrió y analizó el diseño factorial  $3^2$  con tres repeticiones, dando un total de 27 corridas experimentales, tomando como factores la dosis (1302.016, 33839.73, 64060.7) y el espesor (2, 4 y 6 mm) que permitió evaluar la esterilización de la bacteria *Escherichia coli*, estableciendo además el tiempo de vida de la leche irradiada que fue de 20 días a temperatura ambiente y de 30 días en refrigeración.
- Se determinó los parámetros óptimos, para diferentes espesores y dosis gracias al modelo matemático y para la inactivación de la bacteria *Escherichia coli* fue de 41151,23J/m<sup>2</sup> (8 minutos) para un espesor de 2mm. Los análisis para *E. coli* inicialmente fue de 60-70 UFC/g y después del tratamiento fue de AUSENCIA o 0 UFC/g mientras que los análisis físico-químicos y organolépticos no fueron afectados, permitiendo así alcanzar los requisitos establecidos en la normativa vigente para la leche pasteurizada (INEN 10:2012).
- En la investigación de Giraldo (2018, pp. 59-60) los resultados obtenidos son similares, disminuyendo los UFC en un 79%, en cuanto a los análisis fisicoquímicos sus propiedades no fueron afectadas al igual como se presentaron en nuestros análisis, además, ambos tratamientos son aptos para el consumo humano, considerándose así una alternativa viable a los tratamientos térmicos tradicionales utilizados en la pasteurización.
- Se realizó una comparación entre el agua y leche irradiada, determinando que influye de manera significativa la opacidad del líquido a irradiar, ya que, al someterlas a la misma cantidad de dosis y espesor, el agua fue el único en tener ausencia de *E. coli*.
- Se comprobó que al evaluar la radiación UV-C tiene un efecto bacteriostático, es decir que no se dio el crecimiento de colonias de *Escherichia Coli*.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Aplicar este trabajo experimental a futuras investigaciones que se quieran realizar para la inactivación microbiana con radiación UV-C, ya que, al ser una gran alternativa a la pasteurización, se propondría realizar un equipo que tenga mayor capacidad para la leche, donde sea mayormente optimizado.
- Tener en cuenta las dosis recomendadas (tiempo e irradiancia) evitando así dañar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la leche, para que se pueda consumir.
- Tener conocimientos básicos sobre microbiología, además de tener una correcta y adecuada manipulación de los distintos instrumentos de laboratorio, los trasvases y las condiciones en que estas deben estar para evitar problemas en la obtención de datos.
- Tener un espesor de muestra no mayor a 3.8 mm con su respectiva dosis debido a que la leche al ser un líquido opaco se puede dificultar a la hora de que los rayos UV-C penetren, disminuyendo así la eficacia del mismo.
- Considerar añadir un tercer factor que ayude a reducir el tiempo de exposición evitando así contaminar las muestras por el tiempo que permanecen a temperatura ambiente.
- Conservar las muestras en refrigeración debido a que no se mostró multiplicación alguna de la bacteria mientras que a temperatura ambiente fue diferente, aumentando en gran escala.

## GLOSARIO

**Agar:** En Biología, es una sustancia gelatinosa que se deriva generalmente de las algas, es utilizado principalmente para el cultivo de diversas bacterias y microorganismos, esto con la finalidad de experimentación y diagnóstico (Marcus, 2013, pp. 51–97).

**Bactericida:** Sustancia o proceso que tiene la capacidad de eliminar y prevenir la formación y propagación de las bacterias y demás microorganismos (Stoica ,2018, pp. 309–339).

**Bacteriostático:** Sustancia o proceso que no provoca la eliminación de un microorganismo, sino que impide su reproducción, es decir cuando una bacteria muere no va a dejar descendencia evitándose así la propagación de microorganismos (Butkus, 2017, pp. 853–886).

**Bomba Peristáltica:** Dispositivo que funciona para la transferencia y la distribución de un fluido de manera controlada y también uniforme, su funcionamiento se basa en el prensado de tuberías, el cual evita el contacto entre el fluido y el dispositivo (MrLab, 2019, p. 3).

**Butirómetro de Gerber:** Es un instrumento que se utiliza para la determinación del contenido de grasa que puede tener la leche, está hecho de vidrio y existen otros instrumentos derivados del Butirómetro de Gerber que miden el % de grasa para leche desnatada, Nata, helado de crema. quesos, leche condensada, entre otros (Gerber, 2018, p. 4).

**Enfermedades de Transmisión Alimentaria:** Son enfermedades causadas por la indebida manipulación y la contaminación de alimentos, generalmente se dan por cualquier etapa del proceso de producción, entrega y el consumo de los elementos, se puede dar por varias razones, entre ellas la contaminación del ambiente, el medio donde fueron procesados, cultivados o criados, así también como su almacenamiento (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2019, p. 7).

**Irradiación:** Proceso en el cual un objeto o sustancia se expone a una radiación, por medio de la propagación, emisión y transferencia de energía, mediante ondas o partículas a una alta velocidad mediante fuentes naturales o de diversas fuentes artificiales(Lombardini et al, 2013, pp. 1421–1503).

**Longitud de Onda:** Es la distancia que existe entre dos puntos idénticos, mediante ciclos adyacentes de una señal, en forma de onda que se propaga en el espacio, se relaciona inversamente con la frecuencia, el cual se refiere a números de ciclos de onda por segundo (Rosencrance, 2021, p.5).

**Placas Petrifilm:** Es un sistema de placas que se utilizan en microbiología para el cultivo de microorganismos, para su posterior enumeración y detección, siendo más eficientes que las placas convencionales, en su mayoría es usado en la industria alimentaria (3M Microbiology, 2019, p.1).

**Potenciómetro:** Dispositivo de 3 terminales con resistencia, tiene un contacto que se desliza o gira, que forma un divisor de voltaje ajustable, solo se usa 2 terminales, el uno actúa como una resistencia variable y otro como un extremo (Kimmel, 2019, p.3).

**Relé:** Dispositivo electrónico capaz de distribuir una potencia por una orden emitida por control, permitiendo la apertura o el cierre del circuito de potencia eléctrica a partir de una información lógica (Aguilar & Montejo, 2018, p.3).

**Transistor:** Es un dispositivo con características semiconductoras que se usa para amplificar o conmutar potencia y señales eléctricas, es un componente básico de la electrónica y contiene por lo menos 3 terminales para la conexión al circuito eléctrico (Hinojoza, 2019, p.2).

## BIBLIOGRAFÍA

**3M MICROBIOLOGY.** *Análisis microbiano de alimentos, análisis de indicadores de calidad* [blog]. 2019. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: [https://www.3m.com/3M/en\\_US/food-safety-us/foodandbeveragetests/petrifilm-plates/](https://www.3m.com/3M/en_US/food-safety-us/foodandbeveragetests/petrifilm-plates/).

**ABRIL TORRES, A.F., & PILCO OROZCO, V.E.** Calidad fisicoquímica de la leche cruda que ingresa a la ciudad de Cuenca, para su comercialización [en línea]. (Trabajo de titulación) (Bioquímica y farmacia). Universidad de Cuenca, Ecuador. 2013. pp. 32-33. [Consulta: 14 marzo 2022]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4825/1/TESIS.pdf>.

**AGUDELO GÓMEZ, A.; & BEDOYA MEJÍA, O.** “Composición nutricional de la leche de ganado vacuno”. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea], 2005, (Colombia) 2(1), pp. 38–42. [Consulta: 28 febrero 2022]. ISSN 1794-4449. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520107>

**AGUILAR, D.; & MONTEJO, M.** *Relés* [blog]. 2018. [Consulta: 8 julio 2022]. Disponible en: [https://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo\\_potencia/reles.htm](https://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm)

**ANDRADE, M.J.** “Estudios para establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) o cómo las buenas prácticas de laboratorio (BPL) son necesarias para ensayos en campo”. *Revista Científica Ecuatoriana*, vol 1, n°6 (2019), (Ecuador) p. 14.

**AOAC 991.14.** *Instructivo técnico de análisis/ensayo para recuentos de coliformes y E. coli, mediante técnica petrifilm*

**ATIK, A.; & GUMUS, T.** “El efecto de diferentes dosis de tratamiento UV-C en la calidad microbiológica de la leche bovina”. *LWT* [en línea], 2021, 136(1), pp. 11-22. [Consulta: 23 Junio 2022]. ISSN 0023-6438. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820313116>

**BORRÁS FERRER, J.** Optimización de la pasteurización de zumo de naranja mediante tratamiento térmico (Trabajo de titulación) (Masterado). [en línea]. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, España. 2020. pp. 4-6. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/157865/Borr%c3%a0s%20->

%20Optimizaci% c3% b3n% 20de% 20la% 20pasteurizaci% c3% b3n% 20de% 20zumo% 20de% 20naranja% 20mediante% 20tratamiento% 20t% c3% a9rmico.pdf?sequence=1&isAllowed=y

**BUTKUS, E.** “Radiación UV-C y su efecto Bactericida” *Síntesis orgánica integral*, 2(3), (2017) pp. 853–886.

**CHICAIZA USUAY, J.E.** Diseño y construcción de un prototipo para pasteurizar leche con capacidad de 200 l/h (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea], Universidad politécnica Salesianas, Ingeniería Mecánica, Quito, Ecuador. 2020. pp. 45-47. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19273>

**CHOUDHARY, R.; & BANDLA, S.** “Pasteurización ultravioleta para la industria alimentaria”. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* [en línea], 2012, (EE. UU) 2(1) pp. 12-15. [Consulta: 27 febrero 2022]. ISSN: 2166-5168. Disponible en: <https://doi.org/10.5923/j.food.20120201.03>

**DALY, R.F.; et al.** “Enfermedad asociada con animales en entornos públicos” *Revista de la Asociación Médica Veterinaria Estadounidense* [en línea], 2017, (EE. UU) 251 (11), pp. 1268–1292. [Consulta: 27 febrero 2022]. ISSN 1943-569. Disponible en: <https://doi.org/10.2460/JAVMA.251.11.1268>

**DR.N. GERBER.** *Butirómetros para la determinación de la grasa en la leche y en los productos lácteos - Productos de laboratorio - Gerber Instruments.* [blog]. 2018 [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://www.gerber-instruments.com/es/fabrica-proveedora/gerber-instruments/determinacion-de-grasa-segun-gerber/butirometros-para-la-determinacion-de-la-grasa-en-la-l.html>

**ESTRADA MARTINEZ, M.** *El Libro Blanco de La Leche y los Productos Lácteos* [en línea]. México CANILEC, 2011. [Consulta: 28 febrero 2022]. Disponible en: [https://www.uv.mx/personal/pcervantes/files/2012/05/libro\\_blanco\\_de\\_la\\_leche.pdf](https://www.uv.mx/personal/pcervantes/files/2012/05/libro_blanco_de_la_leche.pdf)

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION.** *Producción y productos lácteos: Peligros para la salud* [blog]. 2022 [Consulta: 26 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/peligros-para-la-salud/es/>

**FOOD NEWS LATAM.** *Industria láctea: clave para reactivación económica en Ecuador.* [blog]. 2020. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en:



<https://www.foodnewlatam.com/paises/80-ecuador/10193-industria-1%C3%A1lctea-clave-para-reactivaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-en-ecuador.html>

**GRANDA, F.** *Listeria monocytogenes: transmisión, formas y tratamientos efectivos*. [blog]. 2018. [Consulta: 28 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/listeria-monocytogenes-listeriosis-transmision-tratamiento>.

**GIRALDO, H.** Efecto de la irradiación ultravioleta (UV-C), sobre la calidad e inocuidad de la leche en la hacienda el prado (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de ciencias de la vida y de la Agricultura, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Sangolquí, Ecuador. 2018. pp 10-17. [Consulta: 28 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14567/1/T-IASA%20I-005447.pdf>

**GRIFFIN, P.** *Bacterias coliformes en los suministros de agua potable*. [blog]. 2017. [Consulta: 28 febrero 2022]. Disponible en: [https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform\\_bacteria.htm](https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform_bacteria.htm)

**GUEVARA, A.** Evaluación del uso de las radiaciones ultravioleta de onda corta (uvc) como alternativa a tratamientos térmicos en la leche (Trabajo de titulación) (Masterado). [en línea]. Universidad autónoma de Barcelona, Facultat de Veterinària, Departamento de ciencia animal y de los alimentos. Bellaterra, Barcelona. 2018. pp. 8-9 [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: [https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2018/hdl\\_2072\\_365408/TFM\\_aguevaralozano.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2018/hdl_2072_365408/TFM_aguevaralozano.pdf)

**GUTIÉRREZ PULIDO, H.; & DE LA VARA SALAZAR, R.** *Análisis y diseños de experimentos*. 2ª ed. México – México: McGraw-Hill, 2008. ISBN 9789701065266, pp. 22-47.

**HINOJOZA, L.** *Transistores de potencia*. [blog]. 2019. [Consulta: 8 julio 2022]. Disponible en: <https://www.uv.es/marinjl/electro/transistores.html>.

**KIMMEL, J.** *Potenciómetro, potenciómetros preestablecidos y reóstatos*. [blog]. 2019. [Consulta: 8 julio 2022]. Disponible en: <https://www.electronicstutorials.ws/resistor/potentiometer.html>

**LOMBARDINI, E.D.; et al.** “Radiación y otros agentes físicos”. Manual de patología toxicológica de Haschek y Rousseaux, [en línea], 2013, (EE. UU) Vol. 2, pp. 1421–1503. [Consulta: 8 julio 2022] ISBN: 978-0-12-415759-0. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124157590000443>

**MARCUS, J.B.** “Conceptos básicos de la ciencia de los alimentos: cocina y horneado saludables Desmitificados: la ciencia detrás de los alimentos, la cocina y el horneado saludables”. *Nutrición Culinaria*, [en línea], 2013, (Indonesia), pp. 51–97. [Consulta: 8 julio 2022]. ISBN 978-0-12-391882-6 Disponible en: <http://repository.universitasbumigora.ac.id/862/1019/335%20Culinary%20Nutrition%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf>

**MARTÍNEZ-BERNAL, S.** Diseño de un irradiador de alimentos para la eliminación de microorganismos mediante radiación gamma (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea]. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, España. 2018. pp. 12-14. [Consulta: 27 febrero 2022]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106521/29222592\\_TFG\\_15308697863612626768049294585924.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106521/29222592_TFG_15308697863612626768049294585924.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**MILLÁN, D.; et al.** “Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas”. *Saber*, [en línea], 2015, (Venezuela) 27 (3), pp. 454–469. [Consulta: 14 marzo 2022]. ISSN 2343-6468. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-01622015000300011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000300011)

**MINISTERIO DE AGRICULTURA.** *Reporte mensual de precios de leche cruda adquirida por las industrias lácteas en cumplimiento al Acuerdo Ministerial No. 394 – Ministerio de Agricultura y Ganadería.* [blog]. 2014. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/acuerdo-ministerial-no-394/>

**MORETA, M.** *Productores de leche de Tungurahua exigen un valor justo en el precio de la leche* [blog]. *El Comercio*, 2021. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/productores-leche-tungurahua-precio-marcha.html>

**MRLAB.** *¿Qué es una Bomba Peristáltica?* [blog]. 2019. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: [https://www.mrlab.com/what\\_is\\_a\\_peristaltic\\_pump](https://www.mrlab.com/what_is_a_peristaltic_pump).

**INEN 12.** *Leche. Determinación del contenido de grasa*

**INEN 14.** *Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas*

**INEN 16.** *Leche y productos lácteos. Determinación de contenido de nitrógeno. Método kjeldahl.*

**OLIVER, A.L.; & GUEVARA, A.B.** “Irradiancia y radiancia comprensión de los conceptos de irradiancia y radiancia para los espacios arquitectónicos, así como las unidades radiométricas y fotométricas práctica 15”. *Laboratorio de edificación sostenible*, vol. 1, (2018), (Mexico) pp. 4–6.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Enfermedades transmitidas por los alimentos*. [blog]. 2019. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: [https://www.who.int/health-topics/foodborne-diseases#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/foodborne-diseases#tab=tab_1)

**PAPADEMAS, P.; et al.** “Optimización del procesamiento uv-c de la leche de burra: ¿una alternativa a la pasteurización?”. *Animals* [en línea], 2021, (Chipre) 11 (1), pp. 1–10. [Consulta: 1 marzo 2022]. ISSN 20762615. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/1/42>

**QUAGMIRE, G.** *Análisis y pruebas microbiológicas en Campden BRI*. [blog]. 2017. [Consulta: 1 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.campdenbri.co.uk/services/microbiological-testing.php>

**ROSALES-ZAMBRANO, D.; & GARCÍA-LUGO, P.** “Vista de La leche de vaca y sus implicaciones en la transmisión de enfermedades infecciosas”. *Ágora de heterodoxias* [en línea], 2017, (Venezuela) 3 (1), pp. 134–153. [Consulta: 28 febrero 2022]. ISSN 2443-4361. Disponible en: <https://revistas.uclave.org/index.php/agora/article/view/197/88>

**ROSENCRANCE, L.** *¿Qué es una longitud de onda?* [blog]. SearchNetworking, 2021. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/wavelength>

**ROSSEL BERNEDO, L.J.; et al.** “Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termo tolerantes) en el tratamiento de agua potable”. *Revista de Investigaciones Altoandinas* [en línea], 2020. (Perú) 22 (1), pp. 68–77. [Consulta: 14 marzo 2022]. ISSN 2313-2957. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572020000100068&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572020000100068&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

**SCHIRALDI, C.; & ROSA, M.** “Organismos mesofílicos”. *Enciclopedia de Membranas* [en línea], 2014. (Nápoles), pp. 1–2. [Consulta: 28 febrero 2022]. ISBN: 978-3-642-40872-4. Disponible en: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-40872-4\\_1610-2](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-40872-4_1610-2)

**STOICA, M.** “Saneamiento Sostenible en la Industria Alimentaria”. Sistemas alimentarios sostenibles de la agricultura a la industria [en línea], 2018. (Rumania), pp. 309–339. [Consulta: 28 febrero 2022]. ISBN: 978-0-12-811935-8 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128119358000093#!>

**SYNERTECH.** *Equipos Ultravioleta para desinfección Industrial.* [blog]. 2021 [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://www.nyfdecolombia.com/uv/area-industrial/en/paginas/prueba>

**VEISSEYRE, R.; & VENTANAS BARROSO, J.** *Lactología técnica : composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche.* [en línea], 2ª ed. España: Acibia, 1988. [Consulta: 24 June 2022]. Disponible en: [https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991000076899706331&context=U&vid=34CVA\\_UMH:VU1&lang=es](https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991000076899706331&context=U&vid=34CVA_UMH:VU1&lang=es)



## ANEXOS

### ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO

<pre>a) #include "U8glib.h" int RL1=12; int RL2=11; int Buz=10; int tiempo=0; int potencia=0,pot=0; int star=0,var,t1,t2; U8GLIB_SH1106_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NONE);// I2C / TWI unsigned long myTime, contador;  void setup(void) { Serial.begin(9600); pinMode(RL1,OUTPUT); pinMode(RL2,OUTPUT); pinMode(Buz,OUTPUT); pinMode(5,INPUT_PULLUP); // assign default color value if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_R3G3B2 ) {   u8g.setColorIndex(255); // white } else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_GRAY2BIT ) {   u8g.setColorIndex(3); // max intensity } else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_BW ) {   u8g.setColorIndex(1); // pixel on } else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_HICOLOR ) {   u8g.setHiColorByRGB(255,255,255); } }</pre>	<pre>b) void loop(void) {   tiempo=analogRead(A0);   pot=analogRead(A1);   tiempo=map(tiempo,0,1023,0,300);   pot=map(pot,0,1023,5,0);   if(pot&lt;=2){potencia=50; }   if(pot&gt;=4){potencia=100;}   myTime = millis()/1000;   star=digitalRead(5);   if(star==0)   {   if(potencia==50)   {     digitalWrite(RL1,HIGH);     digitalWrite(Buz,HIGH);     delay(1000);     digitalWrite(Buz,LOW);   }   if(potencia==100)   {     digitalWrite(RL1,HIGH);     digitalWrite(RL2,HIGH);     digitalWrite(Buz,HIGH);     delay(1000);     digitalWrite(Buz,LOW);     delay(500);     digitalWrite(Buz,HIGH);     delay(1000);     digitalWrite(Buz,LOW);   }   } }</pre>
---	--

```

c)
t1 = millis()/1000;
t2 =t1+tiempo;
Serial.print("t1: ");
Serial.print(t1);
Serial.print(" t2: ");
Serial.println(t2);
do{
  u8g.firstPage();
do {
  draw2();
} while( u8g.nextPage() );
t1 = millis()/1000;
var=t2-t1;
Serial.print(" tiempo: ");
Serial.println(var);
}while(var>=1);
digitalWrite(RL1,LOW);
digitalWrite(RL2,LOW);
u8g.firstPage();
do {
  draw3();
} while( u8g.nextPage() );
for(int i=100;i>=00;i=i-5)
{
  digitalWrite(Buz,HIGH);
  delay(i);
  digitalWrite(Buz,LOW);
  delay(i);
}
}

```

```

d)
/*
digitalWrite(RL1,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(RL1,LOW);
delay(1000);
digitalWrite(RL2,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(RL2,LOW);
delay(1000);
digitalWrite(Buz,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(Buz,LOW);

*/
// picture loop
u8g.firstPage();
do {
  draw();
} while( u8g.nextPage() );

// rebuild the picture after some delay
delay(50);
}

```

e)

```
void draw(void) {
    // graphic commands to redraw the complete screen should be placed here
    u8g.setFont(u8g_font_unifont);
    //u8g.setFont(u8g_font_osb21);
    u8g.drawStr( 0, 15, " ESTERILIZADOR");
    u8g.drawStr( 0, 28, "   UVC");
    u8g.drawStr( 0, 42, "Potencia: ");
    char buf2[9];
    sprintf (buf2, "%d", potencia);
    u8g.drawStr(90, 42, buf2);
    u8g.drawStr( 0, 60, "Tiempo");
    char buf[9];
    sprintf (buf, "%d", tiempo);
    u8g.drawStr(60, 60, buf);
}

void draw2(void) {
    // graphic commands to redraw the complete screen should be placed here
    u8g.setFont(u8g_font_unifont);
    //u8g.setFont(u8g_font_osb21);
    u8g.drawStr( 0, 15, "CONTANDO");
    u8g.drawStr( 25, 35, "FALTAN: ");
    char buf[9];
    sprintf (buf, "%d", var);
    u8g.drawStr(40, 50, buf);
    u8g.drawStr( 75, 50, "s");
}

void draw3(void) {
    // graphic commands to redraw the complete screen should be placed here
    u8g.setFont(u8g_font_unifont);
    //u8g.setFont(u8g_font_osb21);
    u8g.drawStr( 0, 15, "TIEMPO");
    u8g.drawStr( 25, 35, "TERMINADO");
}
}
```

**ANEXO B: CONTAMINACIÓN DE LA LECHE**

a.



b.

c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p><b>Realizado por:</b> Rodríguez y Torres, María, 2022.</p>	<p style="text-align: center;">Contaminación de Leche Pasteurizada con <i>E. coli</i>.</p>		
<p>a. Muestra contaminada con <i>E. coli</i></p> <p>b. Leche contaminada con <i>E. coli</i></p> <p>c. Análisis de resultados de <i>E. coli</i></p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
			8	1:1	2022/07/11

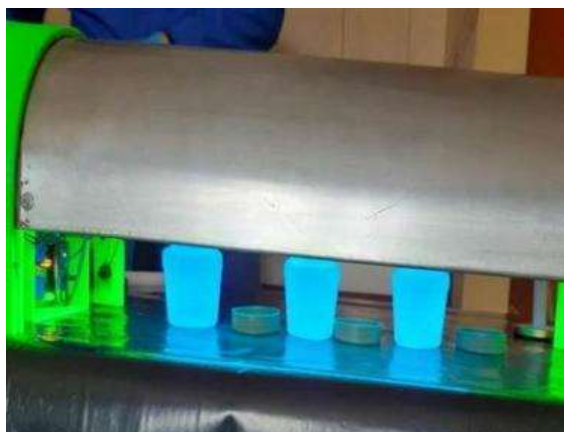


## ANEXO C: IRRADIACIÓN DE LA LECHE

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Realizado por:</b> Rodríguez y Torres, María, 2022.</p>	Irradiación de la leche con Radiación UV-C		
<p>a. Toma de muestras para el espesor</p> <p>b. Desinfección de los envases</p> <p>c. Equipo de medición de Rayos UV-C</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			8	1:1	2022/07/11

## ANEXO D: ANÁLISIS DE LA LECHE

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> Realizado por: Rodríguez y Torres, María, 2022.</p>	Análisis de la leche para la detección de microorganismos		
<p>a. Preparación de Soluciones</p> <p>b. Incubación</p> <p>c. Conteo de microorganismo</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	2022/07/11

ANEXO E: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE CONTAMINADA (1)



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

CÓDIGO 084-22

CLIENTE: María Cristina Torres		
DIRECCIÓN: Riobamba	TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Leche pasteurizada		
FECHA DE RECEPCIÓN: 01 de julio del 2022		
FECHA DE MUESTREO: 01 de julio del 2022		
<b>EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Blanco		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RESULTADO</b>
Eschericha Coli UFC / ml	Siembra en masa	50
FECHA DE ANÁLISIS: 02 de julio del 2022		
FECHA DE ENTREGA: 04 de julio del 2022		
RESPONSABLE:		
 		
<p><b>Dra. Gina Álvarez R.</b></p> <p>El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.</p>		

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
 Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
 Saqmic Laboratorio  
 Riobamba - Ecuador



ANEXO F: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE IRRADIADA A 1 MIN



**saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

CÓDIGO 086/088-22

CLIENTE: María Cristina Torres			
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Leche pasteurizada irradiada			
FECHA DE RECEPCIÓN: 05 de julio del 2022			
FECHA DE MUESTREO: 05 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
A21	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
A41	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
A61	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
FECHA DE ANÁLISIS: 05 de julio del 2022			
FECHA DE ENTREGA: 06 de julio del 2022			
RESPONSABLE:			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
Saqmic Laboratorio  
Riobamba - Ecuador






**saqmie**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

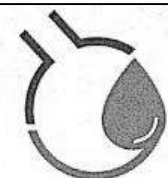
**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

**CÓDIGO 089/091-22**

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 05 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 05 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
B 21	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
B 41	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
B 61	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 05 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 06 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
			
 			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9  
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
Saqmie Laboratorio   
Riobamba - Ecuador

**saqmie**



**saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

**CÓDIGO 091/094-22**

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 05 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 05 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
C 21	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
C 41	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	150
C 61	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	200
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 05 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 06 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
 			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b> El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
Saqmic Laboratorio  
Riobamba - Ecuador

**saqmic**

ANEXO G: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE CONTAMINADA (2)



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO 114-22

CLIENTE: María Cristina Torres		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO:
TIPO DE MUESTRA: Leche pasteurizada contaminada		
FECHA DE RECEPCIÓN: 14 de julio del 2022		
FECHA DE MUESTREO: 14 de julio del 2022		
EXAMEN FÍSICO		
COLOR: Blanco		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Eschericha Coli UFC / ml	Siembra en masa	70
FECHA DE ANÁLISIS: 15 de julio del 2022		
FECHA DE ENTREGA: 16 de julio del 2022		

RESPONSABLE:



**Dra. Gina Álvarez R.**

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.



# ANEXO H: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE IRRADIADA A 8 MIN



## EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS **saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

CÓDIGO 112/113-22

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 19 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 19 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
A28	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	11
A48	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	19
A68	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	28
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 19 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 21 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
Saqmic Laboratorio  
Riobamba - Ecuador

**saqmic**







**saqmic**

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**CÓDIGO 120/126-22**

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 19 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 19 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
B28	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	15
B68	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	29
B48	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	22
C28	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	10
C48	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	30
C68	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	33
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 19 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 21 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			



Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contáctanos: ☎0998580374 📞032 942 322  
Saqmic Laboratorio 📍  
Riobamba - Ecuador

**saqmic**

**ANEXO I: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE CONTAMINADA (3)**

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

**CÓDIGO 105/107-22**

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 12 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 12 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
LMM	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	55
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 12 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 13 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

ANEXO J: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHE IRRADIADA A 15 MIN



**saqmic**

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

CÓDIGO 099/101-22

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 12 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 12 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
A215	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	AUSENCIA
A415	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	7
A615	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	9
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 12 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 13 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
 			
<p><b>Dra. Gina Álvarez R.</b></p> <p>El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.</p>			

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9  
 Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
 Saqmic Laboratorio 📍  
 Riobamba - Ecuador

**saqmic**





**saqmic**

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**CÓDIGO 109/111-22**

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 19 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 19 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
B 215	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	Ausencia
B 415	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	7
B 615	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	9
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 19 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 21 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9  
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
Saqmic Laboratorio 📍  
Riobamba - Ecuador





## EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS **saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

CÓDIGO 105/107-22

<b>CLIENTE:</b> María Cristina Torres			
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Leche pasteurizada irradiada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 12 de julio del 2022			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 12 de julio del 2022			
<b>EXAMEN FÍSICO</b>			
COLOR: Blanco			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MUESTRA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
C215	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	AUSENCIA
C415	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	10
C615	Eschericha Coli UFC / g	Siembra en masa	39
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 12 de julio del 2022			
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 13 de julio del 2022			
<b>RESPONSABLE:</b>			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS			

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
Saqmic Laboratorio  
Riobamba - Ecuador

**saqmic**

**ANEXO K: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LECHE IRRADIADA  
CON VALORES ÓPTIMOS**



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS**

**CÓDIGO: 133-22**

**CLIENTE:** Srta. Maria Cristina Torres  
**DIRECCIÓN:** Riobamba  
**TIPO DE MUESTRA:** Leche irradiada  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 04 de agosto del 2022  
**FECHA DE MUESTREO:** 04 de agosto del 2022

**EXAMEN FÍSICO**

**ASPECTO:** Muestra homogénea libre de material extraño  
**OLOR:** Característico  
**COLOR:** Blanco

**EXAMEN QUÍMICO**

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 16	3.27
Grasa	%	INEN 12	3.98
Sólidos totales	%	INEN 14	10.98

**RESPONSABLE:**

**Dra. Gina Álvarez R.**

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en laboratorio

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contactanos: ☎0998580374 📞032 942 322  
Saqmic Laboratorio  
Riobamba - Ecuador

**saqmic**



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 01 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> María Cristina Torres Lozada  Néstor David Rodríguez Ortíz
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera/o Química/o
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



2402-DBRA-UTP-2022