



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A
PARTIR DE SUERO LÁCTEO”**

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieras Agroindustriales**

Autoras:

Sánchez Tapia Doménica Karolina

Villalba Cueva María Daniela

Tutor:

Cerda Andino Edwin Fabián

LATACUNGA - ECUADOR

Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Doménica Karolina Sánchez Tapia con cédula de ciudadanía No. 0550106645 y María Daniela Villalba Cueva, con cédula de ciudadanía No. 0504237777, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: “**ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO**”, siendo el Ingeniero Mg. Edwin Fabián Cerda Andino, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.


Latacunga, 16 de febrero del 2024



Doménica Karolina Sánchez Tapia

CC: 0550106645

ESTUDIANTE



María Daniela Villalba Cueva

CC: 0504237777

ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SÁNCHEZ TAPIA DOMÉNICA KAROLINA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550106645** de estado civil casada, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Febrero 2024

Aprobación en Consejo Directivo: de noviembre del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. Edwin Fabián Cerda Andino

Tema: **“ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.


CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2024.


Doménica Karolina Sánchez Tapia
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VILLALBA CUEVA MARÍA DANIELA**, identificada con cédula de ciudadanía **0504237777** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** ; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Febrero 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. Edwin Fabián Cerda Andino

Tema: “**ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2024.

María Daniela Villalba Cueva
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO”, de Sánchez Tapia Doménica Karolina y Villalba Cueva María Daniela, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente Informe Investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 23 de febrero del 2024



Ing. Edwin Fabián Cerda Andino, Mg.

CC: 0501369805

DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Sánchez Tapia Doménica Karolina y Villalba Cueva María Daniela, con el título del Proyecto de Investigación: **“ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza la entrega de los archivos digitales correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 23 de febrero del 2024



Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.
CC: 0501511604
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.
CC: 0501773931
LECTOR 2



Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.
CC: 1714592746
LECTOR 3

AGRADECIMIENTO

Esta tesis y el resultado de mi formación, se la debo a mis docentes ya que gracias a su orientación, apoyo y dedicación durante todo este proceso he adquirido muchos conocimientos, valiosos comentarios y una guía constante para el éxito de este trabajo. También quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por proporcionar un entorno propicio para la investigación y el aprendizaje. La infraestructura, recursos y oportunidades académicas ofrecidas por la universidad fueron indispensables para la realización de este proyecto.

Doménica Karolina Sánchez Tapia

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser parte fundamental de mi formación académica y personal, primordialmente a mi tutor, el Ingeniero Fabián Cerda por ser una guía esencial para todos quienes somos parte de la Carrera de Agroindustria, gracias a su vocación por la docencia, su paciencia y motivación constante nuestra carrera forma los mejores profesionales de este país. Finalmente, expreso mi profundo agradecimiento a la empresa privada e instituciones que contribuyeron a la realización de este proyecto.

María Daniela Villalba Cueva

DEDICATORIA

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino académico, a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio, y a mi querida hija, quien ha sido mi inspiración y motivo para alcanzar nuevas metas.

Doménica Karolina Sánchez Tapia

DEDICATORIA

A las personas más importantes en mi vida, mi familia.

A Adriana y Nicolás por ser mi fuente de inspiración para lograr grandes cosas en mi vida, por ser mi guía, mi luz y mi lugar seguro en todo momento.

María Daniela Villalba Cueva

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO LÁCTEO”

Autoras:

Sánchez Tapia Doménica Karolina

Villalba Cueva María Daniela

RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de aprovechar el suero de leche obtenido a partir de la elaboración de quesos en nuestro país, que por muchos años fue considerado un desperdicio y genera un impacto ambiental negativo en nuestro entorno. Actualmente, la industria se ha enfocado en darle una nueva oportunidad a este subproducto. En este trabajo se busca desarrollar un suplemento proteico en polvo a partir de concentrado de suero de leche para complementar las necesidades nutricionales y proteicas de las personas, y además contribuir con prácticas más sostenibles dentro de la industria alimentaria. Para la elaboración del concentrado se utilizó la técnica de ultrafiltración y secado en spray dryer, y para la elaboración del suplemento proteico se añadió maltodextrina, cacao orgánico en polvo y un mix de estabilizantes, para darle un valor agregado al producto. Este trabajo de investigación incluyó una serie de pruebas, que dieron como resultado un contenido proteico del 30,18% en el mejor tratamiento, las pruebas microbiológicas realizadas a este tratamiento cumplen con el requerimiento de la norma INEN 2983 para complementos nutricionales, mientras que los resultados obtenidos mediante análisis sensorial destacan la aceptabilidad del tratamiento 1, que contiene un 29,48% de proteína. Todos los tratamientos analizados en esta investigación aportan más del 20% del requerimiento diario de proteínas, considerándose un producto alto en proteína según la norma INEN 1334:3 y cuenta con propiedades nutricionales excepcionales y características sensoriales atractivas.

Palabras clave: industria alimentaria, necesidad nutricional, proteína, suero de leche, suplemento proteico.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES FACULTY

TOPIC: "A PROTEIN POWDER SUPPLEMENT ELABORATION FROM DAIRY WHEY".

Authors:

Sánchez Tapia Doménica Karolina

Villalba Cueva María Daniela

ABSTRACT

This research was made with the purpose of taking whey advantage got from cheese production in our country, which for many years, was considered waste and generates a negative environmental impact on our environment. Currently, the industry has focused on giving a new opportunity to this byproduct. This work seeks to develop a whey powdered protein supplement from whey concentrate to complement the people's nutritional and protein needs, and further, it contributes to more sustainable practices within the food industry. For elaborating the concentrate, it was used the ultrafiltration and drying technique in a spray dryer, and to elaborate the protein supplement, it was added maltodextrin, organic cocoa powder and a stabilizers mix, to give added value to the product. This research work included a tests series, which resulted in a protein content 30.18% in the best treatment, the microbiological tests made on this treatment comply with the requirement from INEN 2983 standard for nutritional supplements, while the got results, through sensory analysis highlight the treatment 1 acceptability, which contains a 29.48% protein. All the treatments analyzed in this research provide more than 20% the daily protein requirement, being considered a high protein product, according to the INEN 1334:3 standard and has exceptional nutritional properties and attractive sensory characteristics.

Keywords: Food industry, nutritional need, protein, whey, protein supplement.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
<i>AGRADECIMIENTO</i>	ix
<i>AGRADECIMIENTO</i>	x
<i>DEDICATORIA</i>	xi
<i>DEDICATORIA</i>	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL:	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. General:.....	4
5.2. Específicos:	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA.....	6
7.1. Antecedentes	6
7.2. Fundamentación Teórica.....	7
7.2.1. Suero lácteo	7
7.2.2. Composición química del suero de leche.....	9
7.2.3. Tipos de suero de leche	10
7.2.4. Proteínas del suero de leche	11
7.2.5. Usos del suero de leche	12
7.3. Suero de leche en polvo	12
7.3.1. Propiedades del suero de leche en polvo.....	13
7.3.2. Composición del suero de leche en polvo.....	13
7.4. Producción Suplemento Proteico	15

7.4.1.	Concentración.....	16
7.4.2.	Métodos de concentración de suero de la leche	17
7.5.	Secado.....	18
7.5.1.	Tipos de secadores	18
7.5.2.	Secado por aspersión.....	19
7.5.3.	Atomizador Spray Dryer.....	20
7.6.	Maltodextrina	20
7.7.	Cacao orgánico en polvo.....	21
7.8.	Estabilizantes.....	21
7.8.1.	Goma Xantana	21
7.8.2.	CMC (Carboximetilcelulosa)	21
7.9.	Suplementos alimenticios	21
7.10.	Suplementos proteicos	22
9.1.	Tipos de investigación	24
9.1.1.	Investigación bibliográfica.....	24
9.1.2.	Investigación científica	25
9.1.3.	Investigación descriptiva.....	25
9.2.	Métodos de investigación	25
9.2.1.	Método analítico	25
9.2.2.	Método cuantitativo.	26
9.2.3.	Método experimental	26
9.3.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	26
9.3.1.	Observación.....	26
9.3.2.	Registro fotográfico	26
9.3.3.	Fichas de registro.....	27
9.3.4.	Instrumentos tecnológicos.....	27
9.3.5.	Encuestas	27
9.4.	Metodología para la elaboración del suplemento proteico	28
9.4.1.	Materias primas e insumos.....	28
9.4.2.	Instrumentos y equipos	28
9.4.3.	Proceso de elaboración.....	29
9.5.	Diseño experimental	30
9.5.1.	Niveles del diseño experimental.....	31
9.6.	Metodología para la determinación de proteína.....	32
9.7.	Metodología para la determinación de sólidos totales disueltos	32

9.8.	Metodología para la determinación de densidad	33
9.9.	Metodología para realizar análisis sensorial	33
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
10.1.	Contenido proteico	34
10.2.	Análisis de sólidos disueltos	37
10.3.	Optimización	39
10.4.	Análisis de densidad	40
10.5.	Análisis microbiológicos	41
10.6.	Análisis sensorial.....	43
10.7.	Aporte proteico.....	45
11.	IMPACTOS TÉCNICOS, AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS	46
11.1.	Técnicos	46
11.2.	Ambientales	46
11.3.	Sociales	46
11.4.	Económicos	46
12.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	47
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
13.1.	Conclusiones	51
13.2.	Recomendaciones	51
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor diario recomendado de nutrientes.....	3
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planteados.	5
Tabla 3. Componentes del suero de leche	11
Tabla 4. Funciones y productos elaborados a partir de diferentes tipos de proteínas.....	15
Tabla 5. Tipos de suplementos proteicos a partir de suero de leche.....	17
Tabla 6. Tipos de secadores.....	19
Tabla 8. Condiciones para la declaración de propiedades nutricionales.....	24
Tabla 9. Formulario de encuesta.....	28
Tabla 10. Corridas experimentales según el software Design Expert 8.0.6.....	31
Tabla 11. Niveles del diseño experimental.....	31
Tabla 12. Contenido de proteína por formulación.....	34
Tabla 13. Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína (%).....	35
Tabla 14. Porcentaje de sólidos disueltos.....	37
Tabla 15. Parámetros del modelo codificado para el contenido de sólidos totales disueltos (%)	38
Tabla 16. Optimización de la fórmula.....	39
Tabla 17. Resultados del análisis de densidad bruta y densidad compactada de la mezcla en polvo.....	40
Tabla 18. Resultados y requisitos microbiológicos del tratamiento con mayor contenido proteico.....	42
Tabla 19. Aceptabilidad de cada parámetro.	43
Tabla 20. Porcentaje de aceptabilidad de cada muestra.	44
Tabla 21. Aporte proteico de cada formulación.	45
Tabla 22. Presupuesto del proyecto de investigación	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Flujo de operaciones para la obtención de suero a partir de la elaboración de queso.	8
Ilustración 2. Proceso de producción de un suplemento proteico.....	16
Ilustración 3. Flujo de operaciones para la elaboración de un suplemento proteico en polvo a partir de suero de leche	30
Ilustración 4. Porcentaje de proteína según formulación.....	36
Ilustración 5. Porcentaje de sólidos totales disueltos.	39
Ilustración 6. Comparación de densidades.	41

1. INFORMACIÓN GENERAL:**Título del proyecto:**

“Elaboración de un suplemento proteico en polvo a partir de suero lácteo”

Fecha de inicio: Octubre del 2023

Fecha de finalización: Febrero del 2024

Lugar de ejecución:

Barrio: Salache Alto

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi, Zona 3

País: Ecuador

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Carrera de Agroindustria

Equipo de trabajo:

Tutor: Ing. Cerda Andino Edwin Fabián. Mg.

Investigadora 1: Sánchez Tapia Doménica Karolina

Investigadora 2: Villalba Cueva María Daniela

Coordinador del Proyecto:

Nombres: Sánchez Tapia Doménica Karolina / Villalba Cueva María Daniela

Teléfonos: 0963275993 / 0998813150

Correo electrónico: domenica.sanchez6645@utc.edu.ec / maria.villalba7777@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Área: Ingeniería, Industria y Construcción

Sub-área: Industria y Producción

Línea de Investigación de la carrera:

Línea: Procesos industriales

Sub línea: Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales.

Línea de Vinculación de la carrera:

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Durante muchos años, el suero de leche ha sido considerado uno de los desperdicios más grandes producidos por la industria láctea y sus derivados, aproximadamente por cada kilogramo de queso, se generan nueve litros de suero; lo que lo convierte en uno de los desechos contaminantes más problemáticos que existen a nivel ambiental; por tanto, el presente proyecto se enmarca en la creación de una fuente de reutilización de este.

Hoy existen varias alternativas para su uso y consumo ya sea animal o humano, dentro de la dieta diaria. Las proteínas que contiene el lactosuero actualmente son usadas como complemento alimenticio en atletas o practicantes de fisicoculturismo, puesto que su consumo favorece el desarrollo de masa muscular, y ayuda a combatir la desnutrición en niños, siendo estos los principales aportes del concentrado de proteína.

El suero fresco pasteurizado, es raramente usado en su forma líquida original debido a su alto costo de transporte y a la susceptibilidad al deterioro durante el almacenamiento. Sin embargo, el elevado gasto que demanda la adquisición e instalación de equipos para el procesamiento de suero de leche ha impedido que la industria para procesar esta materia prima en nuestro país se pueda desarrollar y así darle un valor agregado a este subproducto.

Es por ello, que este proyecto de investigación pretende desarrollar un nuevo producto que pueda suplir de manera ideal las necesidades nutricionales del cuerpo humano de forma práctica y al alcance de todos, independientemente de la edad del consumidor, aportando además una alternativa al consumidor, cuya dieta pudiera estar exenta de carnes. El desarrollo de esta industria representa en nuestro país una nueva oportunidad de negocio y una fuente de ingresos adicional para las familias productoras de quesos artesanales, de esta forma el suero de leche obtenido como subproducto de este proceso dejaría de ser un desperdicio para pasar a ser materia prima para la creación de nuevos e innovadores productos alimenticios.

Además de todas las cualidades y ventajas ambientales y económicas, su consumo es beneficioso para nuestra salud, pues la proteína del suero de leche posee un alto valor nutritivo, contiene más del 50% de los sólidos de la leche como la proteína, la lactosa, los minerales y vitaminas. Gracias a la tecnología, el aprovechamiento de los componentes del lactosuero es cada vez mayor, existe el proceso de separación por membranas, hidrólisis, electrocoagulación, entre otros procesos que permiten incluso recuperar el agua de suero de leche o permeado lácteo para su aplicación en diversos productos.

Por tanto, es necesario tener en cuenta los nutrientes de declaración obligatoria y su valor diario recomendado, información que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1. Valor diario recomendado de nutrientes.

Nutrientes	Unidad	Niños mayores de 4 años y adultos
Valor energético	kJ/kcal	8380/2000
Grasa total	g	65
Ácidos grasos saturados	g	20
Colesterol	mg	300
Sodio	mg	2400
Carbohidratos totales	g	300
Proteína	g	50

Fuente: NTE-INEN 1334-2; (2011)

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

- **Beneficiarios directos:** Todas las personas a partir de los 4 años de edad.
- **Beneficiarios indirectos:** Productores de suero, pequeñas y medianas empresas lácteas, industria quesera del país.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Debido a su alto contenido de proteínas, vitaminas y calcio, la leche y sus derivados forman parte de la lista de alimentos considerados esenciales dentro de una buena nutrición, pues sólo en 2021, su ingesta se aproximó a los 368 millones de toneladas en todo el mundo, de los cuales cerca de la mitad se registró en Europa. Alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción de leche, y en la mayoría de los países en desarrollo la leche es producida por pequeños agricultores y la producción lechera contribuye a los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares. La leche produce ganancias relativamente rápidas para los pequeños productores y es una fuente importante de ingresos en efectivo. (FAO; 2013)

Históricamente, se ha considerado al suero como un desecho, el cual se descarta de la forma más económica posible, como por ejemplo vertiéndose al drenaje, lo que genera un grave problema de tipo ambiental; se estima que por cada 1000 litros de suero de leche líquido se produce cerca de 35 Kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 Kg de demanda química de oxígeno (DQO). Esta fuerza contaminante es equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 450 personas (Poveda, 2014).

Latinoamérica no es el mayor actor global del sector de la leche tradicional, pero su

aporte del 10% a la producción mundial la posiciona en el cuarto lugar del ranking por volumen de ingresos de ventas minoristas. Es importante resaltar que el consumo anual de queso supera las 800.000 toneladas métricas en Brasil y el medio millón de toneladas en México, debido a su presencia en muchas comidas típicas latinoamericanas, como el choriqueso, el pan de queso chipá, las arepas, la papa huancaína o las quesadillas. Solamente en México existen más de 40 variedades, como el queso Oaxaca (quesillo), Chihuahua o Cotija. Por esto, la producción de queso en México superó las 445.000 toneladas en el año 2021, es decir, un aumento del 62% en comparación a la última década. (Statista; 2024)

En el 2022, la producción nacional de leche cruda en Ecuador bordeó los 5 '700.000 litros por día. Del volumen diario de leche cruda en el país, solamente el 36% de esta se destina a la industria formal, un 8,76% se queda en las fincas para consumo familiar, alimentación de terneras e incluye posibles desperdicios, y el 55,24% restante se procesa en finca o se comercializa en el mercado informal, mayoritariamente como bloques de queso fresco. En nuestro país el número de industrias que se dediquen a darle una nueva vida al suero de leche es muy escaso, es por eso que en esta investigación el principal propósito es darle un valor agregado a este residuo de los procesos agroindustriales.

5. OBJETIVOS

5.1. General:

- Elaborar un suplemento proteico en polvo a partir de un concentrado de suero de leche destacando sus propiedades organolépticas y nutricionales.

5.2. Específicos:

- Establecer diferentes formulaciones para el desarrollo del suplemento proteico en polvo del que resalten su sabor, textura y solubilidad.
- Determinar la aceptabilidad del producto mediante análisis sensorial.
- Realizar un análisis nutricional de todos los tratamientos obtenidos y análisis microbiológico del tratamiento con mayor aporte proteico para compararlos con la normativa INEN 2983 para complementos nutricionales.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2. *Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planteados.*

Objetivos	Actividad (Tareas)	Resultados de la actividad	Medio de Verificación
Objetivo 1			
Establecer diferentes formulaciones para el desarrollo del suplemento proteico en polvo del que resalten su sabor, textura y solubilidad.	Elaboración de fórmulas combinando el porcentaje de concentrado proteico, maltodextrina, estabilizantes y cacao en polvo que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 2983 para suplementos alimenticios.	Obtención de diferentes formulaciones de suplemento proteico.	Tabla 7. Corridas experimentales según el software Design Expert 8.0.6.
Objetivo 2			
Determinar la aceptabilidad del producto mediante análisis sensorial.	Evaluación de la aceptabilidad del producto mediante análisis sensorial realizado por un panel de catadores.	Definición de la aceptabilidad de cada fórmula de suplemento proteico.	Tablas 17 y 18. Aceptabilidad de cada parámetro y porcentaje de aceptabilidad de cada muestra. Anexo 19. Modelo de encuesta aplicado.
Objetivo 3			
Realizar un análisis nutricional de todos los tratamientos obtenidos y análisis microbiológico del tratamiento con mayor aporte proteico para compararlos con la normativa INEN 2983 para complementos nutricionales.	Preparación de las muestras que serán analizadas en un laboratorio acreditado.	Caracterización nutricional y resultados del análisis microbiológico del suplemento proteico.	Tabla 9. Contenido de proteína por formulación. Tabla 15. Resultados y requisitos microbiológicos. Anexos 11-18.

Fuente: *Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)*

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA

7.1. Antecedentes

Jaramillo (2021) relata en su investigación titulada “*Desarrollo de un suplemento nutricional a partir de lactosuero para deportistas adultos*” cómo se pueden aprovechar las proteínas que posee el suero de leche, su estudio tuvo como finalidad la elaboración de un suplemento nutricional bajo la transformación de este derivado en polvo de alta pureza. El diseño fue ejecutado al azar bajo dos factores; temperatura de secado de entrada del atomizador (180-195°C) y el caudal de alimentación (8-9-10 Hz) para pulverizar el concentrado proteico, bajo la interacción de estos factores se analizó la influencia de los mismos sobre los porcentajes finales de grasa, proteína y humedad, determinando que el mayor porcentaje proteico se obtuvo a una temperatura de 195°C y un caudal de alimentación de 9Hz; parámetros que lograron alcanzar un 80% de proteína en polvo, lo que logró catalogar el producto final como un concentrado proteico de alta pureza, característica que le permitiría formar parte de los productos comerciales innovadores más vendidos.

En el estudio con el tema “*Obtención y caracterización de suero de leche en polvo a partir de lactosuero de la empresa (PROLAD’S) mediante el método de secado por aspersion (SPRAY DRYER)*” se realizó un muestreo de 11 corridas con diferentes factores de estudio similares al primer proyecto, como la temperatura de entrada de aire (170°C, 175°C y 180°C) y concentración de maltodextrina (25%, 50% y 75%) donde, en el análisis físico-químico realizado al lactosuero se destaca el contenido de lactosa, proteína, grasa, ceniza, acidez titulable y pH. Para obtener el suero de leche en polvo se sometió la muestra de lactosuero al Spray Dryer para determinar la humedad y el rendimiento de sólidos totales de las diferentes corridas experimentales a las condiciones establecidas. Se comprobó el proceso de optimización numérica de la obtención de suero de leche en polvo, mediante una comparación de los valores experimentales de humedad (3,22 %) y rendimiento de sólidos totales (91,23%), con los obtenidos de la optimización de humedad (2,5%) y rendimiento de sólidos totales (92,5%). Finalmente, el estudio evidenció que en el caso de la humedad resulta un valor superior a la optimización numérica, mientras que, en cuanto al rendimiento de los sólidos totales, el valor fue superior a la misma (Loachamin y Narváez, 2021).

Ruano, Ciro, y Sepúlveda, (2018) realizaron un estudio encaminado a obtener las

características de calidad de productos en polvo obtenidos mediante secado por aspersión de jugo de caña y concentrado de proteína de suero dulce, el cual se centró en la evaluación cinética de la absorción de agua y las posibles propiedades físicas y cambios químicos que pueden ocurrir en el polvo obtenido al exponerlo a una temperatura de 25°C y una humedad relativa del 75%, utilizando modelos de Peleg y exponencial altamente ajustados ($R^2 > 98\%$) las cuales miden qué tan buenos son estos factores.

Camacho (2010), realizó una investigación sobre la obtención de concentrado proteico del suero de leche de vaca utilizando tecnología de membranas con propósitos agroindustriales, donde la finalidad se centra en obtener un concentrado proteico del suero de la leche. Realizó cada experimento a través de muestras con valores de pH cercanos a 5,7, porcentaje de grasa de 0,2% y en cuanto a proteínas una concentración del 0,6 %. El suero de leche en esta investigación tuvo varios tratamientos previos para disminuir el colmataje que se iba evidenciando por la disminución del flujo de permeado, entre estos se efectuó el pre-filtrado con una tela de lino de tamaño de poro de 0,1 mm de diámetro para retirar contaminantes de gran tamaño, como pelos, pelusas o partículas de caseína; el centrifugado ayudó a homogeneizar las partículas de grasa existentes en la superficie del suero. Se retiró el 0,2 % de grasa presente y finalmente se realizó el filtrado selectivo mediante el método de membranas, empezando con microfiltración a través de una membrana de tamaño de poro de 0,2 μm , con 2 bar de presión transmembrana (PTM) y una temperatura de 30 °C. En la mayoría de los experimentos se alcanzó un bajo porcentaje de proteína concentrada al 3 %, finalmente, se concluye que el mejor experimento es aquel que muestra resultados con los factores de la membrana de 50 kDa y una presión transmembrana de 3 bar.

Segura (2020), en su investigación sobre “*Microencapsulación de leche mediante secado por atomización a baja temperatura*”, también estudia factores como la temperatura de secado, el caudal y la temperatura de salida, donde el principal objetivo es la microencapsulación de leche entera en polvo con un rendimiento alto mediante la aplicación tecnológica de un equipo de secado por atomización a escala laboratorio llamado Büchi mini Spray Dryer B-290.

7.2. Fundamentación Teórica

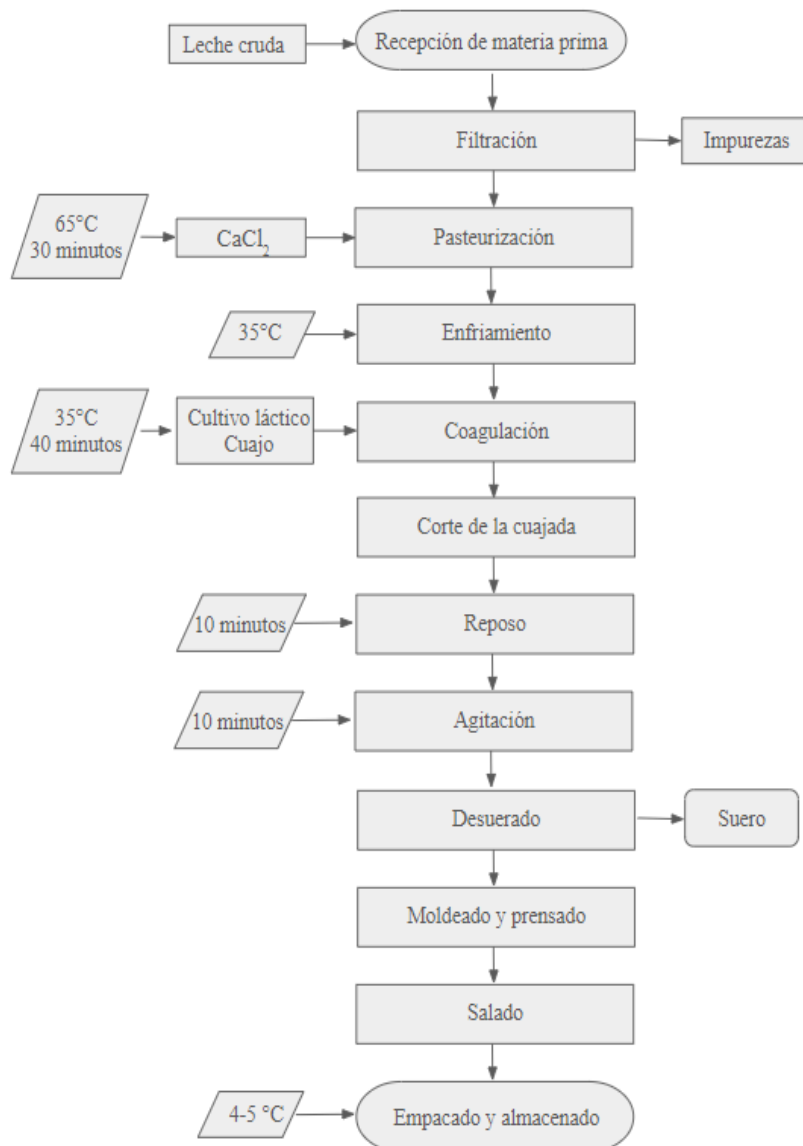
7.2.1. Suero lácteo

El suero de leche es un subproducto que es obtenido en diferentes formas como

resultado de coagulación de la caseína de la leche, por acción de enzimas de origen vegetal o microbiano, o por un efecto de incorporación de ácidos orgánicos o minerales acidificados y por intercambio iónico hasta lograr el punto isoeléctrico de la caseína.

Según (Jaramillo, 2021), el lactosuero es un producto resultante de operaciones agroindustriales como la producción de quesos que está compuesto por una porción líquida, donde se encuentran suspendidos todos los componentes nutricionales que no fueron integrados en la coagulación de la caseína como proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, y otros compuestos de importancia biológica y funcional.

Ilustración 1. Flujo de operaciones para la obtención de suero a partir de la elaboración de queso.



Fuente: Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)

La leche que se utiliza en la fabricación del queso se ajusta a un contenido de grasa de entre 2,5% y 3,5%, según el tipo de queso que se desee elaborar. Después del ajuste del contenido de grasa, se pasteuriza la leche en un proceso térmico lento de 65°C por aproximadamente 30 minutos, con la finalidad de proteger la proteína e inactivar posibles microorganismos patógenos que pudieran estar presentes en la leche cruda.

La leche se enfría hasta una temperatura de 35°C para poder inocular el cultivo de bacterias, generalmente ácido lácticas, para llegar al pH deseado y darle al producto final un sabor específico, después se agregan enzimas como el cuajo.

Al colocar en la leche la combinación de enzimas, se induce a la coagulación de la caseína y se forma una red alrededor de los glóbulos de grasa de la leche; la coagulación se lleva a cabo en dos fases, siendo la primera la hidrólisis de la β -caseína, y luego las etapas de aglutinación y sinéresis, en las que las moléculas de caseína se juntan alrededor de los glóbulos de grasa. Tras introducir el cuajo, se expone a una temperatura de 30°C durante 30 minutos. Durante este tiempo, se hidroliza del 70% al 90% de la β -caseína (Sbodio, 2019).

Las características principales del suero lácteo son su fluidez, su color amarillento verdoso de sabor fresco, tenuemente dulce, de carácter ácido, con un contenido de sólidos totales del 4 al 6 %. Presenta una viscosidad de 1,14 centipoise, muy cercana a la del agua, y una densidad de 1,025 g/ml. El valor energético del lactosuero tiene valores similares a los de la harina de trigo de alrededor de 357 kcal/100 g. lo que lo hace un alimento con mucho potencial. (Caisa, 2019)

7.2.2. Composición química del suero de leche

La composición química del lactosuero hace que este sea un subproducto altamente nutritivo, sus características dependen principalmente del periodo de lactancia de la especie, alimentación y raza del animal, así como también influye el factor ambiental. Uno de los principales factores de influencia en su composición química son las técnicas de procesamiento utilizadas para la elaboración del queso del que se deriva. (Caisa, 2019)

Siendo la lactosa el principal componente sólido, se compone de 45 y 50 g·l⁻¹, lo cual representa el 50% del total de los sólidos; las proteínas se encuentran entre 6 a 8 g·l⁻¹, contiene 0,5 g·l⁻¹ de ácido láctico, y cantidades apreciables de ácido cítrico, compuestos nitrogenados no proteicos como la urea y ácido úrico, y también posee vitaminas del grupo B. (Chacón et al.,

2022)

Las propiedades nutritivas del suero de leche son muy altas, pese a eso, en algunos países del mundo se considera un contaminante ambiental altamente perjudicial ya que es vertido directamente en el suelo o fuentes de agua afectando así la disponibilidad de la calidad de agua para consumo humano y afecta seriamente la disponibilidad de oxígeno. (Poveda, 2017).

El impacto ecológico que el lactosuero genera es bastante alto, pues se estima que por cada 1000 litros de suero de leche se genera una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 35 kg y una demanda química de oxígeno (DQO) de 68 kg aproximadamente, lo que equivale a una descarga de aguas negras de una población de 450 habitantes diariamente. (Chacón et al., 2022).

7.2.3. Tipos de suero de leche

Chacón (2022), indica que se pueden encontrar dos tipos de suero de leche según el proceso agroindustrial a partir del cual fueron generados, así el que resulta de la fracción de la caseína de la leche y se separa mediante acción enzimática del resto de las proteínas lácteas, se denomina suero dulce.

El suero dulce es obtenido como resultado de la elaboración de quesos duros y es el más habitual en los países europeos, este tipo de suero contiene mayor calidad nutritiva que los sueros ácidos gracias a características propias como la palatabilidad y su contenido de proteína (2%). Mientras que en los sueros ácidos el porcentaje en lactosa es menor (2%), pero superior en ácido láctico (3-5%). En el proceso de obtención de los sueros dulces sólo se usan fermentos, por lo que en general el nivel de minerales, sodio y cloro es bajo. Los sueros dulces suelen ser más fluidos y fáciles de manejar. (Viteri et al, 2018)

El suero ácido, por otra parte, se obtiene por la coagulación ácida de las caseínas con un pH menor a 5. Este se produce al elaborar quesos de pasta blanda y quesos frescos. Las diferencias principales entre ambos tipos de sueros generalmente se presentan en el contenido de minerales, su acidez y la composición química de las proteínas presentes en él.

La acidez del suero de leche hace referencia al ácido láctico producido a partir de bacterias ácido-lácticas añadidas durante el proceso. Luego, el ácido láctico se neutraliza con

cal o hidróxido de sodio, lo que aumenta el contenido de cenizas del producto final. En el suero de la caseína, un fragmento de la acidez es inorgánica y está formada por ácido clorhídrico y ácido sulfúrico. (FEDNA, 2020)

Tabla 3. *Componentes del suero de leche*

Componente	Suero dulce	Suero ácido
Humedad	93-94 %	94-95 %
pH	6.0-6.6 %	4.3-4.7 %
Grasa	0.2-0.7 %	0.04 %
Proteínas	0.8-1.0 %	0.8-1.0 %
Lactosa	4.5-5.0 %	4.5-5.0 %
Sales Minerales	0.05 %	0.4 %

Fuente: *Camacho; (2010)*

7.2.4. Proteínas del suero de leche

Las principales proteínas que se encuentran en el suero de leche son 4 según la clasificación propuesta en la investigación de (Camacho, 2010): albúminas, globulinas, proteasas-peptonas y otras distintas como la lactoferrina. El suero de leche es muy rico en inmunoglobulinas que son las que transmiten la inmunidad de la madre al recién nacido, también podemos encontrar presentes seroalbúminas, peptona proteasa, lactoferrasa y transferrina, que ayudan a complementar la composición proteica de este derivado; adicionalmente el lactosuero contiene una porción hidrosoluble de la Kappa-caseína conocida como Glicomacropéptido (GMP) el cual representa entre el 20 al 25% de la proteína disuelta en el suero. (Salazar, 2019)

Entre los minerales del lactosuero sobresale el potasio, seguido por el calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta además con varias vitaminas del grupo B como la tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina y también ácido ascórbico, donde el ácido pantoténico y el ácido ascórbico presentan las mayores concentraciones con 3,4 y 2,2 mg/ml respectivamente. (Huertas, 2014)

Afirma (Poveda, 2018), que estudios in vitro han demostrado que las proteínas séricas como la α - lactoalbúmina y la β -lactoglobulina pueden unirse al calcio, lo puede interferir con su biodisponibilidad. Al igual que la calmodulina, la α -lactoalbúmina se une firmemente al

calcio, pero estos efectos no parecen ser obvios en el cuerpo. Además de la relación entre la proteína sérica y el calcio presente en la fracción láctea, también hay evidencia de que los componentes de la proteína sérica (como la α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, albúmina, inmunoglobulina y contenido proteico de otras sustancias biológicamente activas) tienen un efecto positivo en la salud ósea ya que estimulan el crecimiento y la diferenciación de las células óseas in vitro e inhiben la resorción ósea en ratas ovariectomizadas (OVX). (Camacho, 2010)

7.2.5. Usos del suero de leche

Al ser una proteína de alta calidad y de costo accesible a nivel mundial el 50% del suero producido es tratado y transformado en productos alimenticios. Mientras que el otro 45% es utilizado de forma directa, el 30 % generalmente se deshidrata para su utilización en forma de polvo y el 15% pasa por un proceso industrial para extraer sus componentes principales, especialmente la lactosa y proteína para crear nuevos e innovadores productos. (Poveda, 2017)

Dentro de los usos más comunes que se le dan al suero de leche es su aplicación como un ingrediente principal en las bebidas energéticas ya que este proporciona energía, regula la temperatura del cuerpo, evita la deshidratación y calma la sed, además de ser una fuente económica de proteína lo que hace que se pueda elaborar productos a base de este a escala comercial y brinda amplias ventajas económicas. (Caisa, 2019)

7.3. Suero de leche en polvo

El suero lácteo en polvo se obtiene al secar el suero de leche líquido que es obtenido como producto derivado de la fabricación de quesos y que ha sido pasteurizado, al cual no se le ha agregado ningún agente conservante. El suero lácteo en polvo contiene todos los componentes del suero lácteo fresco, excepto la humedad, en la misma proporción relativa (Guanotuña y Cachaguay, 2023).

Durante el proceso de secado pueden aplicarse diferentes técnicas para extraer, separar o reducir los componentes para obtener una gran diversidad de sueros de leche en polvo. Así surgen productos como WPC (concentrado de proteína de suero de leche), lactosa, lactosuero desmineralizado en polvo y permeado lácteo (Locahamin y Narváez, 2021).

El suero en polvo y el concentrado de proteína de suero son utilizados en una gran variedad de productos alimenticios, como la carne procesada, los embutidos, alimentos para bebés, las bebidas y los dulces. Estos aportan mayor valor nutricional y mejoran la textura de los productos alimenticios (Caisa, 2019).

7.3.1. Propiedades del suero de leche en polvo

El suero de leche en polvo tiene varias propiedades funcionales que lo hacen ser un producto muy aprovechable en la industria, este producto puede ayudar a:

- Mejorar la solubilidad
- Emulsificar líquidos
- Retener agua o grasa
- Espumar
- Espesar
- Gelificar

Entre las propiedades biológicas el suero en polvo podemos encontrar aquellas que se dan gracias a los compuestos propios de este derivado como:

- Proteínas y péptidos
- Lípidos
- Lactosa
- Galacto- oligosacáridos

7.3.2. Composición del suero de leche en polvo

La composición del suero en polvo puede variar dependiendo del proceso de obtención y del tipo de suero utilizado (suero dulce, suero ácido, etc.). Sin embargo, de manera general, el suero de leche en polvo está compuesto principalmente por proteínas, lactosa, grasas y minerales muy similares a las que contenía en estado líquido. A continuación, se describen los principales compuestos de suero de leche en polvo (Yambay, 2023):

7.3.2.1. Proteínas

Las proteínas lácteas constituyen el componente más valioso del suero en polvo, la proteína es rica en aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina, lisina, valina, lo que convierte al suero de leche en una fuente completa y de alta calidad proteica. (Poveda, 2013)

7.3.2.2. Lactosa

Es el azúcar de la leche y el principal componente sólido del lactosuero, varios estudios demuestran que la lactosa puede ayudar en la absorción del calcio, esta se puede concentrar junto con las proteínas ya que es un compuesto con gran demanda en el mercado. (Poveda, 2013)

7.3.2.3. Grasas

El suero en polvo también contiene grasa saturada e insaturada, el contenido de grasa puede variar según el proceso de obtención y concentración de las grasas originales.

7.3.2.4. Minerales

El contenido de los minerales que posee el polvo de suero de leche es bastante amplio, aunque en cantidad mínima, podemos encontrar minerales como: calcio, fósforo, magnesio y zinc, su concentración también depende de la fuente del suero y su proceso de obtención.

7.3.2.5. Vitaminas

En menor cantidad que la mayoría de los componentes el suero de leche en polvo puede contener algunas vitaminas principalmente del grupo B como la B12, tiamina, riboflavina y ácido ascórbico.

7.3.2.6. Inmunoglobulina y lactoferrina

Entre los componentes bioactivos que podemos encontrar en el suero de leche en polvo están las inmunoglobulinas y lactoferrina, que son esenciales en el desarrollo del sistema inmunológico desde el nacimiento, puesto que forma parte del 90% de la primera leche materna y calostros.

7.3.2.7. Agua

Pese a que el suero en polvo es un producto deshidratado este puede contener cantidades mínimas de agua esto especialmente si no se ha eliminado correctamente durante el proceso de obtención.

7.3.2.8. Carbohidratos no lácteos

El contenido de carbohidratos varía de acuerdo con el procesamiento, existen pequeñas cantidades de carbohidratos no lácteos como maltodextrina, utilizada a veces como agente de fluidez durante el proceso de secado por pulverización (Guanotuña y Cachaguay, 2023).

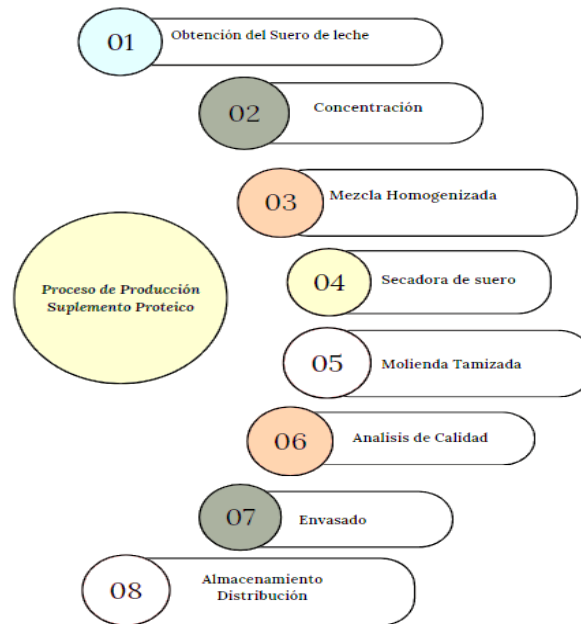
Tabla 4. *Funciones y productos elaborados a partir de diferentes tipos de proteínas*

Tipo de Proteína	Función más importante	Productos elaborados
Inmunoglobulinas	Proteger el sistema inmune creando anticuerpos	Fórmulas infantiles
Lactoglobulinas	No son producidas por el cuerpo humano	Alimentos funcionales
Albúminas	Ingrediente de gran interés en la industria de alimentos gracias a su capacidad emulsionante y espumante	Albúmina en polvo
Lactoalbúminas	Son precursoras de la lactosa	Probióticos

Fuente: *Cisneros; (2022)*

7.4. Producción Suplemento Proteico

El proceso de producción de un suplemento proteico en polvo a partir de suero lácteo implica varias etapas desde la obtención del suero hasta el envasado a continuación se presenta la *Ilustración 2*, este puede adaptarse a diferentes requisitos y características que cada empresa o persona desee en la formulación del suplemento (Cisneros, 2022)

Ilustración 2. Proceso de producción de un suplemento proteico

Fuente: Cisneros; (2022)

7.4.1. Concentración

La concentración de proteínas de lactosuero se obtiene por la separación de los componentes no proteicos, de manera que el producto seco final contenga un alto porcentaje de proteínas que puede darse desde el 25% hasta 90% mediante la aplicación de técnicas de separación física como precipitación o tecnologías de filtración

El concentrado de proteínas del lactosuero con un porcentaje de 80% se produce mediante la aplicación de técnicas de separación físicas, como precipitación o filtración (Campoverde, 2023).

Tabla 5. *Tipos de suplementos proteicos a partir de suero de leche*

Tipo de proteína	Características	Concentración	Contenido porcentual
Concentrados de proteína	Los concentrados de proteína pueden contener hasta un 80%. Se encuentran en fuentes animales y vegetales.	Alta	60-80%
		Media	45-60%
		Baja	25-45%
Aislados de proteína	Contiene un porcentaje mayor al 90% de proteína. No posee carbohidratos en su composición. Se puede obtener de la soja y suero de leche. Fortalece el sistema inmunológico.		90-95%

Fuente: *Cisneros; (2022)*

7.4.2. Métodos de concentración de suero de la leche

En la actualidad existen dos métodos por lo que se puede realizar el proceso de concentración entre estos se encuentra el proceso de evaporación y tratamiento de membranas.

7.4.2.1. Concentración por Evaporación

La concentración por evaporación consiste en hervir el lactosuero hasta que se logre una concentración de entre el 50 y 60% de los sólidos, este proceso requiere de energía que se encuentra en forma de vapor de agua a presión reducida. Para poder reducir el vapor es necesario ejecutar la operación donde el evaporador de suero se diseña como un evaporador de múltiple efecto (Camacho, 2010).

7.4.2.2. Concentración por tratamiento de membranas

En el proceso de concentración por membranas no se realiza ningún tratamiento térmico, de esta manera se baja el nivel de estrés y desnaturalización de las proteínas, sin embargo, debido a que esta técnica de concentración es más costosa no es común su uso para obtener suero concentrado, sino que se profundiza en la obtención de proteínas concentradas denominadas WPC por sus siglas en inglés (Whey Protein Concentrate), concentrado de proteínas del suero (Chacón et al., 2022).

El tratamiento por membranas utiliza principalmente la ultrafiltración, el cual está basado en la separación de los compuestos en sus diversos tamaños de moléculas, estos se van separando a medida que sufren la acción filtrante a través de membranas con tamaño de poro controlados. Este trabajo utiliza principalmente ultrafiltración, basado en la separación de los compuestos en sus diversos tamaños de moléculas. Los compuestos se van separando a medida que sufren una acción filtrante a través de membranas con tamaños de poro controlados.

En la etapa previa a la ultrafiltración, el suero líquido pasa por la microfiltración para la eliminación de bacterias y glóbulos de grasa, estas membranas poseen poros relativamente grandes, de más de 0,1 μm . La ventaja primordial que brinda este proceso es que la proteína conserva su forma nativa sin ningún efecto originado por la temperatura y acidez. (Campoverde, 2023)

7.5. Secado

El secado es la etapa donde se realiza la eliminación del agua, gracias a esto no se da la proliferación de microorganismos y no existe descomposición debido a que los microorganismos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua, el secado se lo puede realizar con ayuda del sol y el viento, es un método que se practicaba desde la antigüedad. El agua se elimina por evaporación, en el caso de la liofilización los alimentos se deben congelar en primera instancia para que después el agua sea eliminada por sublimación. (Chacón et al., 2022)

Existen enzimas que causan cambios químicos, físicos y sensoriales en los alimentos, además de los materiales biológicos. Los microorganismos dejan de ser activos cuando su contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso, pero es fundamental reducir hasta un 5% la cantidad de los alimentos para que estos se puedan preservar su sabor y valor nutritivo. (Guanotuña y Cachaguay, 2023)

7.5.1. Tipos de secadores

Existen varias formas de realizar el proceso de secado, a continuación, la tabla 6 presenta los tipos de secadores y su clasificación:

Tabla 6. *Tipos de secadores*

Tipos de secadores	
	De bandejas a presión atmosférica
Discontinuos	Discontinuo agitado a presión atmosférica a al vacío
	Rotatorio a presión atmosférica al vacío
	Lecho fluidizado
	Banda continua con circulación transversal
	Neumático
Continuos	Rotatorio- directo o indirecto
	Vertical, con estantes rotatorios
	Atomizador “Spray Dryer”

Fuente: *Jaramillo; (2021)*

7.5.2. Secado por aspersion

El secado por aspersion o atomización implica convertir una suspensión o solución en un material particulado seco, atomizando el producto en un ambiente seco y caliente. El secado por aspersion por goteo se utiliza en diversas industrias como en la industria química, alimentaria y farmacéutica.

Los polvos que son extraídos por un atomizador requieren de propiedades óptimas para la aplicación a la que se la destine, las características de estos vienen determinadas, para cada establecimiento industrial y por varios factores. Dentro de las variables que influyen en este proceso se diferencian aquellas propias de la suspensión como es la densidad, contenido en sólidos, viscosidad, tensión superficial, temperatura de la suspensión, estado de desfloculación y distribución de tamaños de partícula de las materias primas, además de los del equipo de secado donde interviene la temperatura, caudal y humedad del aire de secado, además de la presión de inyección y el diámetro de evacuación del inyector (Jaramillo, 2021).

7.5.3. Atomizador Spray Dryer

Este proceso de secado se conoce también como atomizado, rocío o spray y consiste en transformar el estado líquido en sólido seco, es un proceso instantáneo, se da bajo la generación de microgotas que poseen una gran área superficial para realizar el proceso de evaporación del contenido de humedad, este secador está compuesto por una cámara de secado, un lecho fluidificado interno y uno externo. La ventaja de este tipo de aparatos es que son muy eficientes energéticamente y ocupan poco espacio.

El concentrado, conteniendo cristales de lactosa, ingresa a la cámara a través de un atomizador, el cual produce gotas que varían en tamaño. Dentro de la cámara, las gotas sufren la extracción de su contenido de humedad mediante el bombeo de aire caliente. El aire que ingresa a la cámara de secado se encuentra a una temperatura de 150-250°C, y remueve el agua de las gotas de concentrado durante el secado. Sin embargo, la temperatura de las partículas nunca excede los 65- 75°C. Las partículas se secan dentro de la cámara hasta un contenido de humedad de alrededor del 6% (Loachamin y Narváez, 2021).

7.6. Maltodextrina

Este polisacárido se emplea principalmente en la industria alimentaria y de bebidas como agente espesante, edulcorante y/o estabilizador. La maltodextrina es un carbohidrato complejo que se utiliza en productos como proteicos y bebidas deportivas, es un derivado del almidón de maíz, también puede obtenerse de otros almidones, como los de trigo, arroz o patatas. También es una fuente de energía rápida, útil para proporcionar combustible durante el ejercicio intenso o para ayudar en la recuperación después del ejercicio. (Marengo, 2023)

El uso de la maltodextrina mejora la textura y sabor en productos como batidos de proteínas y bebidas deportivas, se agrega a muchos productos como batidos de proteínas, carbohidratos, bebidas y barritas energéticas. Además, promueve la absorción de proteínas y la recuperación de glucógeno muscular. La maltodextrina puede ayudar a reponer niveles de glucógeno muscular rápidamente, esencial para la recuperación y el rendimiento físico. (Sanchez, 2023)

La maltodextrina tiene un alto índice glucémico, lo que significa que se absorbe rápidamente en el torrente sanguíneo. Tiene un sabor neutro, ideal para agregar a los suplementos sin afectar significativamente su sabor original. (Marengo, 2023)

Aunque la maltodextrina puede ser beneficiosa para proporcionar energía rápida durante el ejercicio, su consumo excesivo puede no ser adecuado para todas las personas, especialmente

aquellas con problemas de azúcar en la sangre (NIA, 2018).

7.7. Cacao orgánico en polvo

El polvo de cacao orgánico es un producto derivado del cacao cultivado de manera orgánica, lo que implica que se produce sin el uso de pesticidas, herbicidas u otros productos químicos sintéticos.

Este polvo es apreciado por su sabor rico y su calidad, además de ser considerado una opción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente en comparación con el cacao convencional. El polvo de cacao orgánico se utiliza comúnmente en la elaboración de productos de repostería, bebidas y chocolates, ofreciendo un perfil de sabor distintivo y manteniendo los estándares de producción orgánica.

7.8. Estabilizantes

7.8.1. Goma Xantana

Esta goma es un componente natural, específicamente un polisacárido obtenido de la bacteria "Xanthomonas Campestris". Se presenta en forma de polvo blanco y se disuelve fácilmente en agua, ya sea fría o caliente, generando soluciones con una notable viscosidad.

Dada su alta solubilidad y estabilidad, este polisacárido se ha convertido en un polímero clave en la industria alimentaria. Es por esto que el E-415 resulta familiar, ya que numerosos alimentos incorporan este componente en sus formulaciones.

7.8.2. CMC (Carboximetilcelulosa)

La carboximetilcelulosa se obtiene mediante la modificación química de la celulosa, en la cual se añaden grupos carboximetilo a las cadenas de celulosa. Este proceso mejora la solubilidad de la celulosa en agua y proporciona propiedades específicas que la hacen útil en diversas aplicaciones (Torres, C).

Se presenta comúnmente en forma de polvo blanco o gránulos y es soluble tanto en agua fría como en agua caliente. Esta capacidad de disolverse en agua la hace valiosa en una variedad de industrias y aplicaciones. En la industria alimentaria, la CMC se utiliza como estabilizador, espesante y agente de retención de agua.

7.9. Suplementos alimenticios

Los suplementos alimenticios son productos diseñados para complementar una dieta y

aportar los nutrientes necesarios que pueden no consumirse en cantidades adecuadas a través de los alimentos. Pueden contener vitaminas, minerales, hierbas, aminoácidos u otras sustancias en formas como polvos, cápsulas, polvos, líquidos licuados o tabletas. Los ejemplos comunes incluyen vitaminas como la vitamina C, minerales como el calcio y ácidos grasos esenciales como omega-3 y omega-6. Los suplementos también pueden brindar protección, extractos de hierbas, probióticos, aminoácidos y suplementos deportivos (NIA, 2018). Estos suplementos pueden estar compuestos por fórmulas poliméricas completas, vitaminas y minerales, fibra, módulos, y fórmulas especiales para condiciones específicas como intolerancia a la glucosa, nefropatías, fibrosis, metabolopatías, etc.

Estas fórmulas están compuestas de nutrientes aislados o simples como proteínas, carbohidratos, o cereales para complementar regímenes dietéticos inadecuados o como parte de un sistema enteral modular. (SEOM, 2019). Las proteínas son suplementos nutricionales muy utilizados por los deportistas, ya que son imprescindibles para activar las vías de la hipertrofia muscular y prevenir el catabolismo proteico cuando se combinan con el ejercicio, ayudando a incrementar la fuerza y la potencia musculares. El suministro proteico es fundamental para el desarrollo muscular, al estimular la síntesis de proteínas musculares, y para reparar el daño muscular producido por el ejercicio; además, en determinadas circunstancias, las proteínas también pueden ser importantes como fuente energética.

7.10. Suplementos proteicos

Los suplementos proteicos son productos diseñados para aumentar la ingesta de proteínas en la dieta, especialmente para personas que buscan aumentar la masa muscular, mejorar el rendimiento deportivo o asegurar una ingesta adecuada de proteínas para una dieta equilibrada. Vienen en varias formas, como proteína en polvo, barras de proteína, bebidas ricas en proteínas, bebidas ricas en proteínas y suplementos de proteínas animales (Chacon et al., 2022). Se ha comprobado que la ingesta de proteínas después del ejercicio aumenta la reposición de glucógeno, y que las proteínas también pueden producir cantidades importantes de trifosfato de adenosina (ATP) en el músculo, aunque a una velocidad mucho más lenta que la de los carbohidratos. Una suplementación proteica puede beneficiar también al sistema inmunitario si tenemos en cuenta que los aminoácidos son moléculas de señalización, que regulan la función de los linfocitos.

Este tipo de suplementos son útiles para personas que realizan ejercicio intenso y necesitan una adecuada recuperación muscular, así como para quienes tienen dificultades para consumir suficiente proteína a través de la alimentación habitual. Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de las personas pueden obtener suficientes proteínas de fuentes dietéticas habituales (Cisneros, 2022). Las proteínas pueden obtenerse de alimentos de origen animal o vegetal, y también de forma sintética. Las de origen animal al contener todos los aminoácidos esenciales (AAE) y en la cantidad adecuada, tienen mayor valor biológico, pero dependiendo de la fuente algunas pueden asociarse con una elevada ingesta de grasas saturadas y colesterol. Las proteínas de origen vegetal que se obtienen de legumbres, frutos secos, cereales, etc. pueden carecer de suficiente cantidad de algún AAE, pero al combinarse entre ellas proporcionan una proteína de gran calidad y permiten una reducción en la ingesta de grasas saturadas. Las proteínas alimentarias también pueden diferir en sus velocidades de digestión y absorción. Las mejores fuentes de proteínas, bajas en grasa y de alta calidad, son el pollo sin piel, el pescado, la clara de huevo, la carne magra de ternera, la caseína y el suero de leche.

Se ha comprobado en muchas investigaciones que la suplementación proteica dentro del límite tolerables es segura y no tiene efectos perjudiciales, todavía existen algunas dudas sobre las implicaciones clínicas que tiene el consumo excesivo de proteínas, en especial sobre los riñones y el hígado, pero hasta el momento no existen datos concluyentes en cuanto a cuáles son los límites superiores seguros de su consumo. (Gil de Antuñano, et al.; 2019)

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1334:3 (2011), los requisitos para el rotulado de productos alimenticios y declaraciones saludables deben partir desde el VDR (valor diario recomendado) por la FAO, o la OMS.

El valor diario recomendado de proteína, según la FAO, es de 50 gramos para personas a partir de los 4 años de edad, y como guía general indica que el 20% o más del VD de un nutriente por porción se considera alto.

Tabla 7. *Condiciones para la declaración de propiedades nutricionales.*

Proteína	Contenido básico	10% de VDR por 100 g (sólidos) 5 % de VDR por 100 ml (líquidos) o 12% de VDR por 1 MJ (5% de VRN por 100 kcal) o 10% de VDR por porción de alimento
	Contenido alto	Dos veces los valores del "contenido básico"

Fuente: *NTE INEN 1334:3 (2011)*

Acorde a la información que detalla la normativa 1334:3 sobre los requisitos para declaraciones nutricionales y saludables, para que un producto se considere de alto contenido proteico, este debe aportar mínimo 20 gramos de proteína por cada 100 gramos del producto.

8. HIPÓTESIS

- **Ho:** El contenido de concentrado proteico de suero de leche en polvo y de maltodextrina no incide significativamente en el aporte proteico del producto, la solubilidad, y la aceptabilidad del suplemento.
- **Ha:** El contenido de concentrado proteico de suero de leche en polvo y de maltodextrina si incide significativamente en el aporte proteico del producto, la solubilidad, y la aceptabilidad del suplemento.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, para lo que se desarrollaron varios experimentos previos al planteamiento de la formulación base que permitió realizar distintos análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y nutricionales del producto final.

9.1. Tipos de investigación

9.1.1. Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica o documental consiste en la revisión de material bibliográfico existente con respecto al tema a estudiar. Se trata de uno de los principales

pasos para cualquier investigación e incluye la selección de fuentes de información. (Ayala, 2020)

Este es un paso crucial, ya que involucra una serie de etapas que comprenden la observación, la investigación, la interpretación, la reflexión y el análisis. Este tipo de investigación fue fundamental en este proyecto para poder plasmar los antecedentes con investigaciones previas que evidencian la factibilidad e importancia de esta investigación.

9.1.2. Investigación científica

Es el proceso que, mediante la aplicación de un método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para crear, entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. Tiene por finalidad, obtener conocimientos y solucionar problemas científicos o empírico-técnicos y se caracteriza por ser reflexiva, sistemática y metódica. (Egg, 2019)

En este tipo de proyectos, se considera relevante el aporte científico ya que contribuye significativamente al proporcionar información proveniente de fuentes previamente desarrolladas y permite ampliar el alcance del trabajo.

9.1.3. Investigación descriptiva

Es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera, este diseño es válido para la investigación de temas o sujetos específicos y como un antecedente a los estudios más cuantitativos. (Shuttleworth, 2008)

9.2. Métodos de investigación

9.2.1. Método analítico

Es un método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. (Hernández, 2017)

Este método posibilita la realización de un análisis más crítico y basado en evidencias de un hecho o suceso específico, en este caso se investiga a profundidad la proteína que contiene el suero de leche y su aplicación en productos innovadores.

9.2.2. Método cuantitativo.

Es el conjunto de estrategias de obtención y procesamiento de información que emplean magnitudes numéricas y técnicas formales y/o estadísticas para llevar a cabo su análisis, siempre enmarcados en una relación de causa y efecto. (Editorial Etecé, 2021)

En este contexto, los elementos de la investigación se presentan de manera clara, definida y limitada. Los resultados generados son de naturaleza numérica, descriptiva y, en algunos casos, predictiva.

9.2.3. Método experimental

Según el artículo publicado por Guevara et al. (2020) en la revista Recimundo, definen a la investigación experimental como un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos, para observar los efectos o reacciones que se producen. Siendo la variable independiente y dependiente respectivamente.

En una investigación experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas, es así que una verdadera investigación experimental se considera exitosa sólo cuando el investigador confirma que un cambio en la variable dependiente se debe a la manipulación de la variable independiente. (Guevara, et al. 2020)

9.3. Técnicas e instrumentos de investigación

9.3.1. Observación

Consiste en saber seleccionar aquello que queremos analizar y tiene la capacidad de describir y explicar el comportamiento, al haber obtenido datos adecuados y fiables correspondientes a conductas, eventos y /o situaciones perfectamente identificadas e insertas en un contexto teórico. (Editorial Etecé, 2021)

La observación se emplea con el propósito de familiarizarse con todo el proceso de investigación mediante la revisión de varias tesis y trabajos de investigación, con el objetivo de realizar un análisis posterior.

9.3.2. Registro fotográfico

La fotografía de registro es un ejercicio de observación, el cual narra un tema a

través de una sucesión de imágenes; es un material de apoyo que complementa la información escrita, ayuda a aclarar dudas y verificar información con tan solo consultar una fotografía. (García, 2020)

9.3.3. Fichas de registro

Esta estrategia de recolección de información nos permite sintetizar y captar las ideas y los propósitos más importantes de un artículo de investigación. Sirve, además, para un trabajo posterior, a escribir un ensayo u otro documento en el que necesitemos respaldarnos de las ideas de otro autor. Parte esencial de la ficha de registro es obtener la mayor cantidad de comprensión respecto a un tema en específico. (Ortiz, 2021)

9.3.4. Instrumentos tecnológicos

En relación con los dispositivos tecnológicos, es necesaria la utilización de una variedad de herramientas con acceso a internet, cuya tecnología resulte esencial para recopilar información bibliográfica relacionada con el tema de investigación. Además, estos dispositivos posibilitan la captura de fotografías durante las actividades realizadas, sirviendo como medio de verificación para la inclusión de anexos en el documento de investigación.

9.3.5. Encuestas

Es una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características. (García, 2003)

9.3.5.1. Formulario de encuesta

Para determinar la aceptabilidad del suplemento proteico en polvo a partir de suero de leche reconstituido en agua, se realizó una encuesta que pretende evaluar sensorialmente al producto final. Los parámetros que se encuentran en la encuesta nos permitirán recopilar información sobre la percepción sensorial de cada catador y realizar posibles mejoras en el producto. Este modelo de encuesta fue igual para las 13 muestras experimentales obtenidas en este proyecto de investigación.

Tabla 8. *Formulario de encuesta.*

Edad:							
Género:		Hombre	Mujer	Otro			
MUESTRA N° X							
COLOR							
NO ME GUSTA		NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA		ME GUSTA		ME GUSTA MUCHO	
OLOR							
NO ME GUSTA		NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA		ME GUSTA		ME GUSTA MUCHO	
SABOR							
NO ME GUSTA		NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA		ME GUSTA		ME GUSTA MUCHO	
TEXTURA							
NO ME GUSTA		NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA		ME GUSTA		ME GUSTA MUCHO	
ACEPTABILIDAD							
NO ME GUSTA		NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA		ME GUSTA		ME GUSTA MUCHO	
OBSERVACIONES:							

Fuente: *Autoras (Sánchez, Villalba;2024)*

9.4. Metodología para la elaboración del suplemento proteico

9.4.1. Materias primas e insumos

- Cacao orgánico en polvo
- Concentrado proteico de suero de leche (35%)
- Maltodextrina
- Mix de estabilizantes (Goma Xantan y Carboximetilcelulosa CMC)

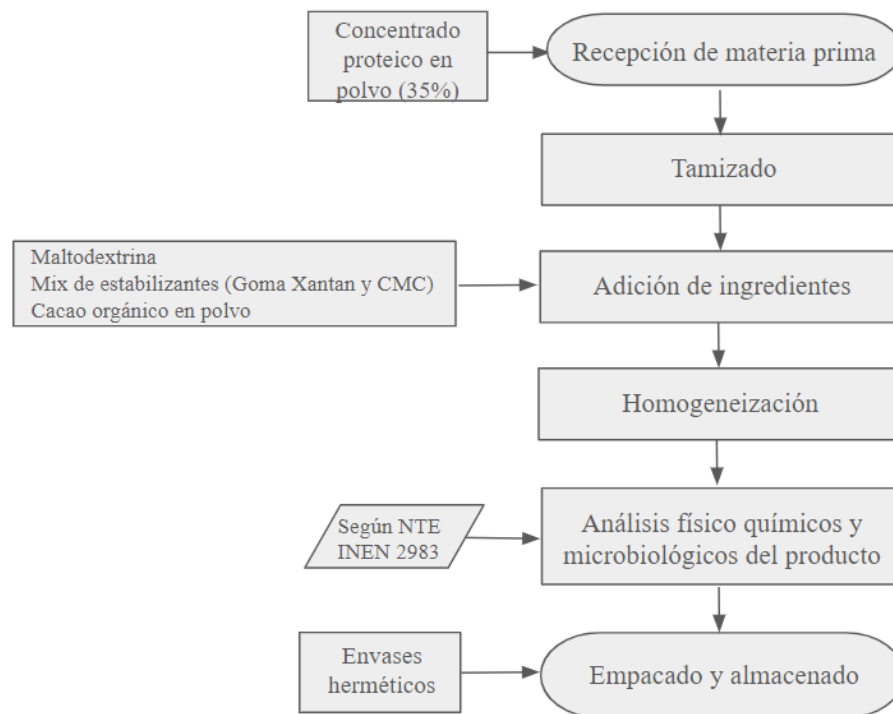
9.4.2. Instrumentos y equipos

- Alcohol al 92%
- Balanza analítica
- Bomba de vacío
- Cucharas
- Probeta
- Licuadora
- Mechero Bunsen
- Papel filtro
- Vasos de precipitación

9.4.3. Proceso de elaboración

- **Recepción del concentrado proteico en polvo:** Una vez que se ha obtenido el concentrado en polvo, previo al proceso de ultrafiltración por membranas y secado en spray dryer, se debe tamizar para obtener un polvo homogéneo y separar gránulos compactados. Este producto fue desarrollado en una empresa privada, ya que los equipos no se encuentran disponibles dentro del equipamiento de la Universidad.
- **Adición de ingredientes e insumos:** El concentrado proteico de suero de leche previamente tamizado se pesa acorde a la formulación desarrollada y se procede a la adición de otros ingredientes. En este caso se añade maltodextrina, estabilizantes (goma Xantan y CMC) y cacao orgánico en polvo.
- **Homogeneización:** Después de que se agregaron los ingredientes en polvo se debe homogeneizar la mezcla para obtener un producto sin grumos y con los ingredientes distribuidos correctamente.
- **Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del suplemento proteico en polvo obtenido:** El software utilizado para esta investigación (Design Expert 8.0.6) arrojó las 13 corridas óptimas para comparar las formulaciones, se realizó un análisis externo para determinar el contenido de proteína en cada una, análisis microbiológicos según la NTE INEN 2983 para complementos nutricionales y pruebas en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica de Cotopaxi para la determinación de sólidos no disueltos, densidad bruta y densidad compactada del polvo.
- **Empacado:** Una vez obtenidos los resultados de los análisis de laboratorio, se comparan los datos con la normativa vigente y se empaqueta el suplemento proteico en polvo. Este se debe almacenar en un empaque hermético a temperatura ambiente.

Ilustración 3. Flujo de operaciones para la elaboración de un suplemento proteico en polvo a partir de suero de leche



Fuente: Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)

9.5. Diseño experimental

Para la optimización del proceso de elaboración del suplemento proteico en polvo a partir de suero lácteo se utilizó un diseño de mezclas simplex con ayuda del programa estadístico Design Expert 8.0.6 (Start-Ease Inc. Minneapolis, USA), lo que permitió obtener diferentes formulaciones sin perder el principio del proyecto, garantizar que este producto sea un suplemento alimenticio, por lo que se colocaron niveles máximos y mínimos de cada ingrediente variable según la formulación obtenida previamente en ensayos de laboratorio.

El software arrojó 13 corridas experimentales que permiten comparar el efecto de la adición de concentrado proteico de suero de leche (máx. 90% y mín. 85%) y el contenido de maltodextrina (máx. 11% y mín. 6%), considerando al contenido porcentual de proteína en cada formulación y el porcentaje de sólidos totales disueltos como variable respuesta ya que son de gran importancia en el desarrollo de. En la siguiente tabla se detalla la formulación sugerida por el software.

Tabla 9. *Corridas experimentales según el software Design Expert 8.0.6*

Run	Componente 1A Concentrado de proteína	Componente 2 B Maltodextrina	Componente 3 C Cacao orgánico en polvo	Componente 4 D Mezcla de estabilizantes
1	87,5%	8,5%	3%	1%
2	87,5%	8,5%	3%	1%
3	90%	6%	3%	1%
4	86,7%	9,3%	3%	1%
5	88,3%	7,7%	3%	1%
6	85%	11%	3%	1%
7	90%	6%	3%	1%
8	90%	6%	3%	1%
9	85%	11%	3%	1%
10	88,7%	7,3%	3%	1%
11	87,5%	8,5%	3%	1%
12	85%	11%	3%	1%
13	86,3%	9,7%	3%	1%

Fuente: *Software Design Expert; (2024)*

9.5.1. Niveles del diseño experimental

Tabla 10. *Niveles del diseño experimental*

Nivel	Descripción	Contenido
A	Porcentaje de concentrado proteico de suero en polvo	Máx. 90% Mín. 85%
B	Porcentaje de maltodextrina	Máx. 11% Mín. 6%
C	Contenido fijo de cacao orgánico en polvo	3%
D	Contenido fijo del mix de estabilizantes	1%

Fuente: *Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)*

9.6. Metodología para la determinación de proteína

Para realizar el análisis de contenido proteico se desarrollaron 100 gramos de cada formulación que arrojó el Software Design Expert y se analizaron en un laboratorio acreditado. El método empleado por el laboratorio externo para la determinación de proteína es la volumetría por Kjeldahl.

Según lo señala (Salazar, A; 2016), este método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, para formar sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, que se destila recibiendo en cualquiera de estas formas:

- a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio, el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo
- b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico

9.7. Metodología para la determinación de sólidos totales disueltos

El análisis de sólidos disueltos es un procedimiento que se utiliza para determinar la cantidad de sustancias sólidas que permanecen disueltas en una solución después de ser mezclada con agua y el porcentaje de sólidos en suspensión.

Este análisis fue aplicado al suplemento proteico previamente disuelto en agua, y es esencial para garantizar la calidad, la precisión de las dosis y el cumplimiento normativo en la industria de suplementos nutricionales. También ayuda a verificar la eficacia y estabilidad del producto reconstituido.

El primer paso para determinar el porcentaje de sólidos disueltos del suplemento es preparar una muestra de 40 g de suplemento en 240 ml de agua. Se pasa la muestra por papel filtro con ayuda de la bomba de vacío y se deja en reposo la cantidad retenida en la superficie. Finalmente se pesan en una balanza analítica cada una de las muestras obtenidas una vez que se encuentran secas.

Para determinar el porcentaje de sólidos no disueltos se emplea la siguiente ecuación:

$$\% \text{SND} = \frac{(P_f \text{ papel filtro} - P_i \text{ papel filtro})g}{P \text{ muestra en polvo}} \times 100$$

Fuente: (Silva, 2015)

Por otra parte, para determinar el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra o porcentaje de solubilidad aplicamos la siguiente relación:

$$\% \text{ Solubilidad} = 100\% - \% \text{ de sólidos no disueltos}$$

Fuente: (Silva, 2015)

9.8. Metodología para la determinación de densidad

La densidad es una de las propiedades reológicas más importantes en los polvos, la evaluación de este parámetro es de utilidad práctica al realizar el control de calidad de alimentos en polvo y permiten determinar si las materias primas pueden mezclarse para ser envasadas en un recipiente predeterminado. (Cerezal, 2008)

En este análisis se empleó una probeta de 100 cm³ y una balanza. El primer paso fue encerar la balanza con la probeta en los dos casos. Para determinar la densidad bruta se colocó la muestra en polvo sin golpear la probeta hasta aforarla y se pesó. En cambio, para la densidad compactada, se debe colocar la muestra y golpear la probeta uniformemente para compactar el polvo lo más que se pueda y después se pesa.

La ecuación utilizada para calcular la densidad de cada muestra es la fórmula de Arquímedes:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \text{ g/cm}^3$$

Por ejemplo:

$$\text{Densidad} = \frac{38,14}{100} = 3,81 \text{ g/cm}^3$$

9.9. Metodología para realizar análisis sensorial

Para llevar a cabo el análisis sensorial de los diferentes tratamientos obtenidos mediante el software Design Expert se encuestó a 20 estudiantes de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con la finalidad de determinar la aprobación de diferentes parámetros como lo son el olor, color, sabor, textura y aceptabilidad general de cada tratamiento.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Contenido proteico

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio para la determinación de proteínas se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 11. *Contenido de proteína por formulación*

Run	Componente 1A Concentrado de proteína	Componente 2 B Maltodextrina	Componente 3 C Cacao orgánico en polvo	Componente 4 D Mezcla de estabilizantes	Variable Respuesta: % de proteína en la mezcla
1	87,5%	8,5%	3%	1%	29,48 %
2	87,5%	8,5%	3%	1%	29,48 %
3	90%	6%	3%	1%	30,18 %
4	86,7%	9,3%	3%	1%	29,27 %
5	88,3%	7,7%	3%	1%	29,88 %
6	85%	11%	3%	1%	28,61 %
7	90%	6%	3%	1%	30,18 %
8	90%	6%	3%	1%	30,18 %
9	85%	11%	3%	1%	28,61 %
10	88,7%	7,3%	3%	1%	29,49 %
11	87,5%	8,5%	3%	1%	29,48 %
12	85%	11%	3%	1%	28,61 %
13	86,3%	9,7%	3%	1%	28,99 %

Fuente: *Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)*

Como se observa en la tabla de resultados, el contenido proteico de cada formulación es directamente proporcional a la cantidad de concentrado proteico de suero de leche que se colocó en cada una de ellas. Se deduce que el mejor tratamiento es el 3, y sus repeticiones 7 y 8, con un 30,18% de proteína total a partir de un 90% de concentrado proteico de suero de leche en su formulación.

Por otra parte, la formulación con menor contenido proteico es la que fue realizada con un 85% de concentrado proteico de suero de leche, reportando un contenido total de proteína de 28,61%. La diferencia del contenido proteico entre ambas es del 1,57%.

En investigaciones previas realizadas por otros autores, (Jaramillo; 2021) demostró la importancia de los factores dentro del proceso de secado como lo son la temperatura y el caudal de alimentación del atomizador, con lo que obtuvo un concentrado proteico de 80% en el mejor tratamiento, y un 10% en el más bajo después del proceso de ultrafiltración por membranas.

Por su parte, la autora (Camacho; 2010) obtuvo un resultado del 3,05% de proteína aplicando también la tecnología de membranas y diferentes presiones.

Estos datos comparativos demuestran que los resultados obtenidos en este trabajo de investigación son relevantes, pues representan un valor importante de concentrado de proteína, es importante resaltar que los factores estudiados por los autores mencionados no fueron aplicados en esta investigación.

La siguiente tabla muestra los parámetros del modelo codificado para el valor porcentual del contenido de proteína.

Tabla 12. *Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína (%)*

Indicador	Proteína (%)
A	28,65*
B	30,19*
R ²	0,9589
R ² ajustado	0,9552
R ² predicho	0,9482
F modelo	256,90*
F falta de ajuste	0,00
Precisión adecuada	31,52

A: Proteína de suero

B: Maltodextrina

*Valor significativo para $p \leq 0,01$.

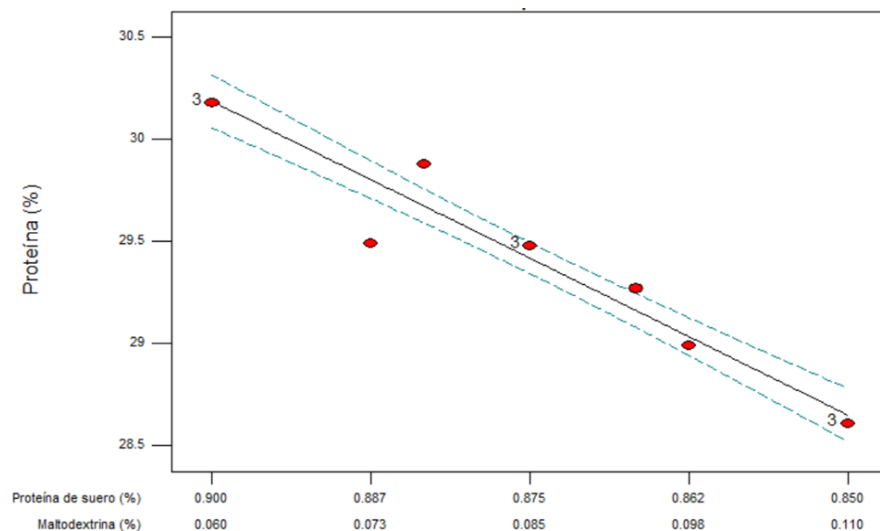
Según los datos expresados en la tabla 10, tomando en cuenta que A, B y F modelo representan valores significativos para $p \leq 0,01$ se entiende que estos valores (28,65 y 30,19) influyen significativamente dentro de las formulaciones arrojadas por el mismo programa. Además, se muestra que todos los valores del coeficiente de correlación para R se aproximan a 1 y nos indican la relación lineal entre A y B, y se encuentran dentro del rango permitido.

Los indicadores de calidad del modelo revelan un alto nivel de ajuste, ya que el coeficiente de determinación (R^2) alcanza un valor de 0,9589, indicando que el modelo explica casi el 96% de la variabilidad en el contenido de proteína. Este ajuste se mantiene alto incluso después de ajustar para la complejidad del modelo (R^2 ajustado = 0,9552).

El análisis de la varianza (F modelo = 256,90*), respalda la significancia global del modelo, mientras que F falta de ajuste con un valor de 0,00 indica una precisión adecuada del modelo.

Estos resultados respaldan la validez y utilidad del modelo para predecir y entender el contenido de proteína en las muestras analizadas.

Ilustración 4. Porcentaje de proteína según formulación.



Fuente: Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)

El gráfico 4 ilustra que el porcentaje de proteína contenido en cada formulación es directamente proporcional a cada una de ellas, en un modelo lineal. Esto se debe a que el principal ingrediente representa un factor crucial que determina directamente la cantidad de proteína que se obtendrá en el producto final, y ningún otro ingrediente aporta significativamente nutrientes como proteínas, grasas o carbohidratos ya que su contenido es mínimo.

10.2. Análisis de sólidos disueltos

Los sólidos del concentrado de suero de leche están representados en su gran mayoría por el contenido de proteínas, lactosa, ácido láctico, ácido cítrico y vitaminas en menor cantidad. Esta investigación enfocó en desarrollar un polvo con la capacidad de disolverse en agua fácilmente, por lo que uno de los factores clave fue la adición de ingredientes como la maltodextrina por sus características estabilizantes y capacidad de retener las grasas para luego liberarlas inmediatamente en el momento de la ingesta. Esto permite que, al momento de reconstituir el producto el polvo sea disuelto en su totalidad y evitar la formación de grumos en la superficie.

Tabla 13. Porcentaje de sólidos disueltos.

Run	Componente 1A Concentrado de proteína	Componente 2 B Maltodextrina	Componente 3 C Cacao orgánico en polvo	Componente 4 D Mezcla de estabilizantes	% sólidos totales disueltos
1	87,5%	8,5%	3%	1%	93,65%
2	87,5%	8,5%	3%	1%	93,70%
3	90%	6%	3%	1%	91,22%
4	86,7%	9,3%	3%	1%	94,69%
5	88,3%	7,7%	3%	1%	92,79%
6	85%	11%	3%	1%	96,49%
7	90%	6%	3%	1%	91,25%
8	90%	6%	3%	1%	91,24%
9	85%	11%	3%	1%	96,38%
10	88,7%	7,3%	3%	1%	92,16%
11	87,5%	8,5%	3%	1%	93,70%
12	85%	11%	3%	1%	96,26%
13	86,3%	9,7%	3%	1%	95,73%

Fuente: Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)

Como lo demuestra la tabla 12, el porcentaje de sólidos totales disueltos depende totalmente del contenido de proteína y maltodextrina, en donde se resalta su funcionalidad

dentro de este tipo de productos en polvo y la solubilidad que poseen. Los concentrados de proteína, al haber atravesado un proceso térmico poseen una capacidad de disolución más baja con relación a los productos lácteos que se encuentran en su estado natural. Esto se explica, según varios autores, por la desnaturalización de una proteína, en donde se rompen los enlaces que mantenían sus estructuras cuaternaria, terciaria y secundaria, conservándose solamente la primaria, y las proteínas se transforman en filamentos lineales y delgados que se entrelazan hasta formar compuestos fibrosos e insolubles en agua.

Tabla 14. *Parámetros del modelo codificado para el contenido de sólidos totales disueltos (%)*

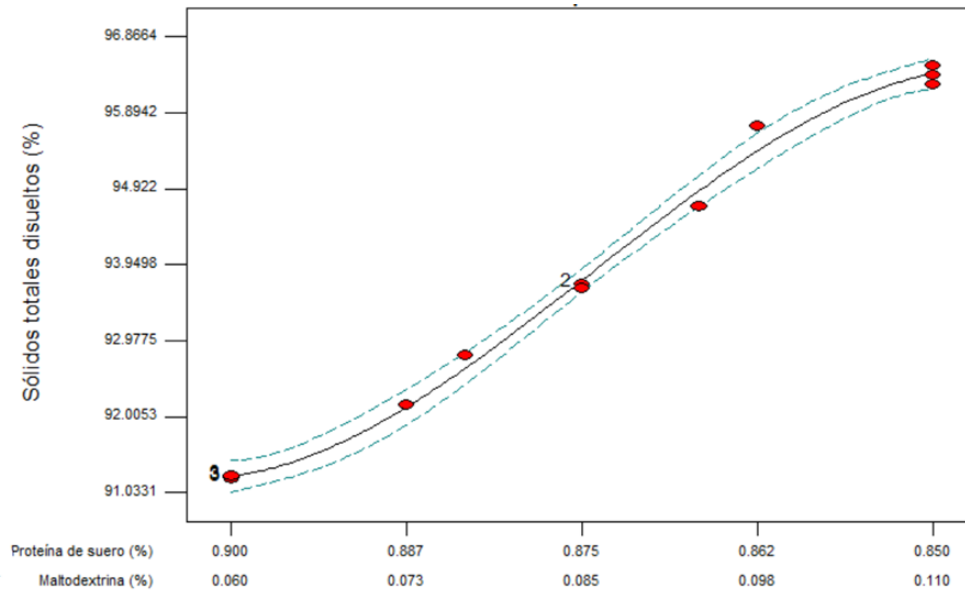
Indicador	Sólidos totales disueltos (%)
A	96,39*
B	91,25*
AB	-0,26*
A * B * (A-B)	3,75*
R ²	0,9954
R ² ajustado	0,9939
R ² predicho	0,9887
F modelo	655,17*
F falta de ajuste	13,28
Precisión adecuada	59,56

A: Proteína de suero

B: Maltodextrina

*Valor significativo para $p \leq 0,01$.

Los datos obtenidos a partir del modelo matemático que propone el software para el análisis de sólidos disueltos es diferente, los valores de *A*, *B*, *AB*, *A*B*(A-B)*, y *F modelo* son significativos para $p \leq 0,01$, por lo que se entiende que es la proteína del suero de leche un factor crucial en la solubilidad del producto. Los valores para *R* indican que existe una correlación positiva entre los factores ya que son muy próximos a 1.

Ilustración 5. *Porcentaje de sólidos totales disueltos.*

Fuente: *Software Design Expert; (2024)*

Tras observar los resultados obtenidos se determinó que la muestra con mejor solubilidad es la número 9, que contiene 85% de proteína y 11% de maltodextrina y la muestra con menos porcentaje de solubilidad es la número 7, que contiene 90% de proteína y 6% de maltodextrina.

10.3. Optimización

Según los datos proporcionados por el software Design Expert, esta es la predicción de la optimización para desarrollar un producto que tenga todas las características que fueron evaluadas durante el desarrollo de este trabajo de investigación, y se estima el contenido porcentual de proteína y el porcentaje de sólidos totales disueltos que tendrá en la tabla a continuación:

Tabla 15. *Optimización de la fórmula.*

Run	Concentrado de proteína (%)	Maltodextrina (%)	Cacao orgánico en polvo (%)	Mezcla de estabilizantes (%)	Sólidos totales disueltos (%)	Proteína total (%)	Deseabilidad
1	87,10	8,90	3,00	1,00	94,31	29,30	0,8903

Fuente: *Software Design Expert; (2024)*

La fórmula propuesta tiene un valor de 0,8903 de deseabilidad, la deseabilidad es la media geométrica de las deseabilidades individuales que a su vez son transformaciones que

convierten los valores predichos de cada respuesta a números en el intervalo [0, 1]. Si d_i es igual a 1 significa que la correspondiente respuesta predicha Y_{bi} toma su valor máximo deseable (De la Vara, & Domínguez, 2000), por lo que la fórmula establecida en el modelo de optimización demuestra una posible maximización del contenido proteico del producto.

10.4. Análisis de densidad

La densidad de un polvo representa la consistencia de las partículas sólidas a granel en forma de polvo, incluidos los espacios entre los sólidos. Se expresa en función de la masa y el volumen.

La densidad es un dato esencial porque determinará el tamaño necesario de los equipos y contenedores dentro de cualquier proceso industrial y también porque puede afectar a las propiedades funcionales de los propios polvos, especialmente a sus propiedades de hidratación.

(AUTOR, AA)

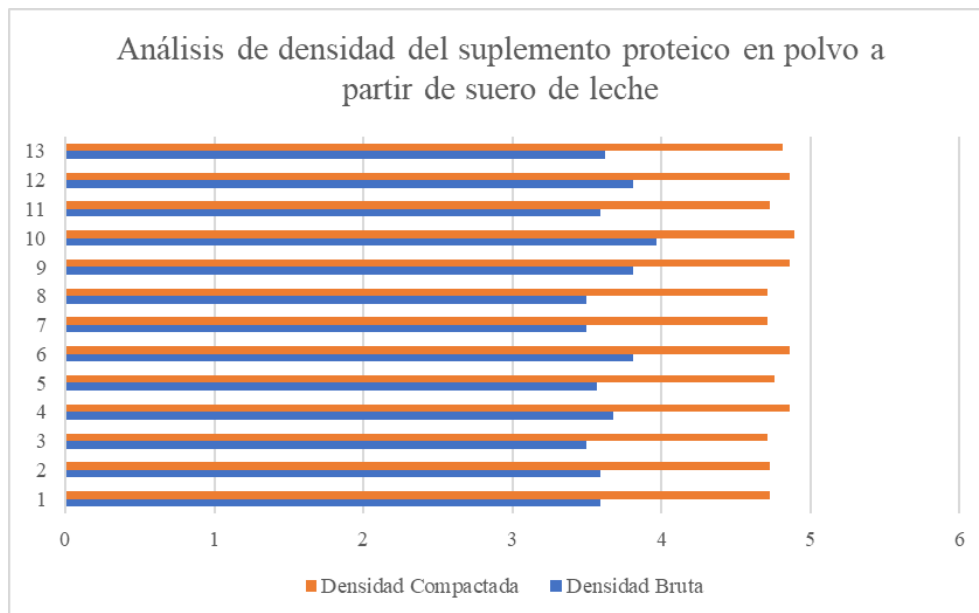
Tabla 16. Resultados del análisis de densidad bruta y densidad compactada de la mezcla en polvo.

Run	Componente 1A Concentrado de proteína	Componente 2 B Maltodextrina	Componente 3 C Cacao orgánico en polvo	Componente 4 D Mezcla de estabilizantes	Densidad bruta g/cm ³	Densidad compactada g/cm ³
1	87,5%	8,5%	3%	1%	3,59	4,73
2	87,5%	8,5%	3%	1%	3,59	4,73
3	90%	6%	3%	1%	3,5	4,71
4	86,7%	9,3%	3%	1%	3,68	4,86
5	88,3%	7,7%	3%	1%	3,57	4,76
6	85%	11%	3%	1%	3,81	4,86
7	90%	6%	3%	1%	3,5	4,71
8	90%	6%	3%	1%	3,5	4,71
9	85%	11%	3%	1%	3,81	4,86
10	88,7%	7,3%	3%	1%	3,97	4,89
11	87,5%	8,5%	3%	1%	3,59	4,73
12	85%	11%	3%	1%	3,81	4,86

13 86,3% 9,7% 3% 1% 3,62 4,81

Fuente: Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)

Ilustración 6. Comparación de densidades.



Fuente: Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)

Según los resultados obtenidos, la densidad compactada supera a la densidad bruta en poco más de 1 punto porcentual. En el Ecuador la normativa no considera a la densidad como un requisito en complementos nutricionales ya que es una especificación propia de cada fabricante. Como se observa en la tabla 13 y en la ilustración 6, no existen cambios significativos en la densidad de las formulaciones establecidas, esto es un indicador de la fluidez de este tipo de polvos.

10.5. Análisis microbiológicos

La normativa técnica ecuatoriana INEN 2983 para complementos nutricionales establece diferentes requisitos microbiológicos según su clasificación. Por los componentes del producto desarrollado, este se debe regir a un complemento de tipo II ya que contiene ingredientes botánicos-extractos y otros ingredientes nutricionales.

Los resultados del análisis microbiológico que se realizaron al tratamiento con mayor aporte proteico y los requisitos para complementos nutricionales se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 17. Resultados y requisitos microbiológicos del tratamiento con mayor contenido proteico.

Requisito	Unidad	Resultados	Requisitos INEN	Cumple	Método de referencia
Aerobios totales	UFC/g	5.2×10^2	1×10^4	Si	USP 2021, 35-NF30,2012 / REP
Mohos y levaduras	UFC/g	<10	1×10^3	Si	USP 2021, 35-NF30, 2012 / Petrifilm
Enterobacterias	UFC/g	<10	1×10^2	Si	USP 2021, 35-NF30, 2012 / Petrifilm
Salmonella spp.	UFC/g	ND	ND	Si	USP 2022, 35-NF30, 2012 / Detección Cualitativa
Escherichia coli	UFC/g	ND	ND	Si	USP 2022, 35-NF30, 2012 / Detección Cualitativa
Staphylococcus aureus	UFC/g	ND	ND	Si	USP 2022, 35-NF30, 2012 / Detección Cualitativa

Fuente: (NTE INEN 2983; 2022) y (Laboratorio Multianáltyca; 2024)

Después de comparar los resultados de los análisis microbiológicos obtenidos con la normativa vigente, se interpreta que el suplemento proteico en polvo a partir de suero de leche se encuentra dentro de los parámetros establecidos y no presenta ninguna novedad. Esto es un requisito muy importante para asegurar la inocuidad alimentaria ya que este tipo de microorganismos patógenos representan una de las causas más comunes de enfermedades transmitidas por los alimentos en el mundo y produce enfermedades gastrointestinales, también puede provocar intoxicación alimentaria.

En las últimas décadas se ha prestado una especial atención a la comprensión de las diferentes facetas relacionadas con la producción, la calidad y el suministro de alimentos para garantizar la seguridad de los productos alimenticios que se elaboran alrededor del mundo y prevenir afecciones en la salud del consumidor.

10.6. Análisis sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del ser humano ya que puede aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con la sensación que experimenta al observarlos o ingerirlos, y permite conocer información adicional de algún atributo sensorial que esté determinando la preferencia o el rechazo hacia el producto.

Los resultados del análisis sensorial aplicado al producto reconstituido en agua mostraron lo siguiente:

Tabla 18. *Aceptabilidad de cada parámetro.*

Parámetro	% de aceptación
Olor	66,92%
Color	67,11%
Sabor	64,23%
Textura	66,44%
Aceptabilidad	66,63%

Fuente: *Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)*

Como lo expresa la tabla 17, el parámetro con mayor porcentaje de aceptación fue el color. Esto puede deberse a que el comportamiento del consumidor se enfoca en la apariencia visual de los productos y se percibe antes que cualquier otro, pues esta sería la primera impresión. Así también funciona la evaluación del olor.

Los otros parámetros se pudieron valorar después de consumir el producto, por lo que no en todos los casos se obtienen los mismos resultados; los miembros del panel de catadores no eran entrenados, lo que dificulta realizar una evaluación sensorial demasiado acertada, sin embargo, los encuestados forman parte del grupo de posibles consumidores de los suplementos proteicos.

El sabor, la textura y la aceptabilidad fueron los parámetros con mayor variabilidad, pues esto depende, al igual que los otros, directamente del gusto del consumidor e influyen factores como fumar, haber consumido alcohol antes de realizar la evaluación, haber usado enjuague bucal, etc.

Tabla 19. *Porcentaje de aceptabilidad de cada muestra.*

Fórmula	% de aceptabilidad
1	76,5
2	73,25
3	68,25
4	69,25
5	62,75
6	62,25
7	68
8	68,5
9	62
10	56,25
11	69,75
12	61,5
13	63,25

Fuente: *Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)*

Con relación a lo obtenido mediante las encuestas realizadas se determinó que en el porcentaje de aceptación de todos los parámetros que fueron tomados en cuenta para la valoración han sido altamente aceptados y con poca variación entre sí.

De acuerdo con lo expresado en la tabla 18, se puede analizar su aceptabilidad de manera particular. Los resultados revelan variaciones en la aceptación por parte de los participantes, con porcentajes que oscilan desde 56,25% hasta 76,5%. La fórmula 1, con un contenido de proteína del 29,48%, lidera con el más alto porcentaje de aceptabilidad, alcanzando el 76,5%, mientras que la fórmula 10, con un contenido proteico de 29,49%, muestra el porcentaje más bajo con un 56,25%. Estos datos proporcionan una visión detallada de la percepción de los participantes hacia cada muestra, permitiendo una evaluación comparativa de su aceptabilidad relativa.

El desarrollo de este análisis ha sido fundamental para comprender las preferencias del público objetivo y orientar futuras decisiones en el desarrollo del producto.

10.7. Aporte proteico

El aporte proteico que ofrece cada una de las formulas se encuentra detallado a continuación, así como el porcentaje del Valor Diario Recomendado que cubre si se consumieran 40 gramos del suplemento proteico, este valor es una referencia de todos los productos similares disponibles en el mercado, ya que no existe una normativa actual que lo determine y depende de cada fabricante. Esta información es importante para el consumidor ya que de esta forma sabrá la dosis que debe consumir acorde a su necesidad.

Tabla 20. *Aporte proteico de cada formulación.*

Fórmula	Aporte proteico en 100 g	Aporte proteico por porción (40 g)	% VDR (50 g)
1	29,48 g	11,80 g	23,6%
2	29,48 g	11,80 g	23,6%
3	30,18 g	12,07 g	24,14%
4	29,27 g	11,71 g	23,42%
5	29,88 g	11,95 g	23,9%
6	28,61 g	11,44 g	22,88%
7	30,18 g	12,07 g	24,14%
8	30,18 g	12,07 g	24,14%
9	28,61 g	11,44 g	22,88%
10	29,49 g	11,80 g	23,6%
11	29,48 g	11,80 g	23,6%
12	28,61 g	11,44 g	22,88%
13	28,99 g	11,60 g	23,2%

Fuente: *Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)*

Como se evidencia en la tabla 20, todas las formulaciones obtenidas en este trabajo de investigación cumplen con el requisito de la normativa 1334:3 para ser considerados como un producto de alto contenido proteico, ya que superan el 20% del contenido del valor diario recomendado. Con el mayor aporte proteico se encuentran las formulaciones 3, 7 y 8 con un contenido de 12,07 gramos de proteína por porción y un aporte del 24,14% al VDR.

11. IMPACTOS TÉCNICOS, AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS

11.1. Técnicos

Debido a la facilidad de transformación de las materias primas en procesos agroindustriales de este tipo, los beneficios técnicos que se pueden encontrar es la utilidad de la maquinaria y equipos de una planta procesadora de lácteos y sus derivados. Además de la innovación industrial que se debe ejecutar para este proceso innovador como la creación de atomizadores y equipos de membranas selectivas, ya que en el mercado actual son muy costosas y difíciles de encontrar en el país. Las industrias podrían empezar a considerar una gran alternativa dentro de su cartera de productos aprovechando al suero de leche como una fuente de alta calidad proteica.

11.2. Ambientales

La reutilización del suero extraído durante el proceso de elaboración de productos lácteos es el principal beneficio ambiental, destacando la reducción de la contaminación del agua y otras fuentes hídricas como ríos, lagos y lagunas, el suelo y el aire. En la actualidad, la mayor parte del suero se descarta de maneras inadecuadas y no existe suficiente control gubernamental ni alternativas para su correcto deshecho. Darle un nuevo uso contribuye a la reducción de contaminación y representa una alternativa que otorga un destino más beneficioso a este derivado lácteo y a gran parte de los miembros de su cadena de producción como pequeñas industrias queseras.

11.3. Sociales

Constituye un aspecto positivo para la sociedad, ya que este estudio busca la utilización de proteínas del suero lácteo para cumplir con las demandas actuales de la sociedad ya que en el mercado alimentario existe una creciente preferencia por beneficios naturales y opciones alimenticias saludables. Además, el desarrollo de suplementos alimentarios de bajo costo puede contribuir a erradicar problemáticas sociales como la pobreza y desnutrición en Ecuador.

11.4. Económicos

Es importante destacar el impacto económico positivo y notable que tienen este tipo de proyectos, ya que propicia un cambio en las prácticas de las industrias alimentarias que actualmente desechan el suero de leche. Este subproducto, de gran potencial, podría ser aprovechado y comercializado con empresas especializadas en la

producción de concentrados de proteínas, creando así una nueva fuente de recursos económicos. Además, este enfoque podría fomentar la inversión en estudios científicos, tecnológicos y agroindustriales, impulsando la creación de microempresas dedicadas al procesamiento de concentrados de proteínas a partir del suero lácteo.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 21. *Presupuesto del proyecto de investigación*

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO A PARTIR DE SUERO DE LECHE				
Cantidad	Recursos / Materiales	Método	Valor unitario en USD	Valor total en USD
ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS				
7	Análisis de proteína	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl	17.00	119.00
			IVA (12%)	14,28
				133,28
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS				
1	Recuento de Aerobios totales	USP 2021, 35- NF30,2012 / REP.	15.00	15.00
1	Recuento de mohos	USP 2021, 35- NF30, 2012 / Petrifilm	7.50	7.50
1	Recuento de levaduras	USP 2021, 35- NF30, 2012 / Petrifilm	7.50	7.50

1	Enterobacterias	USP 2021, 35- NF30, 2012/ Petrifilm	15.00	15.00
1	Salmonella spp.	USP 2022, 35- NF30, 2012 / Detección Cualitativa	20.00	20.00
1	Detección de E. coli	USP 2022, 35- NF30, 2012 / Detección Cualitativa	15.00	15.00
1	Staphylococcus aureus	USP 2022, 35- NF30, 2012 / Detección Cualitativa	15.00	15.00
			IVA (12%)	11.40
				106.40
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
7	Densidad bruta del suplemento proteico en polvo	N/A	2.00	14.00
7	Densidad compactada del suplemento proteico en polvo	N/A	2.00	14.00
				28.00
MATERIALES Y SUMINISTROS				
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario en USD	Valor Total en USD
20	Envases estériles	U	0.30	6.00
6	Paquetes de vasos	U	2.00	12.00

	plásticos x 50 unidades			
2	Paquetes de etiquetas	U	0.50	1.00
				19.00

MATERIAL BIBLIOGRÁFICO Y FOTOCOPIAS

Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario en USD	Valor Total en USD
2	Laptop	U	700.00	1400.00 Valor actual =840.00
1	Impresora	U	300.00	300.00 Valor actual =180.00
	Depreciación de equipos electrónicos		Valor inicial/años de vida útil	(1400/5) =280.00 (300/5) =60.00
1	Resma de hojas	U	4.00	4.00
300	Impresiones	U	0.05	15.00
3	Carpetas	U	1.00	3.00
				1042.00

OTROS GASTOS

Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario en USD	Valor Total en USD
500	Internet	Horas	0.10	50.00
20	Transporte	Días	4.00	80.00
500	Energía eléctrica	Kw	0.10	50.00
				180.00

MATERIA PRIMA

Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario en USD	Valor Total en USD
5	Concentrado de proteína de suero	Kg	5.00	25.00

1	Maltodextrina	Kg	4.75	4.75
4	Mix de estabilizantes	Oz	2.00	8.00
1	Cacao orgánico en polvo	Kg	7.00	7.00
4	Agua purificada	Litro	1.50	6.00
				50.75
Valor total invertido en el proyecto de investigación				1559.43

Fuente: Autoras (Sánchez, Villalba; 2024)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- El desarrollo del suplemento proteico en polvo a partir de suero de leche se llevó a cabo con éxito, la formulación con mayor contenido proteico fue obtenida a partir del 90% de concentrado de proteína de suero, 6% de maltodextrina, 3% de cacao orgánico en polvo y 1% de la mezcla de estabilizantes. Presenta un contenido proteico de 30,18% y un aporte del 24,14% al VDR.
- Se validó la hipótesis alternativa, ya que se demostró que el contenido de concentrado proteico de suero de leche en polvo y de maltodextrina si incide significativamente en el aporte proteico del producto, la solubilidad, y la aceptabilidad del suplemento proteico.
- La densidad y el porcentaje de sólidos totales disueltos depende directamente del contenido proteico de la formulación. Con mayor densidad y más sólidos totales disueltos encontramos a la formulación con menor contenido proteico, esto debido su peso molecular y la solubilidad propia de las proteínas.
- La formulación obtenida a partir del 87,5% de concentrado de proteína en polvo, es la que presenta mayor aceptabilidad en general con un 76,5%, sin embargo, la formulación preferida por su olor fue la obtenida a partir del 90% de concentrado proteico.
- Los resultados del análisis microbiológico se encuentran dentro del requerimiento normativo de la NTE INEN 2983, lo que garantiza que no existen microorganismos patógenos y el producto fue desarrollado bajo condiciones inocuas.

13.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio de factibilidad para determinar la inversión necesaria para construir una planta industrial de suplementos alimenticios, el mercado y la rentabilidad del proyecto.
- Considerar el uso de proteínas vegetales para aumentar el aporte proteico de los complementos alimenticios.
- Investigar las aplicaciones y el uso del concentrado proteico en otro tipo de productos alimenticios, por ejemplo, en la industria de panadería.
- Comparar los efectos de otros aditivos alimentarios en la solubilidad y estabilidad de los suplementos proteicos a base de suero similares a la maltodextrina.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Araujo, A. M. (2013). *Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 4(2), 55-65.
2. Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera*. España: Reverte S.A.
3. Codex Alimentarius. (2018). *Norma para los sueros en polvo*.
4. Arregui, C. L. (2004). *Suplementos nutricionales. Clasificación. Indicaciones. Contraindicaciones. Valoración de la respuesta. Efectos secundarios*. Revista Medicine, 1204.
5. Ayala, A. (2020). *Investigación Bibliográfica: Definición, Tipos, Técnicas*.
6. Bon, F. (2015). *Desarrollo de un proceso de factores combinados para la conservación del suero de leche*. Programa de Investigaciones en alimentos. (13-15).
7. Caisa, L. (2019). *Elaboración de una bebida fermentada a partir de lactosuero y leche de chocho utilizando al kéfir de agua como fermento*. [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi].
8. Camacho, M. (2010). *Obtención de un concentrado proteico del suero de la leche de vaca utilizando tecnología de membrana*. [Proyecto de Investigación, Escuela Politécnica Nacional].
9. Campoverde, J. (2023). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de un concentrado proteico fermentado a partir del suero de quesería*. [Proyecto de Investigación, Universidad Nacional de Chimborazo].
10. Callejas Hernández, J., et al. (2012). *Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo*. Acta Universitaria, 22(1), 11–18.
11. Cerezal et al. (2008). *Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 - 5 años. Propiedades físicas, químicas, reológicas y color*. Revista Interciencia, vol. 33. Núm. 4. Chile.
12. Chacón, L. C. (2017). *Proteínas del lactosuero: Usos relacionados con la salud y bioactividades*. Revista Interciencia, 42(11), 712-718.
13. Chiriboga, M. E. (07 de 2009). *Obtención de un concentrado proteico del suero de la leche de vaca utilizando tecnología de membranas*. [Proyecto de Investigación, Escuela Politécnica Nacional].
14. Cisneros, S. (2022). *Beneficios de la utilización del suero de leche en la Industria*

- alimentaria*. [Proyecto de Investigación, Universidad Central del Ecuador].
15. De la Vara, R. & Domínguez, J. (2000). *Métodos de superficie multirrespuesta: un estudio comparativo*. Revista de Matemática: Teoría y aplicaciones 2002. 9 (1): 47-65.
 16. Editorial Etecé. (16 de Julio de 2021). *Método Cuantitativo*.
 17. Egg, A. (2019). *El método científico*. Introducción a la Investigación.
 18. Endara , F. (2002). *Elaboración de una bebida a partir del suero de queso y leche descremada con sabor a mango*. [Proyecto de Investigación, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]
 19. FAO. (2013). *Leche y productos lácteos*.
 20. FEDNA. (2020). *Lactosuero ácido*. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
 21. Franklin, B. (2011). *El libro blanco de la leche y los productos lácteos*. Cámara Nacional de Industriales de la Leche.
 22. García, F. (2003). *La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos*.
 23. García, V. (2020). *Guía para registro fotográfico en campo*.
 24. Gil de Antuñano, et al. (2019). *Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte*. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte.
 25. González, A. (2016). *Elaboración y caracterización de un concentrado proteico de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación*. [Trabajo de grado, Universidad Central de Venezuela]
 26. Guanotuña y Cachaguay, T. (2023). *Caracterización de allullas enriquecidas con suero de leche y amaranto*. [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi].
 27. Guerrero, W; Gómez, C y Castro, R. (2010). *Caracterización fisicoquímica del lactosuero en el Valle de Tulancingo*. Universidad de Guanajuato. XII congreso de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
 28. Hernández, G. (2017). *Método Analítico*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
 29. Huertas, R. (2014). *Lactosuero: importancia en la industria de alimentos*. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía.
 30. Jaramillo. (2021). *Desarrollo de un suplemento nutricional a partir de lactosuero para deportistas adultos*. [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte].
 31. Loachamin y Narváez, T. (2021). *Obtención y caracterización de suero de leche en*

- polvo a partir de lactosuero de la empresa (Prolad´S) mediante el método de secado por aspersión (Spray Dryer)”. [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi].*
32. Loaiza, M. (2011). *Aprovechamiento del suero de leche para la elaboración de una bebida funcional*. [Trabajo de grado, Universidad de las Américas]
 33. Maya Sernas, V., & Valadez Blanco, R. (2021). *Desarrollo de bebidas para deportistas a base de suero lácteo mediante membranas de filtración y su evaluación sensorial*. Repositorio nacional CONACYT.
 34. Miranda, O; Ponce, I y Fonseca, P. (2009). *Suero de queso. Un producto nutritivo. Caracterización*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Revista Asociación Cubana de Producción Animal. Vol. 3.
 35. Montañez, J. L., Barragán, B. E., & Cruz, M. T. (2002). *Propiedades fisicoquímicas de las maltodextrinas a partir del punto crioscópico de sus soluciones*. Información Tecnológica, 13(3), 77-81.
 36. Montesdeoca, R., Benítez , I., Guevara , R., & Guevara , G. (2017). *Procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero*.
 37. Muset, G., & Castells, M. L. (2019). *Valorización del lactosuero*.
 38. Ortiz, A. (2021). *Ficha de registro, fuentes de información*. Corporación Educacional Francisco De Aguirre Colegio Libertador Simón Bolívar.
 39. Parra, R. (2009). *Lactosuero: importancia en la industria de alimentos*. Scielo, 62(1).
 40. Pascual Anderson, M., & Pascual, V. (2000). *Microbiología Alimentaria*. Madrid, España.
 41. Prado Escobar, A. N., Rosales Pino, B. E., & Vargas López, I. A. (2004). *Elaboración de bebida fermentada a partir de lactosuero*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León].
 42. Pochteca. (2015). *Suero de Leche*.
 43. Poveda E, Elpidia. (2013). *Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad*. Revista chilena de nutrición, 40(4), 397-403.
 44. Ramírez Navas, J., Solís, C., & Vélez, C. (2018). *Tecnología de membranas: obtención de proteínas de lactosuero*. Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 12, 52-59.
 45. Rebollar, M. C. (2017). *Bioquímica de los Alimentos*. Editorial Acridibia.
 46. Reyes, J; García, A. y Hernández de A. (2002). *Efecto de la tecnología quesera sobre la composición del suero lácteo*. Revista Multiciencias. Vol. 2. Universidad de Zulia. Venezuela.

47. Riofrío, R. F. (2014). *Caracterización de Lactosuero proveniente de cuatro producciones*. [Proyecto de Investigación, Universidad San Francisco de Quito]
48. Ripol, X. P. (2009). *Obtención de exopolisacáridos de interés industrial a partir de lactosuero y permeatos*.
49. Riquelme, L. F. (2010). *Desarrollo por ultrafiltración de un concentrado proteico a partir de lactosuero*.
50. Rocha, D. A. (2017). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica del lactosuero de queso fresco pasteurizado de pequeños y medianos productores del Cantón Cayambe*. [Proyecto de Investigación, UTE]
51. Rudnykh, S. & López, V. (2018). *Elección de la función de deseabilidad para diseños óptimos bajo restricciones*. Revista EIA, ISSN 1794-1237. Volumen 15, N.30, pp. 13-24.
52. Sáenz Naula, R. J. (2017). *Diseño de un proceso para la obtención de proteína del lactosuero mediante la operación unitaria de secado por atomización*. [Proyecto de Investigación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
53. Salazar, Y. (2019). *Características del Suero Ácido*. Fase biotecnológica UNAD.
54. Salazar, A. (2016). *Implementación del Método Kjeldahl para la determinación de proteína para diferentes matrices en el laboratorio ECUACHEMLAB CÍA. LTDA*. [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica de Ambato].
55. Sbodio, O. (2019). *Coagulación de la leche. Desarrollo de un dispositivo para el monitoreo online del proceso*. Revista de investigación Agrícola, 12,17.
56. Segura, J. (2020). *Microencapsulación de leche mediante secado por atomización a bajas temperaturas*. [Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Cartagena].
57. Shuttleworth, M. (2008). *Diseño de Investigación Descriptiva*.
58. Silva, W. (2015). *Evaluación de la precisión y exactitud para la determinación gravimétrica de sólidos disueltos totales en aguas*. Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.
59. Statista. (2024). *La industria de los lácteos en América Latina – Datos estadísticos*.
60. Tipan, M. (2015). *Elaboración de una bebida energizante a base de lactosuero en la Pasteurizadora Quito S.A*. [Trabajo de grado, UTE]
61. Torres, C. (2013). *Síntesis de hidrogel de Polivinilpirrolidona (PVP) y Carboximetilcelulosa de Sodio (CMC)*. [Proyecto de Investigación, Universidad Regional Autónoma de México].
62. U.S. Food & Drug Administration. (2017). *Suplementos dietéticos*.

63. Viteri et al. (2018). *Caracterización físicoquímica del suero dulce*. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales.
64. Yambay, Ñ. (2023). *Producción y comercialización de leche y su incidencia en los ingresos de los socios de la asociación de productores*. [Proyecto de Investigación, Universidad Nacional de Chimborazo]