



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tema:

“Diseño del proceso industrial para la producción de inmunoglobulina a partir del lactosuero”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

AUTOR:

CARLOS DANIEL CARRERA VIZUETE

TUTOR:

ING. CERVANTES RODRÍGUEZ LILIA TEONILA MSc.

Latacunga-Ecuador

Marzo 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo **Carlos Daniel Carrera Vizuete** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE INMUNOGLOBULINA A PARTIR DEL LACTOSUERO”**, siendo la Ingeniera Lilia Teonila Cervantes Rodríguez MSc. Tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

.....
Carlos Daniel Carrera Vizuete

CI: 050242827-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE INMUNOGLOBULINA A PARTIR DEL LACTOSUERO”, de Carrera Vizúete Carlos Daniel, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo, 2022

.....
Tutor de Titulación

Ing. Lilia Teonila Cervantes Rodríguez MsC.

CI: 175727437-6



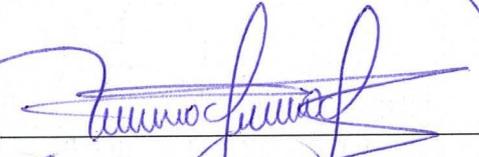
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la ingeniería y aplicadas; por cuanto, el postulante: Carrera Vizúete Carlos Daniel con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE INMUNOGLOBULINA A PARTIR DEL LACTOSUERO”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

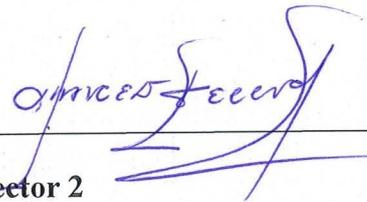
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo, 2022

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. MSc. Edison Salazar
CC: 050184317-1



Lector 2
Nombre: Ing. MSc. Marcelo Tello
CC: 050151855-9



Lector 3
Nombre: Ing. MSc. Raúl Andrango
CC: 171752625-3



AGRADECIMIENTO

En primera instancia quiero agradecer a Dios por bendecirme y fortalecerme cada día para alcanzar este sueño de ser un profesional.

A mis padres Carlos y Jaqueline por ser mi guía, que con su ejemplo de perseverancia, apoyo, me han enseñado a no rendirme, con su amor incondicional han estado apoyándome y creyendo en mí en todo momento.

A mis hermanos Karen y Pedrito por brindarme su amor fraterno.

A mis abuelitas, tías y tíos q con sus consejos y palabras de aliento de una u otra forma me acompañan en cada sueño y meta.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la carrera de Ingeniería Industrial que con su apertura hicieron de mí un profesional.

Mi agradecimiento a la Ing. Lilia Cervantes por compartir sus conocimientos y ser mi guía, que con su colaboración permitió el desarrollo de este proyecto.

Carlos Daniel Carrera Vizuete



DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo está dedicado a Dios por sus bendiciones en mi caminar, a mis padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años gracias a ellos he logrado llegar hasta este punto y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos por estar siempre presentes y brindarme cada día su apoyo incondicional.

A todas las personas que me han apoyado en este proceso, que me han abierto sus brazos y no me han cerrado las puertas gracias por guiarme compartiendo sus conocimientos para poder culminar el presente proyecto de investigación.

Carlos Daniel Carrera Vizuete

ÍNDICE

Contenido

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. EL PROBLEMA	3
2.1.1. Situación problemática	3
2.1.2. Formulación del problema	5
2.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL.....	5
2.2.1. Literatura reciente e importante acerca del problema	5
2.2.2. Enfoques teóricos del problema	6
2.3. Objeto y campo de acción.....	15
2.4. Beneficiarios	16
2.5. JUSTIFICACIÓN.....	16
2.6. HIPÓTESIS.....	18
2.7. OBJETIVOS	18
2.7.1. General.....	18
2.7.2. Específicos	18
2.8. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	20
2.9. Cronograma de actividades.....	22
3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	24
3.1. Proceso Industrial.....	24
3.1.1. Fases de un proceso industrial.....	24
3.2. Tipos de Lactosuero	25
3.2.1. El suero dulce	26
3.2.2. Suero ácido.....	27
3.2.3. Aplicaciones del lactosuero.....	27
3.2.4. Importancia económica del lactosuero	29

3.2.5. Utilización del lactosuero en la industria.....	29
3.2.6. Contaminación producida por el mal manejo de residuos del lacto suero.....	30
3.2.7. Proteínas del lactosuero	31
3.2.7.1. La α -lactalbúmina	31
3.2.7.2. La β -lactoglobulina.....	33
3.2.7.3. Inmunoglobulinas	34
3.2.7.4. Albúmina.....	35
3.2.7.5. Lactoferrina	36
3.2.7.6. Aplicaciones según la proteína del lactosuero	37
3.2.8. Inmunoglobulina	39
3.2.8.1. Tipos de inmunoglobulina.....	39
3.2.8.2. Propiedades de las inmunoglobulinas.....	41
3.2.8.2.1. Inmunoglobulina G	41
3.2.8.2.2. Inmunoglobulina M:	41
3.2.8.2.3. Inmunoglobulina A	41
3.2.8.2.4. Inmunoglobulina D	42
3.2.8.2.5. Inmunoglobulina E	42
3.2.8.3. Estructura de la inmunoglobulina.....	42
3.2.8.3.1. Cadenas ligeras	43
3.2.8.3.2. Cadenas pesadas	43
3.2.8.4. Aplicación de inmunoglobulina	43
3.2.8.5. Métodos para separar y purificar la proteína	44
3.3. Purificación de proteínas	45
3.4. Solubilidad	46
3.5. Separación por electroforesis	46
3.6. Purificación por cromatografía de afinidad	47
3.7. Métodos de filtración con membrana	48

3.7.1. Aplicación de la filtración con membrana:	49
3.7.3. Comparación entre el funcionamiento y efectividad de ultrafiltración, microfiltración y Electrodiálisis.....	51
3.7.4. Procesos por membrana	53
EdrawMax	55
4. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	56
4.1. Tipo de investigación	56
4.1.1. Investigación documental	56
4.1.2. Investigación descriptiva	57
4.1.3. Investigación exploratoria.....	57
4.2. Métodos de investigación	57
4.2.1. Analítico - sintético	57
4.2.2. Inductivo – Deductivo	58
4.3. Técnicas de investigación.....	58
4.3.1. Observación.....	58
4.3.2. Encuesta	59
4.4. Materiales y métodos	59
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	59
5.1. Resultados en el objetivo número 1	60
5.2. Métodos para la obtención de proteína.....	61
5.3. Resultados en el objetivo número 2	63
5.3.1 Resultado del diagnóstico de aprovechamiento del lactosuero en la industria láctea PASTOLAC.....	63
5.4. Análisis e interpretación	64
5.5. Análisis e interpretación	65
5.6. Análisis e interpretación	65
5.7. Análisis e interpretación	67
5.8. Análisis e interpretación	68

5.9. Caracterización de los procesos de la planta láctea PASTOLAC.....	68
5.9.1. Diagrama del proceso fabricación del queso.	68
5.9.2. Explicación de las etapas del proceso de fabricación de queso.	70
5.9.3. Resultados en el objetivo número 3.....	71
5.9.4. Microfiltración.....	72
5.10. Ultrafiltración.....	74
5.10.1. Cálculo de los FR en el proceso de ultrafiltración	74
5.10.2. Cálculo de retenido y permeado en el proceso de ultrafiltración continuo al proceso de microfiltración.....	75
5.10.3. Cálculo del rendimiento hasta el proceso de ultrafiltración.....	75
5.10.4. Cálculo del flujo de permeado de las membranas para cada instante de tiempo.	75
5.11. Diagrama de flujo para la obtención de inmunoglobulina.....	76
5.12. Proceso de obtención de inmunoglobulina	77
5.13. Diagrama de proceso para la obtención de inmunoglobulina.....	78
5.14. Equipamiento necesario para el proceso productivo	79
5.15. Normas INEN del proceso de obtención de inmunoglobulina.	82
5.16. Fundamento teórico de centrifugación en la purificación de proteínas.....	83
5.17. Fundamento teórico del método de cromatografía de intercambio iónico	84
5.18. Proceso de concentración del lactosuero por el método de ultrafiltración	85
5.19. Procedimiento de separación de proteínas por el método de cromatografía de intercambio iónico.....	85
5.20. Fundamentación teórica para la purificación por electroforesis de las proteínas para obtener inmunoglobulina.....	86
5.21. Inmunoglobulina:	87
Procedimiento de purificación por electroforesis de las proteínas para obtener inmunoglobulina de producción industrial.....	87
5.22. Objetivo 4: Evaluar costos para la producción de inmunoglobulina	88
5.22.1. Costos directos	88

5.22.2. Costos indirectos	89
5.22.3. Presupuesto Total	89
5.22.4. Análisis de costos de producción	89
5.22.5. Capacidad de producción	90
5.22.6. Balance de masa	91
5.22.7. Calculo de producción	91
5.22.8. Costo de producción	92
6. Análisis	93
6.1. Impactos.....	93
6.1.1. Impacto técnico	93
6.1.2. Impacto económico.....	93
6.1.3. Impacto ambiental	94
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
7.1. Conclusiones	95
7.2. Recomendaciones.....	95
8. Bibliografía.....	96
9 Anexos.....	103
Microfiltrador.....	103
Ultrafiltrador	105
Marmita de pasteurización.....	106
Bomba de presión.....	106
Tanque mezclador	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios directos e indirectos.	16
Tabla 2.2. Actividades y sistema de tareas de los objetivos planteados.	20
Tabla 2.3. Cronograma de actividades.	22
Tabla 3.1. 4Composición nutricional del lactosuero [35].	25
Tabla 3.2.5Contenido de vitaminas en el Lactosuero [35].	26
Tabla 3.3.6Aplicaciones del lactosuero [35].	28
Tabla 3.4.7Aplicaciones de las proteínas de acuerdo al lactosuero [35].	38
Tabla 3.5.8Cinco tipos básicos de inmunoglobulinas [41].	40
Tabla 3.6.9Inmunoglobulina y su aplicación [38].	44
Tabla 3.7.10Clasificación de membranas por factor de separación.	50
Tabla 3.9.11Tabla de comparación entre membranas de ultra y micro filtración [7].	51
Tabla 3.10.12Clasificación de técnicas de membrana según el tamaño de partícula y presiones de trabajo [35].	54
Tabla 5.1.13Componentes del lactosuero y tipos de proteína.	60
Tabla.5.2.14Tipos de proteína en la composición.	61
Tabla 5.3.15 Métodos para la separación de las proteínas presentes en el lactosuero.	62
Tabla 5.4.16Cantidad de lactosuero que se obtiene.	64
Tabla 5.4.17Usos del lactosuero.	64
Tabla.5.6.18Composición del lactosuero.	66
Tabla 5.7.19Procesos de elaboración de otros productos a partir del lactosuero.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.1 Proteína de α -lactalbúmina [38].....	32
Figura 3.2.2 Proteína de β -lactoglobulina [38].....	34
Figura 3.3.3 Estructura de la IgG1 [38].	35
Figura 3.4.4 Albúmina [38].....	36
Figura 3.5.5 Estructuras de la lactoferrina [38].....	37
Figura 3.6.6 Estructura de la inmunoglobulina [40].....	39
Figura 3.7.7 Representación de una membrana de filtración [40].....	49
Figura 3.8.8 Esquema de un proceso de separación por membranas [21].	53
Figura 3.9.9 Rechazo de los distintos tipos de técnicas a diferentes elementos [39].	55
Figura 5.1.10 Diagrama de procesos fabricación de queso.....	69
Figura 5.2.11 Diagrama de obtención de inmunoglobulina.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 5.1.1 Gráfica de usos del lactosuero.	65
Gráfica 5.2.2 Gráfica de proteínas que componen el lactosuero.	66
Gráfica 5.3.3 Gráfica de procesos para elaborar productos con lactosuero.	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación No. 1 Cálculo del FR	Error! Bookmark not defined.
Ecuación No. 2 Cálculo permeado	72
Ecuación 3 Cálculo del porcentaje de humedad	72
Ecuación 4 Cálculo de porcentaje de cenizas	73
Ecuación 5 Cálculo del porcentaje de proteínas	73
Ecuación 6 Cálculo de porcentaje de proteínas 2	73
Ecuación 7 Cálculo del porcentaje de grasa	73
Ecuación 8 Cálculo de porcentaje de sólidos	74
Ecuación 9 Cálculo del porcentanje de carbohidratos	74
Ecuación 10 Cálculo de los FR.....	74
Ecuación 11 Cálculo de retenido	75
Ecuación 12 Cálculo de retenido 2	75
Ecuación 13 Cálculo del rendimiento	75
Ecuación 14 Cálculo del flujo	75

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE INMUNOGLOBULINA A PARTIR DEL LACTOSUERO”.

Autor: Carlos Daniel Carrera Vizuite

RESUMEN

En el Ecuador resulta un problema latente actualmente el uso que se da al lactosuero en las empresas lácteas, se ha considerado que afecta los derechos constitucionales de cómo vivir en un ambiente sano y la seguridad alimentaria, situación que está dada por no tener el país plantas procesadoras del subproducto lácteo. El presente proyecto de investigación tiene como objetivo desarrollar alternativas industriales sostenibles para la recuperación y uso de este producto desechado. En la provincia de Cotopaxi, existen 134 microempresas lácteas con tecnología artesanal. Estas pequeñas empresas dan uso inadecuado al lactosuero, es destinado a la alimentación animal y vertido a los ríos, alcantarillados y suelo provocando problemas ambientales de gran envergadura. La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación es: la búsqueda de información actualizada de los tipos de lactosuero existentes, el análisis de su composición, el análisis de los métodos que faciliten la separación de las proteínas presentes en este subproducto y su purificación. Los tipos de investigación utilizadas para el desarrollo del proyecto son la explicativa y cualitativa y los métodos el inductivo-deductivo y el análisis y síntesis. A partir de esta información se propone el diseño del proceso industrial para la obtención de inmunoglobulina con la descripción de cada una de sus etapas y parámetros de control. Como conclusión del trabajo se ha considerado que las tecnologías de membrana son los más eficientes para separar y concentrar las proteínas del lactosuero, el método de electroforesis para la separación de las mismas, en este caso aislar la inmunoglobulina.

Palabras claves: Lactosuero, inmunoglobulina, obtención, purificación, separación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TOPIC: "INDUSTRIAL PROCESS DESIGN FOR THE PRODUCTION OF IMMUNOGLOBULIN FROM WHEY".

Author: Carlos Daniel Carrera Vizueté

ABSTRACT

In Ecuador, the use of whey in dairy companies is currently a latent problem, as it has been considered to affect the constitutional rights of living in a healthy environment and food security, a situation that is due to the fact that the country does not have processing plants for the dairy by-product. The present research project aims to develop sustainable industrial alternatives for the recovery and use of this discarded product. In the province of Cotopaxi, there are 134 dairy microenterprises with artisanal technology. These small companies make inappropriate use of the whey, which is used for animal feed and dumped into rivers, sewers and soil, causing major environmental problems. The methodology used for the development of the research is: the search for updated information on the existing types of whey, the analysis of its composition, the analysis of the methods that facilitate the separation of the proteins present in this by-product and its purification. The types of research used for the development of the project are explanatory and qualitative, and the methods used are inductive-deductive and analysis and synthesis. Based on this information, the design of the industrial process for obtaining immunoglobulin is proposed with the description of each of its stages and control parameters. As a conclusion of the work, it has been considered that membrane technologies are the most efficient to separate and concentrate whey proteins, the electrophoresis method for their separation, in this case to isolate immunoglobulin.

Keywords: Whey, immunoglobulin, extraction, purification, separation.

AVAL DE TRADUCCIÓN

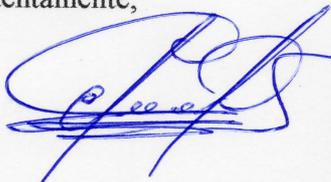
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE INMUNOGLOBULINA A PARTIR DEL LACTOSUERO.”** Presentado por: **Carlos Daniel Carrera Vizuete** estudiante de la Carrera de **Ingeniería Industrial** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 22 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Diseño del proceso industrial para la producción de inmunoglobulina a partir del lactosuero”

Fecha de inicio: Octubre 2021

Fecha de finalización: Marzo 2022

Lugar de ejecución:

Ciudad: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que Auspicia: Ingeniería Industrial

Proyecto al que está vinculado:

“Diversificación de la industria láctea para la sustentabilidad productiva de la provincia de Cotopaxi”

Nombres de equipo de investigadores:

Tutora: MSC. Ing. Cervantes Rodríguez Lilia Teonila

Autor: Carrera Vizueté Carlos Daniel

Líneas de investigación:

Procesos Productivos

Sub líneas de investigación:

Producción para el desarrollo sostenible.

Aspecto: Proceso de producción con el uso de subproductos y residuos

Tipo de proyecto: Proyecto de investigación

2. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la industria láctea quesera elabora diversos productos que requieren ayuda tecnológica para incrementar la producción y mejorar la eficiencia de tal manera que se pueda aprovechar eficientemente las materias primas y cumplir con las normas que el Estado exige.

En el proceso de elaboración de quesos, se genera desperdicios como el lactosuero, se estima que la producción diaria de éste en el país es de 1202850 kg, de los cuales aproximadamente un 63% se utiliza en alimentación de animales, fortificar bebidas y el 47% restante es descargado en suelos, drenajes y cuerpos de agua, tornándose en un serio problema para el ambiente. Para atenuar éste inconveniente y dado que el suero posee muchos nutrientes, se ha comenzado a implementar procesos modernos con el fin de obtener productos de valor nutricional y energético.

Por otra parte, si el suero se envía por los desagües, cuando llega a las plantas de tratamiento de agua, desestabiliza los sistemas de tratamiento biológico debido a la alta cantidad de materia orgánica que posee, ya que disminuye el oxígeno disuelto en el agua ocasionando la muerte de los organismos especializados en el tratamiento de efluentes.

Para atenuar este inconveniente, implementar un sistema de tratamiento para el suero como si se tratara de un desecho no sería adecuado porque los componentes nutricionales del suero seguirían sin aprovecharse; de esta manera, la presente propuesta pretende emplearlos consiguiendo una mejor opción para obtener la proteína inmunoglobulina.

De acuerdo con la investigación realizada, actualmente el suero se usa para enriquecer jugos y obtener aislados proteicos, que tienen una concentración del 90% al 99,9% en polvo, cuya comercialización está enfocada a deportistas de alto rendimiento. Por otro lado, también se ha estudiado la obtención de concentrados proteicos de lactosuero de vaca con cantidades de proteína que van de 20% a 80% en polvo.

El objetivo del presente trabajo consiste en proponer el proceso industrial para la producción de inmunoglobulina a partir de la reutilización del lacto suero obtenido como subproducto en la industria láctea para la diversificación de esta industria.

2.1. EL PROBLEMA

En la actualidad existen muchas empresas dedicadas a la utilización y transformación de la leche producida por el ganado vacuno alrededor del mundo, y Ecuador es uno de los países en el que por su diversidad se puede producir a gran escala la leche como materia prima.

Al ser procesada para obtener sus derivados como son leche pasteurizada, yogurt, quesos y otros productos se obtiene subproductos que por su composición pueden ser reutilizados para producir concentrados proteicos tanto para el consumo humano, como para el consumo de otras especies.

El lactosuero definido como líquido obtenido tras la precipitación y separación de la caseína de la leche durante la elaboración del queso constituye el 85% - 90% del volumen de la leche.

Este subproducto por su acidez y contenido de proteínas es extremadamente contaminante para el medio ambiente y debería ser aprovechado ya que de un proceso productivo se pueden obtener proteínas que estimulan el sistema inmunológico del ser humano, por esta razón en el presente proyecto se pretende dar solución al problema de desechar el lactosuero, y aprovecharlo para la producción de inmunoglobulina.

2.1.1. Situación problemática

Se calcula que la obtención mundial anual de lactosuero en el año 2019 fue de 756 millones de toneladas métricas distribuida en los siguientes porcentajes Europa 53%, América del Norte y central 28%, Asia 6%, África 5%, Oceanía 4%, América del Sur 4%, anualmente estos porcentajes representados son producidas a nivel mundial a través de la elaboración de queso de este valor, el 45% se desechan en ríos, lagos y otros centros de aguas residuales, o en el suelo, lo que representa una pérdida significativa de nutrientes ocasionando serios problemas de contaminación.

En la región sur americana, específicamente en Colombia, emergió una iniciativa respecto del aprovechamiento de proteínas existentes en el lactosuero, en el estudio de Tecnologías de Membranas, es decir, exponiendo las opciones para la obtención de proteínas del lactosuero, mediante la aplicación diversificada de soluciones, tales como:

La microfiltración, nanofiltración y ultrafiltración, el cual se efectuó a través de la Universidad del Valle, basándose en la tendencia de las industrias lácteas al emplear el procesamiento de membranas desde su introducción en la industria alimentaria, para separar proteínas del lactosuero, tras identificar como factor de problemática, los aspectos de desperdicio de materia prima al ser retenedor de gran volumen de nutrientes posterior a la producción de productos lácteos, y los índices de contaminación de corrientes de agua dulce [1].

Al ser considerado inicialmente como un elemento de desperdicio, éste se traduce en pérdidas multimillonarias de materia prima comercial y capacidad de convertirse en producto, generando repercusiones directamente sobre las empresas y a la vez, en el margen de captación para el PIB de la nación, unido a ello, el impacto financiero tras las consecuencias ambientales al alterar los ecosistemas acuáticos y fuentes de ingesta para los seres humanos, al no ser debidamente tratados químicamente, y la disminución de elementos disponibles y eficientes para la dieta adecuada de la población [1].

En la región de la sierra ecuatoriana, es una de las industrias que intensifica el desarrollo productivo del país en lo que corresponde a la industria láctea. Según Rodrigo Gallegos, director ejecutivo del Centro de la Industria Láctea del Ecuador (CIL), durante el año 2018, el país tuvo una producción cerca de 5.200.000 litros de leche diarios, en la cual de dicha producción, el 50% va a la industria formal, el 20% se queda en las fincas y el restante se mueve en los mercados informales [1].

En los últimos dos meses del año 2021, entre julio y agosto, en la provincia de Cotopaxi se ha incrementado las contradicciones entre los productores, ganaderos y las ventas de leche a las pequeñas y medianas industrias, logrando el impedimento del uso del lactosuero para mezclarlo con la leche por no tener un procesamiento correcto en la industria, debido a la falta de inocuidad y el incumplimiento sobre la norma ISO 22000: [2].

No obstante, el subproducto resulta rico en proteínas séricas, lactoglobulina y lactoalbúmina, requiriendo así, procedimientos específicos para su separación, siendo incluso capaz de recuperar los péptidos a través de la tecnología de membranas y el acondicionamiento adecuado del pH, la temperatura, velocidad del flujo y la presión, de acuerdo a las cromatografías líquidas de alta eficiencia y las membranas de electroacidificación bipolar. Dicha tecnología se encuentra en auge a nivel mundial, con gran aceptación y crecimiento y fortalecimiento anual de los métodos correspondientes [1].

A través de la aplicación de las tecnologías de membranas, no solo ha sido posible recuperar los valores nutricionales presentes en el lactosuero, sino que además, en los procesos de extracción, los márgenes de retención son mayores a los de permeabilidad respecto al remanente de materia prima anulada como parte del proceso que implica el esparcimiento e impregnación residual del subproducto, teniendo en cuenta la configuración previa de la membrana [1].

Al evidenciarse la importancia de reclasificar el lactosuero, las soluciones a nivel mundial apuntan a establecer una matriz normalizada que caracterice la calidad de consumo del lactosuero incorporándolo en los productos oficiales, de manera que se abre la brecha a la recolección y refinación de ideas respecto a la manufactura oficial del elemento y los modelos normativos para la clasificación y formalización de la ingesta, previa aprobación técnica, jurídica y nutricional.

2.1.2. Formulación del problema

¿Cómo obtener inmunoglobulina para aprovechar el lactosuero que se desecha en las industrias lácteas de la provincia de Cotopaxi?

2.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

2.2.1. Literatura reciente e importante acerca del problema

Históricamente, desde que se trabaja en la elaboración de quesos, pese a que ha sido un alimento que día a día se comercializa en todo el mundo también ha sido motivo de un grave impacto al medio ambiente y esto es debido al lacto suero que se origina debido a la producción de este alimento (Asas et al., [3]).

Así lo mencionan algunos estudios en este ámbito y diversos autores aseguran que por cada 100 kg de leche se obtienen alrededor de 10 kg de queso fresco y 90 kg de suero de leche y que lejos de ser aprovechado este lacto suero por sus propiedades nutritivas, es desechado en un gran porcentaje perjudicando suelos y destinos fluviales [4].

Al ser desechado a la naturaleza sin previo tratamiento, el lacto suero se convierte en un problema ambiental, así lo señala Godoy [5], en su estudio realizado denominado Evaluación del impacto ambiental en la industria de derivados lácteos Tinajani EIRL, en donde llega a la conclusión de que los residuos generados en la industria láctea tienen una elevada carga de sólidos en suspensión, así como un contenido medio de DBO5 y carga media de grasas y aceites [6]

El suero de leche es un líquido de aspecto turbio y de un color blanco amarillento obtenido en las queserías después de la elaboración de queso que se produce por la agregación de caseína.

El suero está formado por menos del 1% en proteínas como: globulinas, proteasa-peptona y albúminas, las cuales poseen un elevado aporte nutricional, 5% de lactosa, 93% agua y 0,7% de minerales como: el potasio, cloruro, magnesio, fosfato y sodio, asimismo contiene varias vitaminas hidrosolubles siendo la más importante la riboflavina.

2.2.2. Enfoques teóricos del problema

El sector ganadero ha representado a lo largo de los años un pilar fundamental en la economía ecuatoriana y para la provincia de Cotopaxi, en los últimos años ha aportado el 30% del PIB agropecuario y el 5,2% al PIB global de nuestro país (Cervantes et al., 2018).

De acuerdo con Cervantes et al. [7], asegura que el 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es desechado como lacto suero, esta sustancia está conformada por sólidos totales, grasas, calcio, fósforo entre otras, de los cuales llama la atención la lactosa y la proteína ya que de cada litro de suero lácteo dulce se puede obtener 52 y 10 gramos de estas respectivamente [8].

El lactosuero es un subproducto derivado de la industria láctea que se lo puede reutilizar en diferentes campos de aplicación como es la industria alimenticia, química, cosmética, biomédica e inclusive energética obteniendo biogás de la misma, a través de la aplicación de la tecnología de membranas, específicamente el microfiltrado, nanofiltrado y ultrafiltrado, para recuperar las WPC y WPI, acompañado del uso de las técnicas de BMEA, HPLC, HPTTF, y de esa manera, obtener determinadamente la lactoglobulina a nivel de manufactura [8].

El aprovechamiento del lactosuero para el uso de proteínas y otros elementos en suspensión, deriva de la necesidad de convertir el excedente del 80% de los recursos invertidos en la elaboración de quesos, que al llegar a la etapa de desuerado, generan este recurso denominado suero, en el cual se encuentran los mencionados factores ricos en beneficios, al mismo tiempo que maximiza la eficiencia de los procesos industriales para reducir los elementos desperdiciados [9].

La extracción y uso a nivel de beneficios de la inmunoglobulina mediante el lactosuero, acarrea consecuencias positivas a nivel de salud por la ingesta humana, en los aspectos de prevención de enfermedades múltiples, tratamiento contra la anemia y repotenciación de la producción de anticuerpos, inhibidor de coagulación, neuropatías, entre otros, sin descartar la variedad de productos en calidad de dulces, repostería, entre otros, en los cuales puede ser incluido, como parte de la recuperación del suero en general [9].

Para la recuperación de dicha proteína, existen diferentes niveles de extracción de acuerdo a la capacidad de inversión en la tecnología, que van desde el uso de telas de Nilo, pasando por procesos de centrifugado, y posterior filtración a través del mencionado sistema de membranas en sus diferentes niveles para intensificar el margen de obtención de recursos específicos, hasta llegar a la configuración atómica de los elementos presentes en los fluidos lácticos, a través de la electroforesis, como técnica sofisticada [9].

Finalmente, a nivel tecnológico y comercial, el subproducto resulta de interés para la agroindustria contemporánea del Ecuador, debido a la minimización de los desperdicios de materia prima, impacto ambiental de las reservas de agua dulce y conservación del medio ambiente en general; refuerzo en calidad de ingrediente con gran capacidad de aporte a la dieta convencional del ciudadano común, y fundamentalmente, un factor de amplio espectro para la contribución al PIB nacional, atribuido a la versatilidad de aplicaciones, al recuperar la mayoría del 90% residual, el cual se logra a través del objetivo principal, como lo es el diseño de procesos que permitan la recuperación, filtrado y purificación de proteínas capaces de generar aportes a la salud y generen diversas utilidades para reducir el margen de desperdicio (Cervantes et al., 2018).

Uno de los objetivos ideales que las empresas buscan es optimizar sus procesos reduciendo los recursos utilizados y aprovechándolos al máximo, donde lamentablemente la industria láctea en nuestro país, en su mayoría, deshecha un subproducto que como se ha mencionado tiene beneficios con múltiples aplicaciones industriales. A continuación se revisan algunos proyectos en los que se le ha dado un uso al lacto suero para elaborar nuevos productos [10].

En la investigación realizada por Guevara [11], se señala que el suero de leche conserva el 50% de los sólidos de la leche como lo son proteínas, vitaminas, lactosa, entre otras, las cuales tienen beneficios nutricionales pero también tienen un efecto antiséptico, ya que en este proyecto se lo utilizó como desinfectante para frutas y verduras, teniendo beneficios ambientales al no verter a la naturaleza el lactosuero y beneficios en la salud de los seres humanos ya que se eliminan fungicidas, virus y bacterias utilizando un producto que no es tóxico y que deja a los alimentos que ingerimos diariamente aptos para su consumo.

En el trabajo realizado por Guamán y Velázquez [10], menciona que el lactosuero es la sustancia más contaminante que proviene de la industria láctea y que paradójicamente es una de las sustancias más demandadas por las industrias alimenticias y farmacéuticas para la elaboración de proteína en polvo, utilizado como suplemento nutricional y deportivo, es así que se demuestra que procesando diariamente 1.800 litros de lacto suero se obtiene 27.85 kg de proteína en polvo lo cual deja réditos económicos anuales de \$18.540.

De acuerdo al estudio de Camacho [9], lograron apreciarse la diversidad de técnicas, capaces de ser aplicadas para la extracción específica de elementos de calidad química, de forma industrializada, enfatizando como método recurrente, la tipificación del filtrado mediante el centrifugado (previo uso de tela de lino), y a nivel exhaustivo, para la aplicación de la microfiltración con rangos de 15 a 50 kDa, para finalmente maximizar la obtención de proteínas.

Las riquezas del lactosuero procedentes de la macro fabricación de quesos a nivel mundial, comparten la misma características en el proceso, para la etapa del desuerado, en donde el reposo del producto terminado, genera tal volumen de elemento secundario rico en sustancias nutritivas y aprovechables, que quedan demostradas a ser analizadas en comparación con las normas INEN, en donde la aceptabilidad de concentración paramétrica, lo clasifican como recursos de gran utilidad [12].

En los estudios realizados por López y Polo [13], fueron resaltadas las técnicas de filtraje de proteínas provenientes de la leche, a través de la aplicación de la técnica gravimétrica y finalmente la ultrafiltración en dicha revisión fueron denotados los métodos de filtraje de proteínas de la leche, a través de la aplicación de carácter gravimétrico y la ultrafiltración, denotando la recurrencia a la tecnología de membranas, para elaborar bebidas refrescantes.

De acuerdo con Gómez y Sánchez [14], se demostró una rigurosa indagatoria para la identificación de los métodos de recuperación de proteínas y el lactosuero, donde fue resaltada la producción de galactooligosacáridos (GOS), para el filtrado de mayor proporción del lactosuero propiamente, dejando como recursos secundarios a las proteínas en suspensión, a través de la inclusión conjunta con los procesos fundamentales de fabricación de productos derivados y mediante la hidrólisis de la lactosa empleando la enzima β -galactosidasa, a partir del jarabe de lactosa, empleando dos subprocesos, siendo el primero con enzimas libres de células y el segundo con células completas.

En los estudios realizados por Támara [15], se consideró el preocupante y alarmantemente desperdicio del lactosuero según el potencial de aporte del que éste está dotado y los daños generados al medioambiente, destacando que al no ser tratado químicamente para ser vertido directamente en los canales acuíferos, éste, por cada litro exige una demanda de oxígeno (DBO), con un rango de 40.000 a 60.000 mg/L, y posterior y proporcionalmente, en la secuela para la solicitud ambiental de DQO. La autora, también destaca la función de las bacterias *Streptococcus* y *Lactobaccillus*, y de las levaduras *Kluyveromyces Fragilis* y *Kluyveromyces Marxianus*, que permiten la obtención de etanol, lo que su vez optimiza los costos para la elaboración de productos a base del mencionado derivado láctico.

Esta misma autora destaca los diferentes métodos de extracción para el aprovechamiento del lactosuero con mayor accesibilidad técnica y financiera, haciendo mención de las ventajas particulares según la aplicación, siendo: la concentración de proteínas a través de la ultrafiltración, posteriormente la recuperación de la lactosa con la nanofiltración, y la importancia y eficiencia del hidrolisis del lactosuero.

Parrado [16], se proyectó con respecto a la utilización del lactosuero mediante la creación de un yogurt en calidad de bebida energética, incorporando el derivado mencionado y la pectina, como ingredientes no convencionales a la preparación, a través de la experimentación con distintas concentraciones de los mismos. Del proceso resultante, se generó una bebida con sabor a durazno, con una base del 50 % del lactosuero en solución con la pectina, al mismo tiempo que se demostró la viabilidad económica del desarrollo de la bebida, empleando el suero dulce proveniente de la fabricación de queso de la misma planta.

Respecto a la literatura científica de Navas et al. [1], en la misma se destacaron los diferentes métodos de captación y filtrado de los péptidos y proteínas del lactosuero, con énfasis en el tipo de ultrafiltrado, donde además los autores apoyan la idea de aplicar las técnicas conjuntamente con las demás variantes y configurar apropiadamente la membrana correspondiente a la ultrafiltración, acompañadas de las condiciones de temperatura, pH y presión transmembranaria para potenciar la eficiencia de los resultados.

Según [17], se enfatizó la consecuencia del vertimiento del suero láctico en los suelos naturales, causando la impermeabilidad de los mismos. El autor destaca la posibilidad de la reutilización del suero lácteo para obtener derivados como: bebidas fermentadas y alcoholes, concentrados de proteínas, proteína unicelular, ácidos orgánicos, gomas, bioetanol mediante la aplicación de metanogénesis para la incorporación de alternativas de energía y potencia industrial y finalmente la producción de lactosa, como elemento fundamental de la lista de ingredientes para la preparación de distintos productos de gama alimenticia y farmacéutica.

Guel et al. [18], demuestra que el potencial que aportan las bacterias prebióticas para el desarrollo de la industria alimenticia por parte del lactosuero, por ejemplo, lo son las bacterias ácido lácticas (LAB), para el uso de los beneficios de las mismas en la salud. Los autores destacan la captación de las bacterias mediante las pruebas bioanalíticas de: API 50 CHS, API 38 y API 20 STREP.

En conformidad con Menchón et al. [19], respecto a la caracterización e influencia físico química de los microorganismos presentes en los sueros de queso en polvo, específicamente las esporas termófilas aerobias, los cuales fueron determinados como los microorganismos más nocivos en los productos lácteos infantiles según la caracterización de 65 muestras en contraposición con el 92,3 % restante, las cuales clasificaron como aptas. Cabe destacar que estas bacterias derivan de los agentes proteicos crudos, como la seroproteína bobina, en donde la β -lactoglobulina, ocupa un 10% de la composición total.

En los estudios realizados por Pilar [20], se planteó la producción de ácido cítrico, a través de la fermentación sumergida con cepas aisladas mediante pasas caracterizadas como *Aspergillus Carbonarius*, en los cuales se evaluaron las variantes de lactosa y la alternativa hidrolizada, según los factores de temperatura, pH y la forma determinada según los diagnósticos progresivos mensuales. Para la producción del ácido cítrico, como parte de la gama de opciones de derivados funcionales del lactosuero, fue necesaria la instalación de un biorreactor, capaz de acondicionar apropiadamente los parámetros hasta alcanzar una producción de 4.10 g/L. La realización del estudio comprendió la inclusión de un diseño experimental.

Se continuaron estudios relacionados con microorganismos *Aspergillus carbonarius* del ácido cítrico, en un lapso de 10 días, redujo hasta en un 88 % los azúcares del lactosuero, fungiendo como agente reductor de los elementos contaminantes disueltos en los residuos contaminantes de la industria quesera.

Por otra parte Almécija [21], destaca los beneficios del uso de la alta resolución de la filtración tangencial (*HPTFF*), lo cual permite la macro extracción de proteínas en suspensión, o mejor dicho, el fraccionamiento de tales. La filtración tangencial predomina por el principio de interacción magnética que, al configurarlo junto a la fuerza iónica y el pH adecuado, permite la separación molecular eficiente. La autora aplicó el procedimiento a la extracción de lactoferrina bovina desde el lactosuero.

La autora Almécija [21], demostró que el punto eficiente para la filtración de la lactoglobulina en relación al pH, correspondió a 9, donde además, la aplicación de la técnica permitió la reiniciación de la pureza resultante, en un 50 %, con un intervalo del pH entre 3 y 9.

De acuerdo con Medina y De La Torre [22], las beneficios y la versatilidad de usos del lactosuero formaron parte de la creación de quesos andinos enriquecidos con las propiedades de las proteínas del mencionado recurso, La autora recreó 4 muestras del producto en base a diferentes presentaciones por peso, en las que se puntualizaron los atributos de: apariencia, olor, sabor, textura y color para su evaluación según las características sensoriales, donde el método utilizado para la extracción del suero fue la coagulación.

En la revisión de la literatura científica de Borbolla [23], se estudió la técnica de la congelación para concentrar el suero láctico y posteriormente aplicar el método de centrifugación para la extracción de las proteínas, a través de la concentración progresiva de: -15° , -40° y -80° y la concentración isotérmica, para luego realizar las respectivas pruebas fisicoquímicas. Mediante el centrifugado logro corroborarse que a revoluciones inferiores a 1.000, se canaliza la obtención de concentraciones de proteínas con mejor control respecto a las superiores. Finalmente, al comparar la inducción isotérmica con la progresiva, existió una ventaja de 32,5 frente a 20° Brix.

En la tesis de Maya y Santander [24], se planteó el aprovechamiento de los desechos de los sueros lácticos a través del diseño piloto de una planta de calidad artesanal capaz de servir como dispositivo extra para el procesamiento y añadidura de los recursos proteínicos, mediante la utilización de la ultrafiltración, al mismo tiempo que se evitaron el agua y las grasas no deseadas en el resultado final.

Lo que evidencia la accesibilidad financiera para la implementación del modelo de filtrado en la industria en general, siendo la ultrafiltración, la más popular y eficiente, respecto al balance de inversión y resultados.

En los estudios realizados por Chimbo [25], se estudió la extracción de etanol desde el lactosuero para dotar de propiedades etílicas a la elaboración de una bebida alcohólica mediante la aplicación de hidrolisis, como parte de la variedad de fines de los desechos lácticos. Para el desarrollo de la propuesta, el autor empleó el diseño factorial estableciendo como variables: tiempo, azúcar y cantidad de levadura, para posteriormente elaborar la bebida con sabor a maracayá con 15 ° GL, la cual resultó ser segura al consumo humano. La levadura agregada contenía el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, el cual fue capaz de sintetizar la lactosa para mientras se abastece de la glucosa para la propagación.

Según la investigación de Proaño et al. [26], se consideraron aspectos operacionales para la correcta manipulación de variables sobre la obtención de proteínas de suero a partir del queso fresco pasteurizado mediante la ultrafiltración tangencial, combinada inicialmente con una etapa de microfiltración. Los autores también realizaron los diferentes análisis fisicoquímicos de acuerdo a las corrientes de retención, permeado y de alimentación. Finalmente se logró la captación de un porcentaje suficiente de proteína mediante la aplicación de los métodos previos, utilizando una membrana de 50 kDa.

En cuanto a la investigación realizada por Ricoy [27], el autor resaltó cada uno de los métodos de filtración correspondientes a la tecnología de membranas, en pro de las particularidades de extracción deseadas para los fines puntuales, al explicar detalladamente los principios de separación. El autor destacó el uso de la ósmosis inversa para la deshidratación de la leche, la nanofiltración para la desalinización porcentual del suero y la leche, la ultrafiltración para concentrar proteínas de macropartículas y finalmente la microfiltración para fraccionar las proteínas del proceso o minimizar la presencia de bacterias en los fluidos lácteos. Se puntualizó la diferencia entre los filtros convencionales y los filtros adaptados a las membranas, siendo tradicionalmente usado el papel para el primero y elementos especialmente creados de cerámica, acetato de celulosa y típicamente polímeros mediante los módulos de filtración tubular y cerámico, en donde además en la primera actúa principalmente la gravedad y en la segunda, mecanismos generadores de presión transmembrana, demostrando la eficiencia de estos últimos.

En la investigación de Ayunta [28], también se hizo el énfasis correspondiente a la utilización de los métodos de diafiltración y ultrafiltración, corroborando la afinidad y popularidad de este, para la obtención de concentrados (geles) de proteínas a partir de los volumétricos residuos de suero láctico, específicamente los CPS y APS, tanto bovinos como caprinos. Los procesos se iniciaron con el suero dulce resultante de los procesos de fabricación de queso propios de la planta, lo que evidencia la facilidad de inclusión del subproceso de agregado de las proteínas obtenidas, como la inmunoglobulina, en los procedimientos estándar.

La autora Ayunta [28], en primera instancia realizó la centrifugación para la separación de grasas del fluido y posteriormente aplicó la filtración tangencial con una membrana de 10 kDa, de poliéster sulfonas. Finalmente, el resultante de los concentrados de proteínas fue congelado y deshidratado mediante liofilización. El nivel de eficiencia de la obtención proteica fue del 64,60 %, para la elaboración de los geles y carragenano.

En la tesis correspondiente a Morillo [29], se aplicó netamente la osmosis inversa teniendo en cuenta los lineamientos de la norma 33601-MINAE-S perteneciente a la legislación de Costa Rica para maximizar la obtención de retenidos y permeados desde los sueros lácticos. La autora utilizó una microfiltración de 0,2 μm , a 30 °C y 4 Bar de presión de trabajo, en un dispositivo de filtración tangencial. La aplicación del método evidenció la correlación entre la turbidez del proceso respecto a la permeabilidad del flujo, denotando que, a disminuir la primera, aumenta considerablemente la segunda.

La autora tomó las previsiones suficientes aparte de la correcta configuración de parámetros operacionales, para asegurar la maximización de la cantidad y eficiencia de la proteína obtenida, considerando la aplicación del proceso para descremar el suero y posteriormente microfiltrarlo; finalmente a través de la modelación de la turbidez con $26,8 \pm 0,8$ NTU, alcanzó un índice de extracción de proteínas del 95,6, %; y un margen final al recuperar los carbohidratos del 84,6 %. Como parte de las opciones resultantes, también derivaron los minerales y la lactosa con capacidad de aprovechamiento [29].

En la investigación realizada por Osorio [30], también se enfocó en la obtención del extracto de las proteínas provenientes del lactosuero en combinación con los residuos del consumo convencional del café, para potenciar las propiedades en la creación de un prototipo de yogurt bajo dicho esquema. La matriz de fabricación del producto, desde la obtención y procesamiento de los sueros lácticos, conservó los aspectos tradicionales de producción incluyendo la novedad del lactosuero.

Sin embargo, como parte de la verdadera innovación, fue incluido el secado convectivo del residuo y por atomización del café, para posteriormente establecer un diseño experimental de modelo Box-Behnken capaz de acondicionar óptimamente los procesos.

En los estudios realizados por Osorio [30], se obtuvo un ingrediente microbiológico y saludablemente consistente, apto para el consumo humano. Cabe mencionar la relevancia de la aplicación de los procesos de isomerización e hidrolisis del café para generar las reacciones deseadas en los ácidos clorogénicos, capaces de reforzar las propiedades antioxidantes. El autor también proyecta la compatibilidad del ingrediente para la aplicación en los campos de repostería y heladería, así como la creación de diferentes tipos de suplementos alimenticios, donde quedan en expectativa la corroboración clínica y la aprobación por las vías tanto de la biodisponibilidad, como de la accesibilidad misma.

De acuerdo con Guerrón [31], se continuó el estudio con la línea tendencial del aprovechamiento del lactosuero para generar concentrados de proteínas derivados de los procesos productivos de los residuos lácteos. El proceso de extracción se utilizó la combinación múltiple de filtración membranaria de micro y ultrafiltración, empleando una escalada de tamaños de poros de 4, 15 y 50 kDa, al manteniendo una temperatura inferior a 40° C, donde resulto más eficiente la correspondiente a 50 kDa, en donde a través del mismo se obtuvo la misma cantidad porcentual de concentrado, pero en menor tiempo, comprendiendo 2 horas vs 7 y 4,54, para 1,43 y 1,48 % respectivamente.

Continuando con el autor Guerrón [31], a través de dicha investigación se corroboró la eficiencia del uso de la microfiltración, aumentando la concentración de grasas hasta 10,11 veces respecto de las tasas nominales. Mientras que, por la ultrafiltración, el uso de membranas de mayor tamaño conlleva a una ventaja respecto al tiempo neto de los procesos, que, a su vez como efecto colateral, implica una disminución de la eficiencia de la captación de proteínas resultantes, que al ser comparadas las de 50 y 15 kDa, existió una desventaja del 13,43 % de la primera con la segunda opción.

Mientras que de forma complementaria, en la investigación de Calderón [32], la cual, principalmente fue orientada al diseño de una planta piloto para obtener concentrados proteicos a partir de la inclusión de la tecnología membranaria, ésta, permitió evidenciar la tendencia técnica al uso de la ultrafiltración a través de membranas de corte con poros de tamaños de 15 y 50 kDa, donde se demostró la permeabilización para la obtención de concentrados proteicos del 99 % de eficiencia comparativamente con los sueros lácteos sin procedimiento alguno.

Que se interpreta como la relación proporción de, a mayor corte de la membrana, mayor resulta el flujo permeado.

El autor Calderón [32], enfatizo atractivamente, en ensamble removible de las secciones de la tecnología de membranas de manera que permita la limpieza por causa de ensuciamiento de las membranas, sin paralizar el proceso de obtención de las partículas exactas en suspensión, por ultrafiltración. También demostró que el diseño e inclusión de una planta piloto con características iguales o similares, es económicamente factible bajo la expectativa de una amortización de 10 años contemplados.

De esta manera queda comprobado que se le puede dar varios usos al lactosuero y que su campo es extenso.

Pero estas razones son ignoradas por falta de conocimiento o tecnología en los pequeños y medianos productores, En Cotopaxi existen 29 pasteurizadoras entre las más grandes tenemos La Nueva Avelina, El Ranchito, La Pampa y la Finca, no obstante, a este número se le suman alrededor de 100 pequeñas industrias q abastecen supermercados y tiendas locales que se entran aledañas a sus ubicaciones,

Siendo Cotopaxi una de las áreas agroindustriales más importantes para la nación ecuatoriana, en la cual aún se generan las practicas deficientes y recientemente declaradas como arcaicas, para el tratamiento y aprovechamiento del lactosuero como ingrediente de alto valor nutricional para el consumidor, comercial para la industria en general, y ambiental para los ecosistemas acuáticos, en donde actualmente se explota y expande el uso de los tecnologías de membranas, reclasificación del producto y suficiencia en los procederes capaces de cumplir con la calidad inocua de los resultados deseados [33].

2.3. Objeto y campo de acción

Objeto: El aprovechamiento integral del lactosuero

Campo: Obtención de inmunoglobulina

2.4. Beneficiarios

Tabla 2.1. Beneficiarios directos e indirectos.

Beneficiarios del proyecto			
Beneficiarios Directos		Beneficiarios Indirectos	
Socios de la empresa	10 personas	Clientes	8 tiendas
Empleados	2 personas	Proveedores	10 personas
Total	12 personas	Total	18 personas

Elaborado por Carrera Carlos

De acuerdo a la Tabla 2.1, como parte de los beneficiarios se tomó en cuenta a la empresa PASTOLAC, que cuenta con 10 socios activos y que son productores de leche, en base a los beneficiarios directos.

Así como también se beneficiarán empresas que requieran adquirir la proteína del lactosuero como materia prima y otras empresas del sector lácteo que requieran el conocimiento para la separación de las proteínas que se encuentran presentes en el lactosuero, logrando atender 8 tiendas en cuanto a clientes, y 10 proveedores, en calidad de beneficiarios indirectos.

2.5. JUSTIFICACIÓN

La propuesta del diseño del proceso industrial para obtener inmunoglobulina a partir de la reutilización del subproducto lactosuero, es necesaria y pertinente en aquellas zonas ajenas en el mundo, afiliadas al interés de la recuperación eficiente de elementos del suero lácteo, porque en la composición de ésta sustancia están presentes la lactosa, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas que pueden ser aprovechados de forma integral para elaborar nuevos productos, a su vez éstas sustancias son responsables de daños ambientales, según expresa Camacho [9], generan aproximadamente 3,5 kg de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y 6,8kg de Demanda Química de Oxígeno (DQO), provocando una gran contaminación en el suelo y las aguas.

Las proteínas presentes en el subproducto del lactosuero no constituyen la fracción más abundante, pero es la más interesante en los terrenos económico y nutricional. Representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Su uso en la industria de alimentos es de vital importancia.

Queda en evidencia que el lactosuero es una fuente de proteínas económica y al alcance de la industria farmacéutica de ahí que se revele como la alternativa viable y económica para la producción de inmunoglobulinas que incidirán positivamente en la mejora sistemática de los niveles inmunitarios de pacientes inmunodeprimidos por enfermedades crónicas; como resultado de estas ventajas se beneficiarán los productores de leche, las industrias lácteas, los consumidores y el medio ambiente que se encuentran en constante crecimiento en la provincia de Cotopaxi en el cantón Latacunga.

Según datos de la FAO, a escala mundial el 70 % del lactosuero es industrializado y un 30 % se emplea como alimento para animales o como fertilizante del suelo. En el Ecuador una de las razones del despilfarro del lactosuero es la falta de plantas procesadoras que puedan convertir este subproducto en diversas sustancias [34].

En la actualidad existe una amplia demanda de inmunoglobulinas como resultado del incremento de las enfermedades crónicas que provocan falencias en el sistema inmunitario, de ahí el interés por desarrollar mayores volúmenes de inmunoglobulinas por parte de las industrias farmacéuticas a nivel mundial, aquellas dedicadas a la elaboración de complementos alimenticios, e incluso, cosmética, acción para la cual se hacen imprescindibles, las fuentes nutricionales económicas que brinden óptimos resultados tal como es el caso del lactosuero el cual potencializa la respuesta inmune tanto humoral como celular del organismo.

Con el diseño del proceso industrial propuesto para la obtención de inmunoglobulina, la industria láctea contará con el procedimiento, etapas y métodos de control específicos acompañados de parametrizaciones para poder separar las proteínas presentes en el lactosuero, y así obtener la inmunoglobulina que es un tipo de proteína de diferentes utilidades y demanda en el mercado.

Para la separación eficiente y específica de la inmunoglobulina, existen diferentes procedimientos y herramientas para poder extraerla de forma exclusiva del resto de proteínas y elementos en calidad de suspensión en los fluidos lácteos, en los cuales destacan el empleo de tecnología de membrana a través de niveles de filtrado.

Previos filtrados de carácter simple o centrifugado, para luego ser purificada, a su vez, existiendo técnicas más sofisticadas como la electroforesis para la extracción de máximo rendimiento de proteína.

2.6. HIPÓTESIS

“Si se diseña el proceso productivo para la obtención de inmunoglobulina entonces se podrá aprovechar el lactosuero que se desecha en las industrias lácteas de la provincia de Cotopaxí”.

Variable independiente: El diseño del proceso productivo de la inmunoglobulina.

Variable dependiente: Aprovechamiento del lactosuero.

2.7. OBJETIVOS

2.7.1. General

Proponer el proceso industrial para la producción de inmunoglobulina a partir de la reutilización del lactosuero obtenido como subproducto en la industria láctea para la diversificación de esta industria.

2.7.2. Específicos

- Realizar el estudio de las propiedades físico - químicas del lactosuero y los métodos para la obtención de las proteínas a partir de este subproducto.
- Diagnosticar como se aprovecha el lactosuero en la empresa láctea PASTOAC para la obtención de otros productos a partir de esta sustancia.

- Diseñar el proceso de producción industrial de obtención de inmunoglobulina a partir del lactosuero para la diversificación de la industria láctea.
- Evaluar los costos para la obtención de inmunoglobulina a partir de lactosuero.

2.8. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Tabla 2.2. Actividades y sistema de tareas de los objetivos planteados.

Objetivos	Actividad	Resultados esperados	Metodología
Realizar el estudio de las propiedades físico - químicas del lactosuero y los métodos para la obtención de las proteínas a partir de este subproducto.	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de las propiedades del lactosuero a partir de los tipos existentes. • Diferenciación de los tipos de proteínas presentes en el lactosuero. • Estudio de la estructura de la inmunoglobulina y sus propiedades. • Análisis de los métodos para la obtención de proteínas a partir del lactosuero 	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades del lactosuero. • Tipos de proteína. • Estructura de la inmunoglobulina. • Métodos para la determinación de proteína. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos científicos. • Tesis de grado. • Libros. • Páginas web.
Diagnosticar como se aprovecha el lactosuero en la empresa láctea PASTOLAC para la obtención de otros productos a partir de esta sustancia.	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de los procesos de la planta láctea PASTOLAC para la obtención de lactosuero. • Diagnóstico del aprovechamiento del lactosuero en la planta láctea PASTOLAC • Análisis de los resultados del diagnóstico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos Caracterizados. • Diagnóstico del aprovechamiento del lactosuero. • Resultados del diagnóstico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de observación insitu. • Encuestas, entrevistas. • Método analítico sintético.
Diseñar el proceso de producción industrial de obtención de inmunoglobulina a partir del lactosuero para la diversificación de la industria láctea.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las ecuaciones para el cálculo en el proceso de obtención de inmunoglobulina. • Representación de los diagramas de flujo y de proceso para la de obtención de inmunoglobulina. • Fundamentación de cada una de las etapas del proceso industrial para la producción de inmunoglobulina. • Descripción de los parámetros de control para los procesos propuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama del proceso. • Descripción del proceso y de parámetros de control. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método inductivo-deductivo. • Método analítico sintético
Evaluar los costos para la obtención de inmunoglobulina a partir de lactosuero	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de costos directos e indirectos para la obtención de inmunoglobulina a partir del lactosuero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos directos. • Costos indirectos. • Costos imprevistos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de cálculo

Elaborado por Carrera Carlos

En la Tabla 2.2, fueron reflejados los procedimientos estratégicos y específicos para la consecución del proyecto, al describir el desarrollo de los 4 objetivos planteados, subdivididos en actividades, resultados esperados y metodología empleada, siendo detallados de la siguiente manera:

Las actividades, conformaron las técnicas de estudio, proyección y representación de procedimientos, análisis paramétricos y estructurales de la inmunoglobulina, y demás aspectos relevantes, respetando y destacando cada una de las fases de evolución de los objetivos, abarcando la revisión dinámica de la información directa y contextual concerniente para la posterior identificación de las herramientas a aplicar, la descripción de los procedimientos para la producción de la materia prima mencionada, el desarrollo preciso de los aspectos de diagramación y contexto operacional para la extracción de la glicoproteína y finalmente la inversión a dedicar al cometido.

En los resultados esperados, fueron vaciados todos aquellos efectos deseados puntual y enfáticamente, de acuerdo a la correlación proporcional de cada bloque de actividades, mientras que, en la sección de metodología, fueron señalados tanto los recursos como herramientas digitales, capaces de generar y plasmar las actividades según los resultados esperados.

2.9. Cronograma de actividades

Tabla 2.3. Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	2021-2022																															
	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Estudio de las propiedades del lacto suero a partir de los tipos existentes.	X	X	X																													
Diferenciación de los tipos de proteínas presentes en el lacto suero.				X	X	X																										
Estudio de la estructura de la inmunoglobulina y sus propiedades.								X	X	X																						
Análisis de los métodos para la separación y purificación de las proteínas del lacto suero.										X	X	X																				
Descripción de los procedimientos para la concentración, purificación y separación de proteínas del lacto suero.													X	X	X																	
Estudio de los procesos y parámetros de control para la producción industrial de inmunoglobulina a partir del lacto suero.																X	X	X														
Representación de los diagramas de flujo y de proceso para la de obtención de inmunoglobulina.																			X	X	X											
Fundamentación de cada una de las etapas del proceso industrial para la producción de inmunoglobulina.																					X	X	X									
Descripción de los parámetros de control para los procesos propuestos.																									X	X	X	X				
Análisis de costos totales para la producción de inmunoglobulina a partir del lacto suero.																															X	X

Elaborado por Carrera Carlos

En la tabla 2.3, correspondiente al cronograma de actividades, fue desglosado el desarrollo de los procedimientos secuenciales y progresivos en una línea de tiempo de 8 meses, adaptando cada paso a la dedicación espontánea y exclusiva de acuerdo al enriquecimiento y finalización exitosa de la extracción de la inmunoglobulina desde el lactosuero, vinculada a la tabla 2.2.

De acuerdo a la mencionada tabla, fueron dedicadas en promedio, 3 semanas al desarrollo y culminación de cada actividad, con excepción de la descripción de los parámetros de control y análisis de costos para la realización de la inversión, al consta de 4 semanas cada una.

3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

3.1. Proceso Industrial

Un proceso industrial es un conjunto de actividades que se realizan para convertir la materia prima en un producto final.

En el proceso industrial se realizan actividades y procedimientos. Estos permiten que la materia prima pueda sufrir modificaciones. Estas modificaciones pueden alterar el tamaño, la forma, la densidad, la estética o el color de la materia prima que es objeto de transformación.

Como consecuencia, para alterar la materia prima se pueden utilizar diferentes métodos. La manipulación de la materia prima hace que esta pueda ser modificada. Luego se convierte en materiales, herramientas sustancias y productos, con el objetivo de satisfacer necesidades de consumo o de utilización.

3.1.1. Fases de un proceso industrial

Tal y como su nombre indica, un proceso es un conjunto de operaciones y es por ello que, para completar un proceso industrial hace falta pasar por una serie de fases. Lo habitual es que se enumeren 5 de ellas, aunque en muchas ocasiones, se pueden simplificar y realizar algunas tareas en tan solo un paso. Así podemos nombrar las siguientes etapas de un proceso industrial:

- Contacto con la materia prima y manipulación de la misma
- Trabajos de acondicionamiento para transformar la materia prima en cuestión
- Proceso de transformación propiamente dicho con las técnicas correspondientes
- Separación de la materia prima para convertirla en producto
- Creación de los productos finales

3.2. Tipos de Lactosuero

Existen varios tipos de lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos.

Tabla 3.1. Composición nutricional del lactosuero [35].

Componente	Lactosuero Dulce (g/L)	Lactosuero Ácido (g/L)
Sólidos totales	63,0 – 70,0	63,0 – 70,0
Lactosa	46,0 – 52,0	44,0 – 46,0
Proteína	6,0 -10,0	6,0 – 8,0
Calcio	0,4 – 0,6	1,2 – 1,6
Fosfatos	1,0 -3,0	2,0 -4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Fuente: (Parra, 2009).

En la Tabla 3.1 se puede detallar la composición nutricional del lactosuero dulce y ácido, observándose que el dulce tiene mayor lactosa y mayor proteína respecto al ácido.

En cualquiera de los dos tipos de lactosuero obtenidos, se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero, esto representa cerca del 85-90% del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes.

Entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco).

Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico.

Tabla 3.2. Contenido de vitaminas en el Lactosuero [35].

Vitaminas	Concentración (mg/ml)	Necesidades diarias (mg)
Tiamina	0,38	1,5
Roboflavina	1,2	1,5
Acido nicotínico	0,85	10-20
Ácido pantoténico	3,4	10
Piridoxina	0,42	1,5
Cobalamina	0,03	2
Ácido ascórbico	2,2	10-75

Fuente: Think USA Dairy

En la Tabla 3,2 se registran los contenidos de vitaminas, su concentración y necesidades diarias, encontrándose con que el ácido pantoténico presenta la mayor concentración con 3,4 mg/ml seguido de ácido ascórbico con 2,2 mg/ml.

Este gran contenido de nutrientes genera aproximadamente 3,5 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 6,8 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de lactosuero líquido, siendo la lactosa, el principal componente de sólidos que contribuye a la alta DBO y DQO.

3.2.1. El suero dulce

Se obtiene por coagulación con cuajo animal, como la quimosina, del sistema digestivo de los rumiantes, por lo que en el pasado esta enzima se obtenía del estómago de estos animales. Actualmente, esta enzima se produce por síntesis bioquímica, mientras que el estómago de los terneros no se utiliza como materia prima, también se pueden utilizar enzimas vegetales o cuajo microbiano [12].

Los siguientes sueros se preparan a partir de suero dulce: suero líquido clarificado, suero líquido pasteurizado, concentrado de ultrafiltración, suero líquido desmineralizado y crema de suero, se producen durante la elaboración del queso cuajo, que actúa sobre las caseínas de la leche y las rompe, desestabilizándolas y precipitándolas, todo ello en determinadas condiciones de temperatura (15-50 ° C) y pH 5, 8 a 6. 6 [12].

3.2.2. Suero ácido

El suero ácido se obtiene acidificando naturalmente la leche o añadir ácidos orgánicos. La coagulación natural ocurre como resultado de la fermentación de la leche provocada por la flora bacteriana existente o por la adición de enzimas lácticas o por adición de ácidos orgánicos como acético, cítrico, láctico, etc [12].

El suero dulce una vez expulsado pierde sus propiedades con el tiempo y este se convierte en suero ácido, disminuye su pH y contenido proteico general, lo que no se recomienda con concentrados proteicos [12].

Este suero se produce por precipitación ácida de caseína. La precipitación tiene lugar bajando el pH de la leche a un valor entre 4.5 y 4.6. A este pH se alcanza el punto isoelectrico de la mayoría de las caseínas presentes en este punto, la carga eléctrica neta de la proteína es cero, lo que desestabiliza y precipita la caseína micelar, dejando solo las proteínas del suero [12].

3.2.3. Aplicaciones del lactosuero

Según la tabla 3.4, es demostrada la variedad de aplicaciones de gran utilidad y beneficios del uso y consumo del lactosuero en la industria de alimentos, ilustrando la gran capacidad de aporte comercial que éste posee.

Tabla 3.3. Aplicaciones del lactosuero [35].

Aplicaciones en:	Beneficios destacados
Productos de panificación	Mejoran la textura y la humedad; se pueden emplear como sustitutos del huevo, lo que reduce el contenido de colesterol y los riesgos microbiológicos de los productos finales; pueden proporcionar sabores tostados.
Bebidas	Evitan la sedimentación; contribuyen a una sensación suave en la boca; pueden proporcionar un suave sabor lácteo; aportan proteína, calcio, vitaminas y minerales; proporcionan componentes probióticos, lactoferrina y otros componentes nutracéuticos o bioactivos.
Confitados	Ayudan a crear la textura deseada; mejoran el sabor y ayudan a aportar sabor a nuez; contribuyen al color caramelo asociado a numerosos productos confitados; se pueden usar como sustituto de la grasa; se pueden utilizar para reemplazar los sólidos lácteos en las coberturas de golosinas y caramelos.
Productos lácteos	Proporcionan cuerpo y consistencia en las aplicaciones de quesos procesados; reducen la sinéresis y tienen un efecto probiótico en los yogures; crean una textura suave y generan una estabilidad de congelamiento en los helados.
Mezclas secas	Se disuelven en agua rápidamente; mejoran la textura del producto; contribuyen a un sabor agradable levemente dulce.
Productos para lactantes	Aumentan el valor nutricional general; aportan proteínas de alta calidad en una forma de digestión rápida; son una fuente de calcio, vitaminas y minerales.
Productos nutricionales	Aumentan el valor nutricional general; proporcionan proteínas de alta calidad, calcio, vitaminas y minerales; contribuyen a una imagen saludable del alimento y a una etiqueta limpia.
Carnes procesadas y mariscos	Ayudan a adherir las migas de pan o rebozados a la carne y el pescado; mejoran el rendimiento; ayudan a crear la textura deseada; agregan una buena degustación en bocados y firmeza; mejoran la propiedad de corte en rebanadas; agregan color y mejoran la apariencia visual; mejoran el sabor.
Condimentos y saborizantes	Actúan como portadores de sabor; contribuyen a un suave sabor lácteo; proporcionan una cobertura uniforme; evitan la aglomeración
Refrigerios	Actúan como portadores de sabor; aumentan el volumen de los condimentos; proporcionan una cobertura uniforme; extienden el período de conservación.
Alimento para animales	Aumentan el valor nutricional, aportan fortificación proteica, vitamínica y mineral.

Fuente: Think USA Dairy

Según la tabla 3,6, es demostrada la variedad de aplicaciones de gran utilidad y beneficios del uso y consumo del lactosuero en la industria de alimentos, ilustrando la gran capacidad de aporte comercial que éste posee.

3.2.4. Importancia económica del lactosuero

La industria láctea trató el suero como un subproducto de desecho de la producción de queso, pero con el tiempo se ha descubierto su valor y hoy tiene su propia industria que se está desarrollando rápidamente en países con la capacidad tecnológica para manipularlo. Costos de procesamiento y producción del suero. Una de las ventajas de la industria láctea es el bajo costo de las materias primas y la variedad de usos de este producto. El suero tiene varias ventajas económicas en su elaboración, principalmente se pueden obtener 4 derivados de un mismo producto, a saber:

- Concentrado de Proteína.
- Lactosa.
- Grasas.
- Caseínas.

Esto es de gran importancia económica ya que los productos gratuitos aumentan el beneficio final. Se puede decir que su acción es necesaria porque es un fuerte contaminante por su demanda de oxígeno. Una vez desechado genera costos adicionales para la industria láctea, por lo que es necesario aprovechar al máximo sus propiedades en la industria alimentaria [35].

3.2.5. Utilización del lactosuero en la industria

Es una fuente de proteína de muy alta calidad económicamente conocido como lactosuero, el 50% de este se produce a nivel mundial, lo tratan y luego le transforman en productos alimenticios.

De lo cual un 45% utilizan directamente de forma líquida, lo que corresponde al 30% deshidratan para usar como polvo, el 15% industrializan para extraer lactosa y el restante se elabora un concentrado proteico de Lactosuero en polvo [35].

El uso más común que se le da al lactosuero es un ingrediente en la producción de bebidas, su principal característica es proporcionar energía, también ayuda a regular la temperatura del cuerpo, sus componentes evitan la deshidratación y calmar la sed, por lo cual la elaboración de bebidas a base de esta materia prima, a una escala comercial tiene varias ventajas económicas, por ser altamente nutritiva podría sustituir a la leche [35].

3.2.6. Contaminación producida por el mal manejo de residuos del lacto suero

En el país, la mayoría de industrias que se dedican a la producción de lácteos, desconocen que el suero lácteo generado por la fabricación de quesos, es materia reutilizable que contiene varios nutrientes, minerales y proteínas que pueden ser reutilizados. La mayoría de estas empresas, que son fabricas poco tecnificadas, se deshacen del suero de forma directa, sin darle ningún tratamiento ni manejo y es depositado en fuentes de agua y suelos acelerando el proceso de descomposición orgánica y afectando a la vida animal que está cerca [7].

A causa de esta realidad, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio del Medio Ambiente desde el 2019, han propuesto trabajar en la reutilización y venta del suero lácteo, para no contaminar los ríos, afluentes y canales de aguas que son aledaños a la provincia de Cotopaxi, donde se encuentran el mayor número de industrias lácteas. Esta propuesta no solo beneficia al cuidado del medio ambiente, sino que también aporta a que las industrias pequeñas puedan generar ganancias extras por este procedimiento, creando una fuente de ingreso alternativa y no contaminante, ya que en los últimos años industrias farmacéuticas y alimenticias, tanto a nivel nacional como internacional, se encuentran en busca de proteína pura, presente en inmunoglobulina que se puede obtener a partir de un proceso y tratamiento del suero lácteo [36].

3.2.7. Proteínas del lactosuero

Las proteínas del lactosuero, que representan alrededor del 20% de las proteínas de la leche de vaca, se definen como aquellas que se mantienen en solución tras precipitar las caseínas a pH 4,6, a una temperatura de 20°C. Esta separación entre caseína y proteínas del lactosuero fue llevada a cabo por primera vez por Hammarsten en 1883, y todavía se utiliza el término "caseína de Hammarsten" para designar a la precipitada de esta forma. Este científico consideró que la proteína del lactosuero era una "globulina", es decir, el tipo de proteína soluble en soluciones salinas pero insoluble en agua destilada. Trabajos posteriores, especialmente de Sebelien, en 1885, demostraron que estas proteínas eran más bien del tipo de las albúminas, solubles en agua destilada. La polémica lactalbúmina - lactoglobulina ha dejado los nombres para las dos principales proteínas del lactosuero, aunque las dos son realmente "albúminas".

La composición proteica del lactosuero presenta diferencias notables dependiendo de la especie considerada. Mientras no se diga otra cosa, se hará referencia a la especie bovina.

Las proteínas del lactosuero pueden ser de síntesis mamaria, como la α -lactalbúmina y β -lactoglobulina, que representan conjuntamente el 70% de las proteínas del lactosuero de vaca, y la lactoferrina., o bien de transferencia sanguínea, como la albúmina y las inmunoglobulinas. Las propiedades funcionales del lactosuero vienen dadas por las de sus dos principales proteínas, α -lactalbúmina y β -lactoglobulina. Entre ellas destacan su solubilidad, incluso a pH 4,5, si no se calientan, sus propiedades emulsionantes y espumantes y su capacidad de gelificación. Se recuperan por ultrafiltración o intercambio iónico, con secado a temperaturas lo más bajas posible para evitar su desnaturalización.

3.2.7.1. La α -lactalbúmina

La α -lactalbúmina es una proteína que se encuentra en la leche de casi todas las especies, con la excepción de algunas focas. Su misión biológica es la síntesis de la lactosa, siendo la estructura reguladora de una galactosil transferasa mamaria. En ausencia de α -lactalbúmina, este enzima transfiere la galactosa a los glicanos de las glicoproteínas.

La α -lactalbúmina se sintetiza como respuesta a los procesos hormonales que inducen la lactación. Una vez sintetizada, la α -lactalbúmina es transportada al aparato de Golgi, donde se une a la galactosil transferasa. Su acción se produce al aumentar la afinidad de la galactosiltransferasa por la glucosa. La α -lactalbúmina se secreta en la leche, junto con la lactosa, en las vesículas secretoras producidas a partir de las membranas del aparato de Golgi. La α -lactalbúmina es la segunda proteína en concentración en el lactosuero de vaca (entre 1 y 1,5 mg /ml), y la más abundante en el lactosuero humano.

La α -lactalbúmina es una proteína formada por una sola cadena polipeptídica, de 123 aminoácidos, con un peso molecular de unos 14.200. Su estructura terciaria, muy compacta, globular, está mantenida por cuatro puentes disulfuro, con una zona de hélice α y otra de hojas plegadas β . Es una proteína ácida con un punto isoeléctrico de alrededor de 4,8. En la vaca existen dos variantes genéticas, con distribución desigual según las razas. En las europeas solamente existe la variante B, con arginina en la posición 10. En las indias existe también la variante A, con glutamina en esa misma posición.

La α -lactalbúmina tiene unión calcio unido, que es imprescindible en el mantenimiento de su estructura y de su actividad como reguladora de la galactosiltransferasa. La eliminación del calcio produce la estructura llamada "molten globule", un estado intermedio de desnaturalización que ha sido muy utilizado como modelo en la desnaturalización de proteínas. Este estado, con la proteína en forma "apo", es mucho menos resistente que la forma saturada con calcio a agentes desnaturalizantes, como el calentamiento.



Figura 3.1. Proteína de α -lactalbúmina [38].

Además de las estructuras secundarias se indica la posición del átomo de calcio.

Desde el punto de vista nutricional, la α -lactalbúmina es importante dada la abundancia de triptófano, 4 residuos por molécula, lo que representa un 6% en peso. La α -lactalbúmina es una de las proteínas de la leche que pueden causar alergia a este alimento. La zona más alergénica es la situada entre la valina de la posición 42 y el glutámico de la posición 49

3.2.7.2. La β -lactoglobulina

La β -lactoglobulina es la proteína más abundante en el lactosuero bovino, en el que alcanza concentraciones de 2 a 4 mg/ml, representando alrededor de la mitad de las proteínas del lactosuero. Está presente también en la leche de otras especies, como la yegua y la cerda, pero no se encuentra en la leche humana. Está formada por una sola cadena de 162 aminoácidos, con un peso molecular de unos 18.400. Su secuencia se conoce desde 1976.

Existen varias variantes genéticas, siendo las más comunes 1^a1 llamadas A y B, que difieren en dos aminoácidos. La variante A tiene una valina en la posición 118, y un aspártico en la posición 64, mientras que la variante B tiene, respectivamente, alanina y glicina.

Al pH de la leche, la β -lactoglobulina de los rumiantes (no así la de otras especies) se presenta en forma de dímeros con los monómeros unidos de forma no covalente. Estos dímeros se forman entre pH 7,5 y pH 5,2, el punto isoeléctrico de la β -lactoglobulina. Por encima de pH 7,5 y por debajo de pH 3,5, la β -lactoglobulina está en forma de monómeros, mientras que entre pH 5,2 y pH 3,5 se encuentra en forma de octámeros.

La estructura terciaria de los monómeros de la β -lactoglobulina está mantenida por dos puentes disulfuro. También existe un grupo tiol libre, el correspondiente a la cisteína que ocupa el lugar 121 en la secuencia. Este tiol es muy importante en la asociación de la β -lactoglobulina con otras moléculas, especialmente con la k-caseína. Esta asociación tiene una gran influencia en la coagulación de la leche inducida por la quimosina. Los puentes disulfuro son también bastante reactivos, y dan lugar a reacciones de intercambio de sulfidrilos.

La β -lactoglobulina se desnaturaliza con relativa facilidad por el calor, especialmente en ausencia de ligandos asociados.

La β -lactoglobulina es capaz de interactuar con distintas moléculas hidrofóbicas, especialmente el retinol y los ácidos grasos. Esta propiedad, además de estar probablemente relacionada con su función biológica, hace que tenga buenas propiedades emulsionantes. La β -lactoglobulina es la más hidrofóbica de las proteínas comunes del lactosuero. Facilidad por el calor, especialmente en ausencia de ligandos asociados.



Figura 3.2. Proteína de β -lactoglobulina [38].

Además de las estructuras secundarias se indica la posición de las cadenas de ácido graso (oleico) que puede unirse a ella y las moléculas de agua ligada.

La función de la β -lactoglobulina no se ha establecido todavía con total seguridad, aunque muy probablemente, al menos en el caso de los rumiantes, se trata de una proteína transportadora de ácidos grasos, que ejerce su función en el tubo digestivo del lactante.

3.2.7.3. Inmunoglobulinas

Las inmunoglobulinas son proteínas que forman parte del sistema de defensa contra microorganismos. La estructura básica, con forma de **Y** está constituida por dos cadenas ligeras y dos cadenas pesadas. Cada cadena ligera está unida a una cadena pesada por un puente disulfuro, mientras que las dos cadenas pesadas se unen entre sí mediante dos puentes disulfuro. Las cadenas pesadas están glicosiladas.

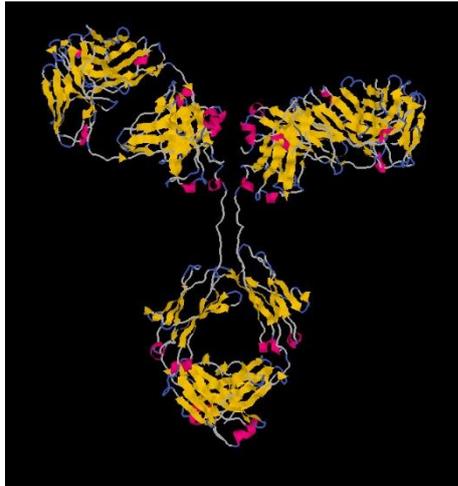


Figura 3.3. Estructura de la IgG1 [38].

La actividad de defensa de las inmunoglobulinas del calostro y la leche se puede ejercer de dos formas: En las especies en las que la placenta no permite el paso de inmunoglobulinas, como en los rumiantes, las inmunoglobulinas del calostro (del tipo IgG) transmiten la inmunidad pasiva desde la madre. En todos los casos, las inmunoglobulinas, especialmente las igA, actúan como sistema de defensa en el tubo digestivo del lactante.

En la leche de vaca, aproximadamente el 80% de la inmunoglobulina presente en la leche son IgG. La concentración de estas proteínas en la leche es de entre 0,4 y 1 mg/ml, aunque es muchísimo más elevada en el calostro.

3.2.7.4. Albúmina

La albúmina de la leche es la misma que se encuentra en la sangre, y procede de ella. En la sangre tienen como función el transporte de ácidos grasos libres de cadena larga, pero en la leche no se le atribuye ninguna en concreto. Es una proteína relativamente grande, con una cadena formada por 528 aminoácidos. En el lactosuero se encuentra en una concentración de alrededor de 0,4 mg/ml.



Figura 3.4. Albúmina [38].

Además de las estructuras secundarias, se indica la posición del ácido graso (oleico) que puede unirse a ella.

3.2.7.5. Lactoferrina

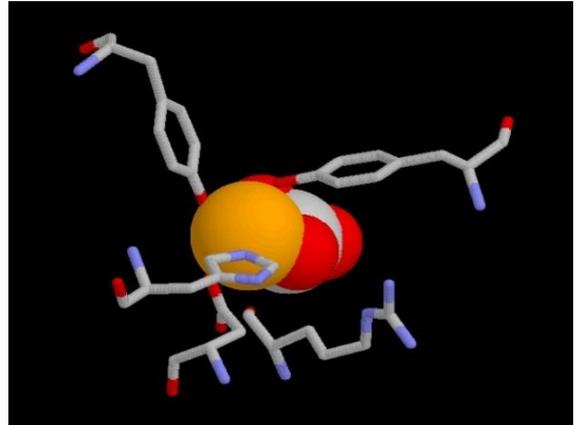
La lactoferrina es una proteína fijadora de hierro, emparentada estructuralmente con la transferrina de la sangre y con la ovotransferrina del huevo. Tiene carácter básico, con un punto isoeléctrico próximo a 9.

Es una glicoproteína que está formada por dos lóbulos, unidos por una hélice de tres vueltas. Los dos lóbulos tienen un 37% de homología de secuencia, por lo que es probable que proceden de una proteína antecesora de la mitad de tamaño. Como estructura secundaria, domina la hélice- α . La afinidad de la lactoferrina por el hierro es muy grande, siendo la constante de afinidad por el ión férrico del orden de 10^{20} , M^{-1} . Los puntos de unión del hierro están localizados en posiciones equivalentes en ambos lóbulos. La unión del hierro es reversible, y tiene lugar en presencia de un ión carbonato o bicarbonato por cada ion férrico.

La lactoferrina es abundante en la leche humana, encontrándose también en concentraciones significativas en la leche de los rumiantes y en la de yegua. En todos los casos, la concentración es mayor en el calostro y en el periodo de secado, pero en la leche humana se mantiene también una concentración significativamente elevada a lo largo de toda la lactación.



(a) Estructura de la lactoferrina.



(b) Estructura de unión del hierro en la lactoferrina.

Figura 3.5. Estructuras de la lactoferrina [38].

En la figura se muestra la estructura detallada del punto de unión del hierro en el lóbulo N-terminal, con el ion carbonato asociado. El hierro se une directamente a los grupos laterales de dos tirosinas, una histidina y un aspártico, mientras que el ión carbonato (o bicarbonato) también unido al hierro interactúa con la cadena lateral de una arginina.

3.2.7.6. Aplicaciones según la proteína del lactosuero

En la siguiente tabla se encuentran algunas de las proteínas del lactosuero descritas por los anteriores autores, pero definidas evaluando de esta forma las propiedades nutritivas, tecnológicas y biológicas.

Tabla 3.4. Aplicaciones de las proteínas de acuerdo al lactosuero [35].

Fracción proteica	Propiedades			Uso potencial
	Nutritivas	Tecnológicas	Biológicas	
α-lactoglobulina	Riqueza en triptófano		Regula la síntesis de lactosa. Fuente de cerotomina	Leche para recién nacidos
β-lactoglobulina	Antialérgico para los bebés	Retención del agua. Poder gelificante		Alimentos enriquecidos en proteína
Seroalbúminas		Gelificante espumante emulsificante	Transporte de hormonas, esteroides	Alimentación humana mezcla con otras proteínas
Lactoferrina			Agente bacteriostático, absorción de hierro (Fe)	Suplemento alimenticio para enfermos
Lactoperoxidasa			Catálisis de la producción de bactericidas	Prolongación de la duración de la vida de los alimentos
Inmunoglobulina			Formación del hueso y del cartílago	Nutrición y farmacia
Proteasas-peptonas			Formación del hueso y del cartílago	Nutrición y farmacia

Fuente: Think USA Dairy

Según la tabla 3.4, es demostrada la variedad de aplicaciones de gran utilidad y beneficios del uso y consumo del lactosuero en la industria de alimentos, ilustrando la gran capacidad de aporte comercial que éste posee.

3.2.8. Inmunoglobulina

De acuerdo a Uscanga et al., [37], la definición de inmunoglobulina (IgD) son proteínas plasmáticas sintetizadas por los linfocitos B en respuesta a la presentación de un antígeno que reacciona específicamente, actúan como anticuerpos para la defensa particular del organismo, protegiéndolo de diversas estructuras extrañas como bacterias, virus y hongos. A continuación, se muestra la respectiva estructura constituyente:



Figura 3.6. Estructura de la inmunoglobulina [40].

De acuerdo a la estructura de la inmunoglobulina, ésta presenta cuatro cadenas de polipeptídicas, dos pesadas, llamadas H y dos ligeras, denominadas L. Estas cadenas se unen mediante puentes disulfuro, uno entre las cadenas L y H, y dos entre las cadenas H. Las cadenas H y L presentan dos regiones, o dominios, diferenciados: el dominio variable, V, y el dominio constante, C.

3.2.8.1. Tipos de inmunoglobulina

La Tabla 3.5, fueron evidenciados los tipos de inmunoglobulina, seguidos inmediatamente por caracterizaciones e interacciones con el medio de contexto en su estado natural.

Tabla 3.5. Cinco tipos básicos de inmunoglobulinas [41].

IgG, IgM, IgA, IgD, IgE
Son sintetizadas por los linfocitos B (IgM, IgD) y por las células plasmáticas
Derivadas de ellos (IgG, IgA, IgE).
$\frac{3}{4}$ IgM e IgG se detectan principalmente en el plasma sanguíneo y en el líquido Intersticial
$\frac{3}{4}$ Las IgA aparecen fundamentalmente en secreciones (saliva, lágrimas, secreción intestinal, etc.), recubriendo mucosas expuestas al ataque de agentes patógenos externos.
$\frac{3}{4}$ La IgD es una inmunoglobulina asociada a la membrana de los linfocitos B. Su
Función primaria de las es la de servir como detectores de antígenos para las células B. Se detecta marginalmente en el plasma.
$\frac{3}{4}$ Las IgE son anticuerpos que, si bien inicialmente se liberan al plasma por las
células plasmáticas, son integrados en la membrana de otras células (mastocitos),
Participando en las reacciones de hipersensibilidad.

Fuente Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria

3.2.8.2. Propiedades de las inmunoglobulinas

3.2.8.2.1. Inmunoglobulina G

Esta Ig posee una capacidad neutralizante, precipitante, de fijar complemento de unirse a la célula y es capaz de sobrepasar activamente las membranas biológicas, incluida aquí la placenta materna. El feto sintetiza únicamente pequeñas cantidades de inmunoglobulinas, adquiere de tal forma la posibilidad de defensa, no solo mientras se encuentra en el seno materno, sino luego del nacimiento, durante la lactancia (Uscanga et al., [37]).

3.2.8.2.2. Inmunoglobulina M:

Los anticuerpos de tipo IgM son los que más rápidamente se forman en un estímulo antigénico de igual manera esta también posee capacidad neutralizante, aglutinante, activa la respuesta inmune, pero no atraviesa de manera activa las membranas biológicas. Esta última propiedad hace que esta inmunoglobulina ejerza acción, normalmente en los espacios intravasculares. Tiene una representación del 5 al 10% de los Igs séricas totales y junto a la IgD es la más encontrada en la superficie de linfocitos B como inmunoglobulina de membrana (Uscanga et al., [37]).

3.2.8.2.3. Inmunoglobulina A

Tiene una capacidad neutralizante y precipitante, la propiedad más importante es unirse por su extremo Fc a la pieza secretora, gracias a la cual puede encontrarse en mucosas y glándulas exocrinas, esto es importante porque de esta manera protegen precisamente los puntos que se consideran más vulnerables del organismo, son las puertas de entras al mismo, como ojos, aparato digestivo, boca, sistema respiratorio, entre otros (Uscanga et al., [37]).

3.2.8.2.4. Inmunoglobulina D

La concentración de esta en suero es muy baja. Recientemente no se ha conocido su función, según los datos existentes colabora de forma importante en lo que es la activación de linfocitos B al actuar como receptor en la superficie de los mismos (Uscanga et al., [37]).

3.2.8.2.5. Inmunoglobulina E

En muchas personas alérgicas esta se presenta en grandes cantidades. El estímulo para su síntesis puede proceder de una gran variedad de antígenos, a los que se les denomina alérgenos. Pueden penetrar en el organismo a través de la piel o de las mucosas respiratoria, ocular, del aparato digestivo, la vida de la IgE es de varios días. No tiene capacidad de atravesar la placenta (Uscanga et al., [37]).

3.2.8.3. Estructura de la inmunoglobulina

Las inmunoglobulinas se forman por 4 cadenas polipeptídicas. De estas, dos son de mayor tamaño y son denominadas cadenas pesadas y 2 de menor tamaño son cadenas ligeras. Las cadenas ligeras y también las pesadas son agrupadas que de tal forma existe una proximidad espacial entre cuatro extremos amínicos, por una parte, y los otros extremos carboxílicos por otra parte. Las inmunoglobulinas pueden ser divididas mediante la utilización de enzimas como es la papaína, pepsina, obteniendo así distintos tipos de fragmentos. Esto permitió no únicamente conocer la estructura de estas moléculas si no también deducir la función de cada una de las partes [35].

3.2.8.3.1. Cadenas ligeras

Tipos de cadenas ligeras: kappa y lambda que poseen aproximadamente 200 aminoácidos cada una se unen a las cadenas pesadas por un canal llamado puente disulfuro entre cadenas o intercatenario. En cada molécula de inmunoglobulina las dos cadenas ligeras que forma parte son del mismo tipo (Uscanga et al., [37]).

3.2.8.3.2. Cadenas pesadas

Se forman por 400 aminoácidos, y se unen entre sí por puentes disulfuro intercatenarios, que estos pueden ser diferentes en número dependiendo del tipo de inmunoglobulina. Esta zona, donde se encuentran los puentes intercatenarios, es muy flexible y constituye lo que se llama zona bisagra. Que es por donde se deforman estas moléculas cuando se juntan al antígeno (Uscanga et al., [37]).

3.2.8.4. Aplicación de inmunoglobulina

Según la tabla 3.6, las aplicaciones de la inmunoglobulina complacen a una gran variedad de afecciones de la salud humana, sobre las cuales éste presenta grandes aportes en calidad de tratamiento y compensación para la regulación y corregimiento de las mismas.

Tabla 3.6. Inmunoglobulina y su aplicación [38].

Inmunoglobulina y su aplicación	
•	Prevención de infecciones en prematuros con bajo peso.
•	Déficit secundario de anticuerpos (por cualquier causa).
•	Anemia hemolítica autoinmune.
•	Aplasia eritrocitaria adquirida.
•	Inhibidores de factores de la coagulación (aloanticuerpos y autoanticuerpos).
•	Púrpura postransfusional.
•	Síndrome hemofagocítico.
•	Miastenia gravis (incluye el síndrome miasténico de Lambert-Eaton).
•	Miopatías inflamatorias.
•	Neuropatía desmielinizante asociada a paraproteínas (IgG, IgM o IgA).
•	Neuropatía motora multifocal.
•	Trasplante (de órgano sólido).
•	Síndrome de shock tóxico por estafilococos o estreptococos.

Fuente Bioquímica de Alimentos

3.2.8.5. Métodos para separar y purificar la proteína

Por lo general, los productos de proteína de suero están disponibles en tres formas: concentrados (WPC), aislados (WPI) e hidrolizados (WPH). Para que un proceso comercial sea factible se debe recuperar al menos 50% de la proteína cruda. Recuperación máxima de la proteína se obtiene al desnaturalizar la proteína en un rango de pH de 6-7 y temperaturas mayores a 90°C por 10-30 min, seguido de la precipitación a pH entre 4.4-5. La recuperación de las proteínas mejora con una desmineralización anterior a la precipitación [39].

Así mismo para la obtención de concentrados proteicos y lactosa de excelente calidad y valor agregado, es importante la eliminación de grasa del suero. Esta eliminación es considerada esencial porque las grasas constituyen uno de los agentes de desaturación que pueden contribuir a la alteración de sabores en los productos almacenados. Los pre tratamientos que utilizan cloruro y calor seguido de una clarificación por centrifuga, resulta en un concentrado de proteína con menor contenido total de lípidos, sin embargo, la remoción de lípidos con adición de más calcio también resulta en una mayor pérdida de proteínas [39].

Las funciones proteicas se han relacionado con su estructura nativa, que dependen del pH, la temperatura, la presión y los efectos del disolvente. Los cambios en la estructura nativa afectan las propiedades funcionales, por lo que es de gran interés el desarrollo de procesos eficaces de separación y purificación que eviten la desnaturalización y la pérdida de actividad biológica [39].

A partir de la revisión bibliográfica se evaluaron y compararon los métodos más utilizados para la separación y purificación de proteínas, exponiendo las ventajas entre la ultrafiltración, microfiltración y la electrodiálisis, se decidió que el método más adecuado para trabajar en este caso sería la membrana de ultrafiltración, para separar en una primera fase las sustancias deseadas del suero [39].

Luego en la fase de purificación de proteína, a través de electroforesis o la cromatografía por afinidad, como se explicará a continuación, se seleccionará el método adecuado que permita seleccionar el máximo de proteínas puras para obtener las sustancias que componen la inmunoglobulina [39].

3.3. Purificación de proteínas

Las proteínas se purifican mediante procedimientos de fraccionamiento. En una serie de etapas independientes, se aprovechan las diversas propiedades fisicoquímicas de las proteínas que interesan para separarlas progresivamente de otras proteínas y/o de las demás sustancias. Las características de las proteínas que se emplean en los diversos procedimientos de purificación son: solubilidad, carga iónica, tamaño molecular, propiedades de absorción y capacidad de unión a otras moléculas biológicas [39].

3.4. Solubilidad

Los múltiples grupos ácido-base de una proteína determinan que sus propiedades de solubilidad dependan de la concentración de las sales disueltas, de la polaridad del disolvente, del pH y de la temperatura. Se considera la solubilidad como procedimiento fundamental en la purificación de las sustancias obtenidas del suero lácteo para producir inmunoglobulina, debido a que esta proteína necesita un control riguroso con respecto al nivel del pH y la temperatura [39].

3.5. Separación por electroforesis

La electroforesis es una técnica que se emplea para separar moléculas o proteínas de acuerdo a sus tamaños y carga eléctrica. Para su procedimiento se aplica corriente eléctrica para mover las moléculas y separarlas mediante una superficie (membrana), que permite el paso de las moléculas más pequeñas [39].

Las proteínas, al ser moléculas anfotéricas polivalentes, migran en un campo eléctrico de acuerdo con su carga neta, que a su vez depende de la carga macromolecular, del tamaño y de la forma, como así también de las propiedades fisicoquímicas del medio electroforético [39].

Una electroforesis se realiza generalmente en una especie de caja que tiene una carga positiva en un extremo y una carga negativa en el otro. Y como todos aprendimos en las clases de física, cuando se pone una molécula cargada en un entorno así, las moléculas negativas van a la carga positiva, y viceversa [39].

A esto también, se puede sumar la incorporación del detergente SDS a la solución proteica permite separar todos los tipos de proteínas, incluyendo las insolubles en agua. El SDS se une a las regiones hidrofóbicas de las moléculas proteicas haciendo que se desplieguen las cadenas polipeptídicas, liberándolas de sus asociaciones con otras moléculas proteicas o lipídicas. En estas condiciones la electroforesis separa los polipéptidos en función de su tamaño, lo que proporciona información sobre su peso molecular. Además, el agregado de un agente reductor como el β -mercaptoetanol reduce los enlaces disulfuro que pudieran existir en las proteínas, de modo que se pueden visualizar todos los polipéptidos constitutivos de las moléculas poliméricas [39].

3.6. Purificación por cromatografía de afinidad

Los procesos de purificación y separación de proteínas están encabezados por la aplicación de cromatografía de líquidos, la base central de esta técnica se base en el principio de que una sustancia original sometida a ciertas condiciones, produce solutos disueltos en una fase móvil (en este caso, la fase móvil, sería la filtración por membrana en electrodiálisis y electroforesis), luego la sustancia pasaría a someterse a una fase estacionaria en la cromatografía haciendo que sus propias y compuestas reacciones en función de su naturaleza, carga eléctrica y composición proteica [40].

La fase móvil de una cromatografía consiste en una mezcla de sustancias que se van a fraccionar disueltas en un líquido, que se hace fluir a través de una columna de una matriz porosa, que constituye la fase estacionaria. Las interacciones de los solutos individuales con la fase estacionaria determinan que cada componente migre con velocidades diferentes y que la mezcla se separe en bandas de sustancias puras. Los diversos métodos cromatográficos surgen de la interacción dominante entre la fase estacionaria y las sustancias que están siendo separadas y son: cromatografía de intercambio iónico, de adsorción, de exclusión molecular, de interacción hidrofóbica o de afinidad [40].

Esta técnica de purificación asegura que el proceso previamente realizado de separación de sustancias se convierta en una sustancia final pura, debido a la relación y agrupación por carga eléctrica que realizan los iones de sus moléculas. En el caso de esta investigación, al aplicar esta técnica para purificar la sustancia obtenida del suero lácteo, asegura que el resultado final sea la inmunoglobulina pura obtenida a partir de la relación eléctrica de sus iones con cargas similares [40].

La elección de una matriz de intercambio iónico adecuada es probablemente uno de los aspectos más importantes y debe estar basada en diversos factores, que incluyen los siguientes: 1) la fuerza del intercambiador de iones, 2) el flujo y/o volumen de muestra y 3) las propiedades de la muestra [40].

3.7. Métodos de filtración con membrana

De forma general, la aplicación de filtración por membrana se realiza al forzar el paso del líquido a filtrar a través de una membrana colocada sobre un soporte sólido. Las membranas son todas aquellas barreras físicas que permitan el paso y separación de ciertas sustancias que puedan ser contaminantes en un líquido acuoso “impidiendo su íntimo contacto y restringiendo el movimiento de las moléculas a través de ella de forma selectiva” [39].

Este proceso se puede realizar con diferentes variables y materiales que realizan una separación y filtración más efectiva dependiendo del caso, pues ciertas membranas reaccionan mejor a componentes líquidos, a presión o por separación electromagnética, la selección de la membrana más adecuada para realizar cualquier tipo de filtración dependerá entonces de la sustancia que se desea filtrar y el resultado final que se busca obtener [39].

Este hecho permite la separación de las sustancias contaminantes del agua, generando un efluente acuoso depurado.

La empresa dedicada a la creación de alternativas ambientales y tecnológicas para el tratamiento de aguas y sustancias, la utilización de membranas en procesos de separación a escala industrial, se popularizó a partir del año 1960 y fue propiciada por dos factores fundamentales: el primero, la fabricación de membranas con gran capacidad de filtrar inmensos flujos y, el segundo, la creación en masa de dispositivos baratos, compactos y fácilmente intercambiables para tener al alcance grandes superficies de membrana [39].

Dentro de los procesos industriales y las empresas que trabajan directamente con sustancias que deben someterse a filtración, las características principales que se deben conocer de trabajar con membranas, como lo expusieron Figueroa y Peña [41], son:

- Separación de contaminantes que se encuentran disueltos o dispersos en forma coloidal.
- Eliminan contaminantes que se encuentran a baja concentración.
- Son procesos que se pueden llevar a cabo a temperatura ambiente y de forma continua.
- Procesos sencillos y diseños compactos que ocupan poco espacio.

- Pueden combinarse con otros tratamientos.
- Pueden darse el caso de incompatibilidades entre el contaminante y la membrana.
- No eliminan realmente el contaminante, únicamente lo concentran en otra fase.
- Necesidad de otras sustancias para llevar a cabo la limpieza, ajustes de pH, ciclos de parada para limpieza del equipo.
- Ruido generado por los equipos necesarios para conseguir altas presiones.



Figura 3.7. Representación de una membrana de filtración [40].

3.7.1. Aplicación de la filtración con membrana:

La filtración con membrana consiste en un método que sirve para separar moléculas de acuerdo a los diferentes tamaños de presentación y características, al imponer una barrera ante el flujo a presión de un determinado fluido, generando como resultado, la retención y la permeabilización, configurando la membrana para que sea retenida la inmunoglobulina, dejando paso a la circulación libre del resto del lactosuero, logrando así la separación y obteniendo únicamente el fluido enfocado.

3.7.2. Tipos de membranas

Los materiales que se utilizan convencionalmente para la fabricación de membranas son: poliméricos, cerámicos y metálicos dependiendo de la estructura física y efectividad que se quiera lograr [39].

Su funcionamiento se debe a que determinado tipo de membranas permiten el paso de aquellas partículas o sustancias con características deseables y particulares para un fin específico, mientras que al mismo tiempo retienen en otra fase (espacio), las partículas que no comparten dichas características, dando como resultado una nueva sustancia que posee solo las partículas deseadas.

Como se menciona anteriormente, debido a la tecnificación y eficacia de estos procesos, existen diversas clases de membrana y su clasificación es muy extensa, por esta razón, para efectos de la investigación se clasificará las membranas en función de su factor de separación para comparar los tipos de membrana más utilizadas en los procesos de filtración de líquidos, que son de interés para este estudio [39].

Es así que las membranas en función de su factor de separación se clasifican es:

Tabla 3.7. Clasificación de membranas por factor de separación.

Factor de separación	Fuerza impulsora	Operación
Tamaño	Presión	Filtración
		Microfiltración
		Ultrafiltración
		Nanofiltración
Tamaño/Difusividad	Presión/Concentración	Ósmosis inversa
Carga/Difusividad	Campo eléctrico	Electrodialisis
		Electrodialisis Reversible

Fuente Revista de Gastroenterología de México, vol. 84

Como se puede observar en la tabla 3.7, los principales factores de separación usados en las membranas son el tamaño y la carga combinado con la difusividad de la sustancia que se desee filtrar. De forma general el método más utilizado en proceso de tratamiento y filtración para sustancias líquidas, la operación más utilizada y eficaz, sobre todo en estudios similares dentro del campo de procesamiento lácteo, suele ser la membrana mediante microfiltración y ultrafiltración debido a la eficacia que estas operaciones pueden ofrecer al momento de separar proteínas como calcio y fósforo presentes en algunos derivados lácteos [39].

3.7.3. Comparación entre el funcionamiento y efectividad de ultrafiltración, microfiltración y Electrodiálisis

A pesar de que la efectividad de separación y filtración de sustancia con ultra y micro filtración pueden tener una efectividad casi del 50% en la mayoría de casos, esto dependerá mucho de la sustancia de origen y las partículas que se desee separar.

La ultrafiltración otorga la oportunidad de concentrar las proteínas, brindarle valor agregado y funcionalidad, y utilizar el concentrado proteico en la formulación de diversos alimentos [42]. En el caso de esta investigación, la sustancia de origen corresponde al suero lácteo, una sustancia compuesta en su mayoría de agua, cambiando con grandes porcentajes de calcio, fósforo, grasas, minerales y lactosa; y las partículas que se desean separar para conseguir una la sustancia de inmunoglobulina.

Tabla 3.9. Tabla de comparación entre membranas de ultra y micro filtración [7].

Funcionamiento y efectividad por membrana		
Membrana	Retención de partículas (tamaño)	Eficacia sustancia deseada
Ultrafiltración	1 nm y 100 nm por litro	Filtra 250nm de la sustancia deseada y su eficacia disminuye cuando la membrana se ensucia.
Microfiltración	0,1 mm y 10 mm por litro	Filtra 0.005 a 10 µm de la sustancia y su eficacia disminuye por cristalización y precipitación de solutos sobre la superficie de la membrana.

Fuente La reutilización del lactosuero 2018

La desventaja principal de la membrana de ultra y micro filtración, es la rapidez con la que se ensucia la superficie y se debe cambiar de membrana, esto significa detener todo el proceso y parar la filtración hasta realizar los cambios necesarios. Ocasionando así, que el rendimiento de filtración no sea el más óptimo, a pesar de la constante limpieza química y física para la membrana, representando un gasto constante debido al periodo tan corto en que las membranas y sus módulos necesitan ser reemplazados [39].

El sistema de ultrafiltración funciona a través de en una corriente de alimentación que es introducida en un arreglo de módulos. El agua y los solutos de bajo peso molecular pasan a través de la membrana y son removidos como “permeado”. Los solutos de alto peso molecular y sólidos suspendidos son retenidos por la membrana y finalmente removidos como “concentrado”.

La separación por estos métodos ocurre normalmente a temperaturas debajo de 55°C, con una presión de entrada alrededor de 300 kPa y una abertura de poro de 250nm, para ultrafiltración y entre 0.005 a 10 µm en el caso de micro filtración, permitiendo en este ultimo la separación de las diferentes proteínas de suero y otros componentes [39].

Primero el lactosuero debe ser sometido a una filtración para retirar los sólidos producto de la cuajada y producción del queso. Se procede al descremado del lactosuero por centrifugación y finalmente, el fluido está listo para entrar al proceso de ultrafiltración. De este proceso se obtiene el permeado, el cual corresponde a la fracción de proteínas, que, por su tamaño, pudo traspasar la membrana; y el retentado, que es finalmente el concentrado de proteínas del suero, que, por su tamaño, no lograron atravesar la membrana [42].

Aunque estas tecnologías pueden manejar grandes cantidades de residuo, tienen algunas limitaciones principalmente el “ensuciamiento de la membrana”, causado por la deposición y acumulación de partículas submicrónicas sobre la superficie de la membrana y/o la cristalización y precipitación de solutos sobre la superficie y dentro de los poros de la membrana. El rendimiento nunca llega a ser el mismo a pesar de la limpieza química y física y durante un período de tiempo, los módulos necesitan ser reemplazados [42].

Además de los altos costos de operación, una preocupación en los procesos de separación de membrana es la productividad, o el rendimiento de separación por costo unitario. Las unidades de procesamiento de alimentos típicas que utilizan ultrafiltración operan a una eficiencia energética media ponderada de alrededor del 45%. Además, la ultrafiltración no es suficiente para la eliminación completa de la lactosa, ni para el aislamiento de proteínas simples puras [42].

Pero a pesar de estas limitaciones o dificultades, la ultrafiltración presenta la cantidad optima de filtración para asegurar que de la materia prima (lacto suero) se puedan extraer solas las proteínas necesarias para someterlas a purificación y conseguir finalmente la inmunoglobulina con altas concentraciones de proteínas puras [42].

Es así que, luego de culminar este proceso de ultrafiltración la sustancia deberá ser combinada con la electroforesis o la cromatografía, procesos similares que permiten purificar y separar los componentes a través de cargas eléctricas por afinidad para purificar las proteínas deseadas, en este caso la inmunoglobulina y sacarla como sustancia pura, como se explicará a detalle más adelante [39].

3.7.4. Procesos por membrana

Los procesos por membrana están incluidos dentro de los procesos de separación, concentración y purificación para lograr potenciar la filtración y obtención final de una sustancia más pura. En este caso, sería necesario completar la purificación a través de la electroforesis o la cromatografía, ya que la sustancia final que se desea obtener, la inmunoglobulina, está compuesta por elementos con carga eléctrica [39].

Actualmente la filtración por membrana y la purificación de sustancias es uno de los procesos más comunes en los procesos de tratamientos de líquidos en la industria actual. Además, en la mayoría de los casos los procesos se realizan a temperatura ambiente, reduciendo, en el caso de compuestos sensibles a la temperatura, su afectación por ser tratados en este tipo de procesos [39].

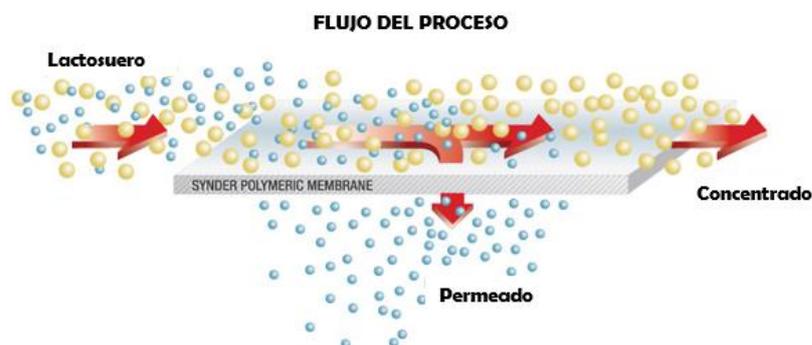


Figura 3.8. Esquema de un proceso de separación por membranas [21].

En la figura 3.8, se muestra el esquema general de separación de membranas el cual es bastante simple: la membrana actúa como un filtro muy específico que dejará pasar el agua, mientras que retiene las proteínas, grasas y otras sustancias lo que ayuda a obtener el concentrado de proteína [39].

Este transporte selectivo y permeable que facilita el uso de membrana puede ser muy beneficioso para sustancias con diferencias de carga eléctrica o de tamaño molecular, agrupándolas de forma masiva asegurando así una pérdida mínima de compuestos para obtener una sustancia final que sea realmente beneficiosa [39].

Tabla 3.10. Clasificación de técnicas de membrana según el tamaño de partícula y presiones de trabajo [35].

Técnica	Tamaño de partícula	Presión de trabajo (bar)
Microfiltración	50 a 10000 nm	<2
Ultrafiltración	5 a 100 nm	1-5
Nano filtración	0,5 a 5 nm	5-15
Ósmosis inversa	0,01 a 1 nm	10-70

Fuente Think USA Dairy

Para cada tipo de técnica el principio que hace posible la separación es diferente, así pues, la microfiltración y la ultrafiltración tan solo se basan en el tamaño del compuesto, la ósmosis inversa de diferencias de solubilidad y difusividad, y la nanofiltración hace uso de los dos principios [39].

A partir de todos estos datos, se puede realizar un esquema de que tipos de elementos rechaza cada tipo de técnica, lo que se puede resumir en la siguiente imagen:

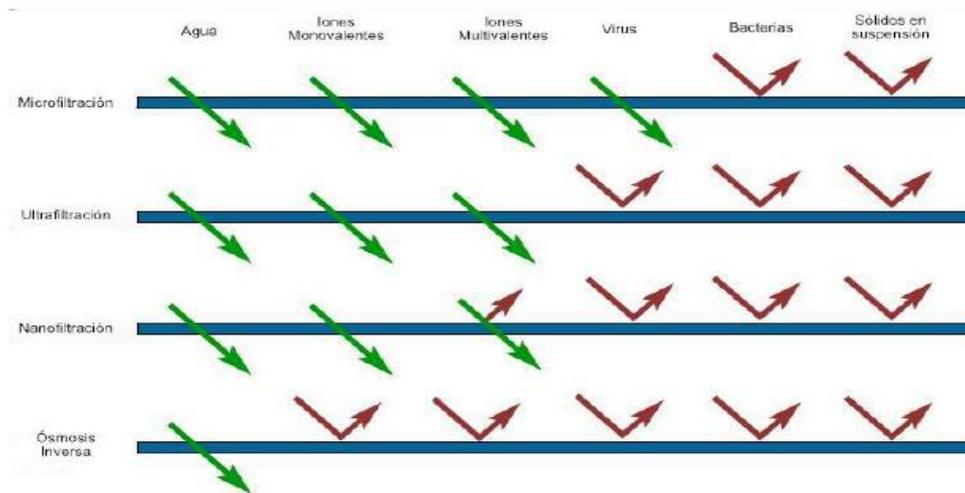


Figura 3.9. Rechazo de los distintos tipos de técnicas a diferentes elementos [39].

Como se puede observar en la figura 3.9, la filtración de membrana por ultrafiltración asegura que las sustancias que pasan sean los iones macrovalentes y multivalentes dejando por fuera cualquier virus, bacteria o sólidos en suspensión que posea el lactosuero y pueden ser contaminantes para la obtención de una sustancia pura, en este caso la inmunoglobulina.

EdrawMax

Edraw Max es un software de diagrama integral que simplifica la creación de diagramas de flujo de aspecto profesional, organigramas, diagramas de red, presentaciones comerciales, planos de construcción, mapas mentales, ilustraciones científicas, diseños de moda, diagramas UML, flujos de trabajo, estructuras de programas, diagramas de diseño web, diagramas de ingeniería eléctrica, mapas direccionales y diagramas de bases de datos, entre otros/as.

Utilidad de EdrawMax

EdrawMax integra el 100 % de la funcionalidad y las bibliotecas de todos estos otros productos. Es un software de diagrama versátil, con características que lo hacen perfecto no solo para el diagrama de flujo de aspecto profesional.

EdrawMax se puede utilizar en los siguientes sistemas operativos

Cloud, SaaS, Web, Mac (desktop), Windows (desktop), Linux (desktop)

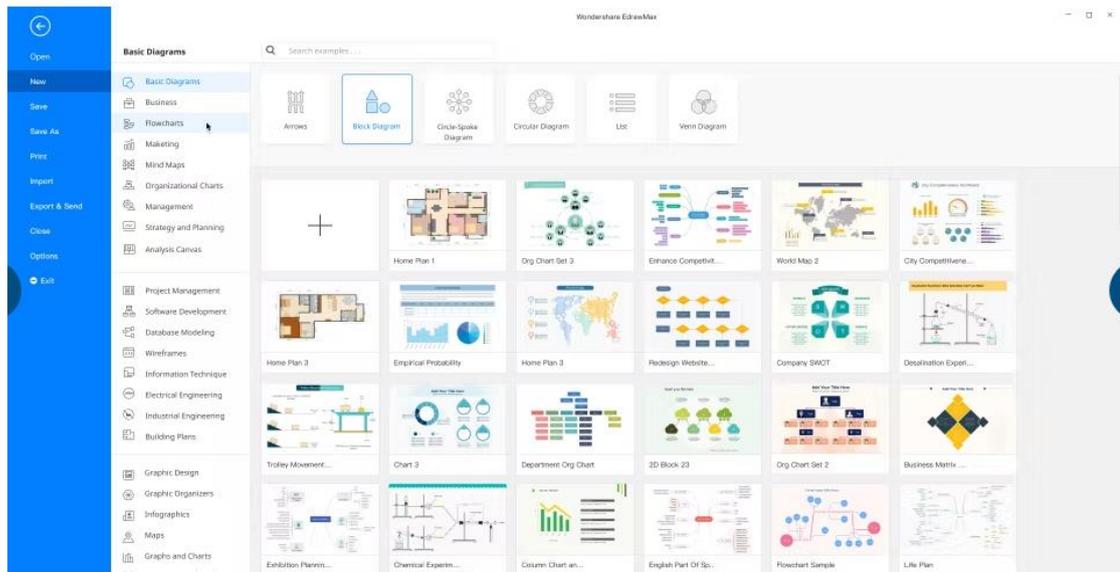


Figura 3.10. Vista de actividades en EdrawMax

4. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

4.1. Tipo de investigación

4.1.1. Investigación documental

Se utilizó en la consulta de libros artículos y tesis relacionadas con el aprovechamiento del lactosuero y los métodos para la separación de la proteína, para el análisis e interpretación de dichos resultados.

4.1.2. Investigación descriptiva

Fue enfocada para detectar a nivel bibliográfico las propiedades específicas, características y rasgos importantes del fenómeno de extracción de la inmunoglobulina a través de diferentes técnicas y tecnología, y de manera independiente, los conceptos o variables a los que se refieren y se centran en demostrar o lustrar con la mayor veracidad, en el cual dicha investigación tuvo un enfoque exploratorio, ya que con su aplicación se pudieron analizar las propiedades del lactosuero a través de las revisiones bibliográficas en base a tesis, artículos de revistas y demás documentos concernientes; los métodos para la separación y purificación de las proteínas del lactosuero, las herramientas que se utilizaron con la aplicación de cada método, cómo controlar los parámetros del proceso, entre otros, basando en la poca información disponible de estudios similares.

4.1.3. Investigación exploratoria

Se utilizó para explorar el problema y analizar las causas y efectos que provoca en la industria el no aprovechamiento eficiente del lactosuero que se obtiene del proceso de fabricación de queso.

4.2. Métodos de investigación

4.2.1. Analítico - sintético

Este método se utilizó para el análisis de los resultados del diagnóstico del aprovechamiento del lactosuero. Para el diseño del proceso productivo de la inmunoglobulina con sus etapas y parámetros de control.

4.2.2. Inductivo – Deductivo

Se utilizó para el análisis de los procesos en la obtención de la inmunoglobulina, partiendo de los elementos individuales a los generales del proceso de producción.

Este método se centró en la obtención de información de procesos individuales y particulares (inductivo) hasta llegar al análisis interpretativo de la información de los procesos de forma conjunta (deductivo). Es así que este método se aplicó de forma constante en la valoración de cada etapa del proceso productivo y el proceso en general, su funcionamiento y determinación de los parámetros de control.

4.3. Técnicas de investigación

Son el conjunto de herramientas procedimientos e instrumentos utilizados para la obtención de la información y conocimiento.

En la investigación que se realiza se utilizaron las siguientes:

4.3.1. Observación

Se utilizó para observar el proceso de fabricación del queso a nivel industrial (en plantas dedicadas al rubro), la obtención del subproducto conocido como lactosuero y la valoración de sus propiedades físicas y químicas, para finalmente esquematizar el diseño del proceso capaz de optimizar la recuperación del lactosuero normalmente desechado de las industrias lácteas, comprendiendo la revisión bibliográfica de diversos autores que con éxito, lograron la extracción, filtrado y purificación de algún elemento en suspensión en los fluidos lácteos, como bien, proteínas en específico.

4.3.2. Encuesta

Tiene como finalidad medir la característica de una población mediante la recogida de datos de los encuestados. Se aplicó a un total de 12 personas entre colaboradores y socios activos de la industria PASTOLAC el diagnóstico del aprovechamiento del lactosuero y sus usos. Además, para diagnosticar el problema de la investigación y comprobar la causa y los efectos que este provoca.

4.4. Materiales y métodos

4.4.1. Análisis documental

El análisis documental fue utilizado para la evaluación de los requerimientos del diseño del proceso de obtención de inmunoglobulina, los requerimientos técnicos del proceso, y la utilización de herramientas para la construcción de diagramas (buscar las características del vicio y usos del programa)

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Expuesta la teoría necesaria para seleccionar los procesos de separación y purificación, con la aplicación de ultrafiltración, procesar el suero lácteo, y luego purificarlo para obtener la inmunoglobulina a través de la electroforesis. En el mundo existen varios tipos de quesos y cada uno depende de la calidad de la leche, del tipo de tecnología utilizada en la producción, y el tipo de coagulación y añadidura para poder separar la caseína del lactosuero y la obtención del queso.

En el diagrama de flujo de la elaboración del queso presentado, se detallan los procesos que deben cumplir para la obtención del queso como producto y el lactosuero como un subproducto.

En la mayoría de industrias lácteas tienen procesos similares en la elaboración del queso, lo cual en la mayoría de casos se obtiene el lactosuero dulce.

El lactosuero es un subproducto de las industrias queseras, también es una parte líquida resultante de la separación de la cuajada al elaborar el queso. La temperatura en la coagulación de leche es de 54 ° C, después se deben disolver 120 ml de calcio y 30 ml de cuajo. Dejar reposar por 10 minutos aproximadamente y verificar que la caseína empiece a separar del lactosuero. Colocar la cuajada en moldes para la obtención del queso. El aspecto del lactosuero es claro, amarillento y está compuesto principalmente por proteínas, sustancias nitrogenadas no proteicas, lactosa, ácido láctico, grasa y minerales. Luego de ser obtenido debe ser transferido almacenado en tanque de enfriamiento una temperatura de 15°C para su posterior uso, a continuación, se muestran a detalle los diagramas de procesos y flujos necesarios para concretar cada actividad.

5.1. Resultados en el objetivo número 1

Resumen de las propiedades del lactosuero y tipos de proteínas en su composición:

Tabla 5.1. Componentes del lactosuero y tipos de proteína.

Tipos de componentes del lactosuero	Suero dulce	Suero ácido
Sólidos totales	63,0 – 70,0	63,0 – 70,0
Lactosa	46,0 – 52,0	44,0 – 46,0
Proteína	6,0 -10,0	6,0 – 8,0
Calcio	0,4 – 0,6	1,2 – 1,6
Fosfatos	1,0 -3,0	2,0 -4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Elaborado por Carlos carrera

Tabla.5.2. Tipos de proteína en la composición.

Tipos de proteína	%	Características
Proteína séricas	55% de los nutrientes de la leche	Son proteínas globulares solubles en agua, no coagulan en cambios de pH.
β – lactoglobulina	28%	Peso molecular 18,26 g/mol, presentan dos isoformas que difieren en dos aminoácidos
α - lactoalbumina	7%	Posee cadena polipeptídica de 123 aminoácidos y una masa molecular de 14,2 g/mol.
Inmunoglobulina	13%	Contienen otras proteínas como la lactoferrina, lactoperoxidasa y lisozimas.

Elaborado por Carlos Carrera

Los datos mostrados sobre la composición del lactosuero y los tipos de proteínas que están en su composición son valores referenciales. Muestran varias proteínas con características específicas que son de gran utilidad en la alimentación humana.

5.2. Métodos para la obtención de proteína

De los métodos para la separación de proteína estudiada, los que ofrecen mejores posibilidades para obtener más cantidad de proteínas separadas por volumen de sustancia utilizada son los métodos de membrana, ultrafiltración, microfiltración, electrodiálisis, y los más utilizados actualmente.

Tabla 5.3. **Métodos para la separación de las proteínas presentes en el lactosuero.**

Métodos	Características
Ultrafiltración	Filtra 250 nm de la sustancia deseada y su eficacia disminuye cuando la membrana se ensucia.
Microfiltración	Filtra 0.005 a 10 μm de la sustancia y su eficacia disminuye por cristalización y precipitación de solutos sobre la superficie de la membrana.
Electrodialisis	No tiene límite de filtración en la sustancia deseada, pero reacciona solo a sustancias con carga eléctrica, los caudales tratados pueden llegar a ser de cientos de metros cúbicos por hora.
Electroforesis	Se utiliza para separar moléculas o proteínas de acuerdo a sus tamaños y cargas eléctricas. Migran las proteínas en un campo eléctrico dependiendo de la carga macromolecular del tamaño y la forma.
Cromatografía de intercambio iónico	Separa las moléculas en base a su carga iónica, se lleva a cabo por la competencia entre proteínas con diferente carga superficial

Elaborado por Carlos Carrera

De los métodos para la separación de proteína estudiada, los que ofrecen mejores posibilidades para obtener más cantidad de proteínas separadas por volumen de sustancia utilizada son los métodos de membrana, ultrafiltración, microfiltración, electrodialisis, y los más utilizados actualmente.

5.3. Resultados en el objetivo número 2

5.3.1 Resultado del diagnóstico de aprovechamiento del lactosuero en la industria láctea PASTOLAC

El suero es el líquido producido por la coagulación de la leche durante el proceso de elaboración del queso. Se obtiene tras separar la caseína y la grasa. El suero constituye aproximadamente el 90% de la masa de leche utilizada para hacer queso y contiene la mayoría de los compuestos solubles en agua. En peso, el suero contiene aproximadamente un 50 % de sólidos lácteos, un 25 % de proteína, un 7 % de grasa, un 95 % de lactosa y un 50 % de leche y minerales. Cabe señalar que la proteína de suero consta de una fracción conocida como glicomacropéptido, que constituye aproximadamente el 4 % de la caseína total.

Se realizó una revisión bibliográfica sobre el diseño de proceso de producción de proteínas a base de lactosuero, donde se identificaron diferentes formas de implementarlas y lograr los requerimientos necesarios para su funcionamiento en el diseño.

Aplicación de la encuesta

1.- ¿Cuántos productos se fabrican en la empresa?

Análisis e interpretación

Del 100 % de las personas encuestadas declaran que los productos que se elaboran en la empresa son el queso en mayor proporción, el yogurt y el helado se producen sólo un día en la semana o bajo pedidos

2.- De la producción de queso que se realiza cuál es la cantidad de lactosuero que se obtiene

Tabla 5.4. Cantidad de lactosuero que se obtiene.

Cantidad del lactosuero que se obtiene del proceso	Porcentaje de la cantidad respecto al contenido de la materia prima
400 litros	85%

Elaborado por Carlos Carrera

5.4. Análisis e interpretación

De la información recogida en el proceso productivo, la materia prima procesada se obtiene el 85% de lactosuero diariamente.

Las personas encuestadas han estado presentes en el proceso de elaboración de queso y conocen el valor obtenido de lactosuero después de este proceso.

3.- ¿Conoce los usos que se le puede dar al lactosuero para la fabricación de otros productos?

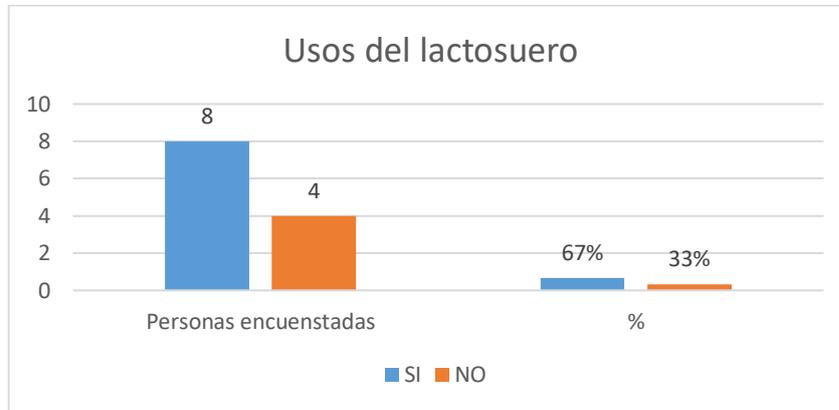
Tabla 5.4. Usos del lactosuero.

Alternativas	Personas Encuestadas	%
Si	8	67%
No	4	33%
TOTAL	12	100%

Elaborado por Carlos Carrera

A coninuacion, la graficacion de los usos del lactosuero:

Gráfica 5.1. Gráfica de usos del lactosuero.



5.5. Análisis e interpretación

De personas encuestadas el 67% conoce los usos del lactosuero el 33% no conoce los usos del lactosuero.

De acuerdo con el resultado obtenido es importante dar a conocer a la empresa los diferentes usos que tiene el lactosuero para el beneficio de la industria.

4.- Si la respuesta de la pregunta anterior es afirmativa especifique cuales

5.6. Análisis e interpretación

Se especifica otros usos de este subproducto como la fabricación de leche, yogurt, bebidas energizantes, sustituto de leche para niños, concentrados de proteínas.

5.- ¿Conoce las proteínas que están en la composición del lactosuero?

.....Si

....No

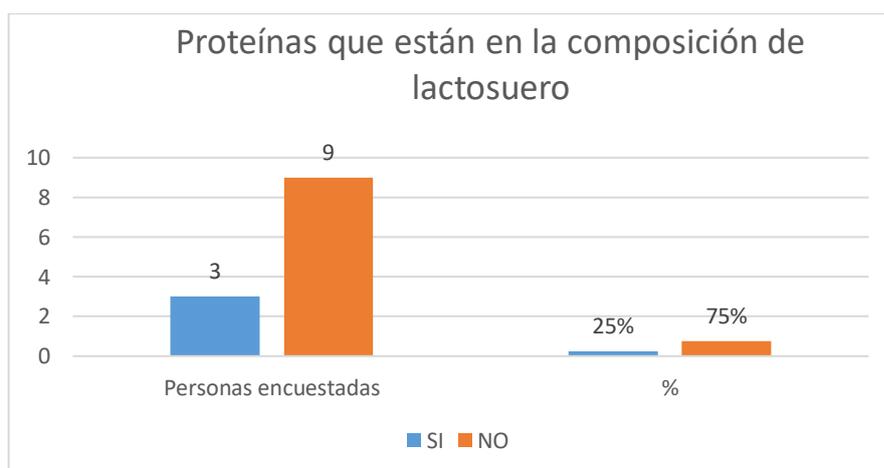
Tabla.5.6. Composición del lactosuero.

Alternativas	Personas encuestadas	%
SI	3	25%
NO	9	75%

Elaborado por Carlos Carrera

A coninuacion, la graficación de proteínas componentes del lactosuero:

Gráfica 5.2. Gráfica de proteínas que componen el lactosuero.



El resultado de la encuesta nos presenta que el 25% de los colaboradores de la empresa conoce la composición del lactosuero y el 75% desconoce la composición del lactosuero.

6.- Si la respuesta de la pregunta anterior es afirmativa especifique cuales

5.7. Análisis e interpretación

La especificación que hacen algunos encuestados sobre la composición del lactosuero respecto a las proteínas en su composición son las siguientes: Caseína, lactoglobulina, lactoferrina, inmunoglobulina.

7.- Conoce los procesos a través de los cuales se puede elaborar otros productos a partir del lactosuero

....Si

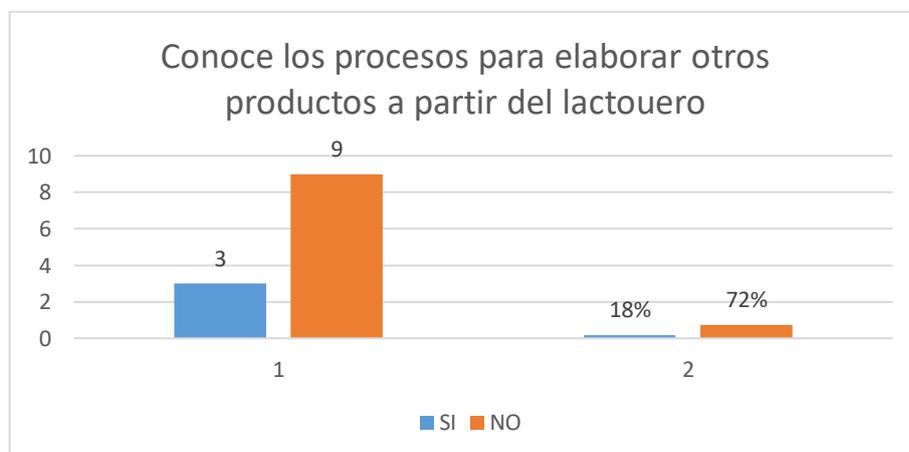
....No

Tabla 5.7. Procesos de elaboración de otros productos a partir del lactosuero.

Alternativas	Personas encuestadas	%
SI	3	18%
NO	9	72%
TOTAL	12	100%

Elaborado por Carlos Carrera

Gráfica 5.3. Gráfica de procesos para elaborar productos con lactosuero.



5.8. Análisis e interpretación

El 18% de las personas conoce otros procesos para elaboración de otros productos a partir de lactosuero, mientras que el 72% no lo conoce.

5.9. Caracterización de los procesos de la planta láctea PASTOLAC

5.9.1. Diagrama del proceso fabricación del queso.

Se presenta el diagrama de los procesos de la planta láctea PASTLAC para la elaboración de queso donde el subproducto obtenido es el lactosuero que puede ser utilizado como materia prima para obtención de inmunoglobulina.

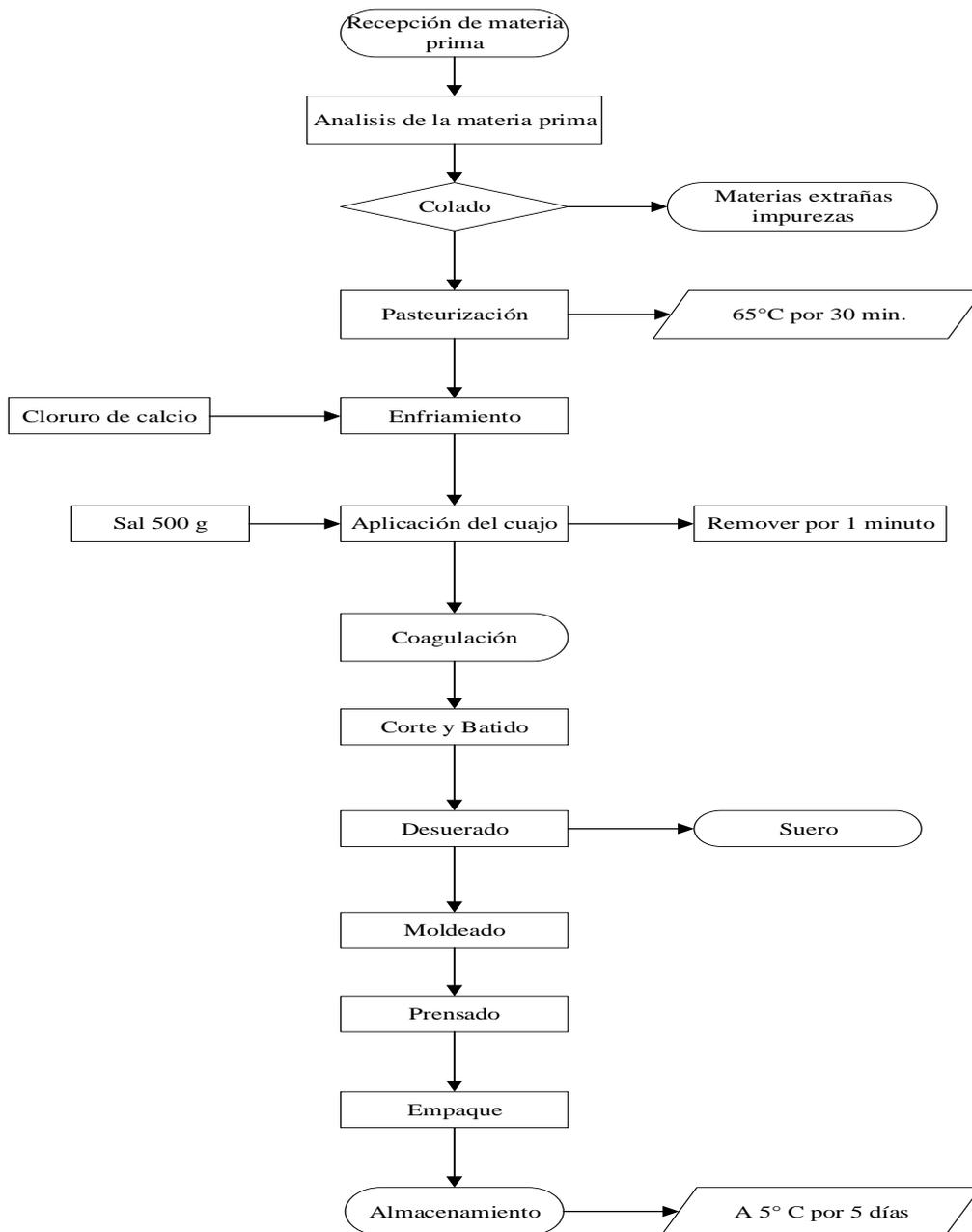


Figura 5.1. Diagrama de procesos fabricación de queso.

Como se evidenció en la figura anterior, en el proceso de coagulación se obtiene la precipitación de la caseína donde el 90% del volumen de leche utilizado corresponde al lactosuero.

5.9.2. Explicación de las etapas del proceso de fabricación de queso.

Materia prima (leche) y recepción: la leche de buena calidad se pesa para conocer la cantidad que entrará al proceso.

Análisis: deben hacerse pruebas de acidez, antibióticos, porcentaje de grasa y análisis organolépticos (sabor, olor, color). La acidez de la leche debe estar entre 16 y 18° (grados Dornic).

Colado: la leche debe filtrarse a través de una tela fina, para eliminar cuerpos extraños.

Pasteurización: consiste en calentar la leche a una temperatura de 65°C por 30 minutos, para eliminar los microorganismos patógenos y mantener las propiedades nutricionales de la leche, para luego producir un queso de buena calidad. Aquí debe agregarse el cloruro de calcio en una proporción del 0.02-0.03% en relación a la leche que entró al proceso.

Enfriamiento: la leche pasteurizada se enfría a una temperatura de 37-39 °C, pasando agua fría en la marmita.

Aplicación del cuajo: se agrega entre 7 y 10 cc de cuajo líquido por cada 100 litros de leche o bien 2 pastillas para 100 litros (siga las instrucciones del fabricante). Se agita la leche durante un minuto para disolver el cuajo y luego se deja en reposo para que se produzca el cuajado, lo cual toma de 20 a 30 minutos a una temperatura de 38-39 °C.

Corte: la masa cuajada se corta, con una lira o con cuchillos, en cuadros pequeños para dejar salir la mayor cantidad de suero posible. Para mejorar la salida del suero debe batirse la cuajada. Esta operación de cortar y batir debe durar 10 minutos, y al finalizar este tiempo se deja reposar la masa durante 5 minutos. La acidez en este punto debe estar entre 11 y 12 ° Dornic.

Desuerado: consiste en separar el suero dejándolo escurrir a través de un colador puesto en el desagüe del tanque o marmita donde se realizó el cuajado. Se debe separar entre el 70 y el 80% del suero. El suero se recoge en un recipiente y por lo general se destina para alimentación de cerdos. Para efectos de esta investigación, se ha agregado el proceso de almacenamiento para el suero.

Salado: se adicionan de 400 a 500 gramos de sal fina por cada 300 litros de leche y se revuelve bien con una paleta. Haga pruebas para encontrar el nivel de sal que prefieren los compradores.

Moldeo: los moldes, que pueden ser de acero inoxidable o de plástico PVC, cuadrados o redondos, se cubren con un lienzo y se llenan con la cuajada. En este momento, se debe hacer una pequeña presión al queso para compactarlo mejor.

Prensado: una vez que la cuajada se encuentra en los moldes se lleva a una prensa mecánica para expulsar el suero restante en cada uno de los moldes, esto con la finalidad de compactar la cuajada y obtener el queso

Empaque: el empaque se hace con material que no permita el paso de humedad. Generalmente se usa un empaque plástico.

Almacenado: se debe almacenar en refrigeración, para impedir el crecimiento de microorganismos y tener siempre queso fresco. El almacenamiento no debe ser mayor de 5 -7 días.

De este proceso representado a través del diagrama resulta importante la etapa de precipitación de la caseína y el desuerado porque aportan lactosuero para la obtención de la proteína inmunoglobulina.

5.9.3. Resultados en el objetivo número 3

Para el diseño del proceso productivo de obtención de inmunoglobulina se han considerado dos procesos con tecnología de membrana la microfiltración y la ultrafiltración, de ellos se explica el procedimiento para el cálculo de la obtención de proteínas de lactosuero.

Para la microfiltración se propone el método de membrana de micro filtración con el objetivo de separar las proteínas contenidas en el lactosuero donde el primer procedimiento de cálculo es Factor de retención FR en el proceso de micro filtración

Se propone el procedimiento para el cálculo en diferentes partes del proceso productivo de la inmunoglobulina.

5.9.4. Microfiltración

5.9.4.1 Cálculo del FR en el proceso de microfiltración efectuado con las tres membranas.

$$FR = \frac{A}{R} \quad (5.1)$$

Donde:

FR= factor de retención.

A= masa de alimentación del microfiltrador.

R=masa de retenido en la microfiltración.

5.9.4.2. Cálculo de permeado de microfiltración

$$P = A - R \quad (5.2)$$

Donde:

P= masa de permeado del microfiltrador

A= masa de alimentación del microfiltrador.

R=masa de retenido en la microfiltración.

5.9.4.3. Cálculos para determinar la composición química de la alimentación (suero lácteo) que se pone en el microfiltrador.

Cálculo del porcentaje de humedad.

$$\% \text{Humedad} = \frac{(B-C)*100}{A} \quad (5.3)$$

Donde:

A = peso en gramos de la muestra líquida.

B = peso en gramos de la cápsula con la muestra líquida.

C = peso en gramos de la cápsula con la muestra seca.

5.9.4.4. Cálculo del porcentaje de cenizas.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(B-C)*100}{A} \quad (5.4)$$

Donde:

A = peso en gramos de la muestra líquida.

B = peso en gramos del crisol más la cenizas.

C = peso en gramos del crisol vacío.

5.9.4.5. Cálculo del porcentaje de proteínas.

$$\%N = \frac{((VA-VB)*0,0014*N*100)}{A} \quad (5.5)$$

$$\%Proteinas = \frac{(VA-VB)*0,014*N*Fp*100}{A} \quad (5.6)$$

Dónde: VA y VB iguales al volumen de solución estándar de HCl requerida para la muestra y para el blanco respectivamente.

N= normalidad de solución de HCl estandarizada.

A= peso en gramos de la muestra líquida

Fp (Factor de proteína) en leche y productos lácteos = 6,38

5.9.4.6. Cálculo del porcentaje de grasa.

$$\%grasa = \frac{(B-C)*100}{A} \quad (5.7)$$

Donde:

A = peso en gramos de la muestra líquida.

B = peso en gramos del vaso de extracción después de la extracción.

C = peso en gramos del vaso de extracción antes de la extracción.

5.9.4.7. Cálculo del porcentaje de sólidos.

$$\%Sólidos = 100 - \%Humedad \quad (5.8)$$

5.9.4.8. Cálculo del porcentaje de carbohidratos.

$$\%Carbohidratos = 100 - (\%Humedad + \%cenizas + \%proteínas + \%grasa) \quad (5.9)$$

5.10. Ultrafiltración

5.10.1. Cálculo de los FR en el proceso de ultrafiltración

$$FR = \frac{A}{R} \quad (5.10)$$

Donde:

FR= factor de retención.

A= masa de alimentación del microfiltrador.

R=masa de retenido en la microfiltración.

5.10.2. Cálculo de retenido y permeado en el proceso de ultrafiltración continuo al proceso de microfiltración

$$R_2 = A_2 \div FR \quad (5.11)$$

$$P_2 = A_2 - R_2 \quad (5.12)$$

Dónde:

A2 = alimentación de ultrafiltración.

FR = factor de retención de ultrafiltración.

R2 = retenido de ultrafiltración.

P2 = permeado de ultrafiltración.

5.10.3. Cálculo del rendimiento hasta el proceso de ultrafiltración.

$$\%R = \frac{A}{R_2} \times 100 \quad (5.13)$$

Donde:

% R = rendimiento.

A = alimentación del microfiltrador.

R2 = retenido de ultrafiltración.

5.10.4. Cálculo del flujo de permeado de las membranas para cada instante de tiempo.

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1} \quad (5.14)$$

Donde:

m2= masa en gramos tomado en un primer tiempo.

m1= masa en gramos tomado en un segundo tiempo.

t2= segundo tiempo.

t1= primer tiempo.

5.11. Diagrama de flujo para la obtención de inmunoglobulina

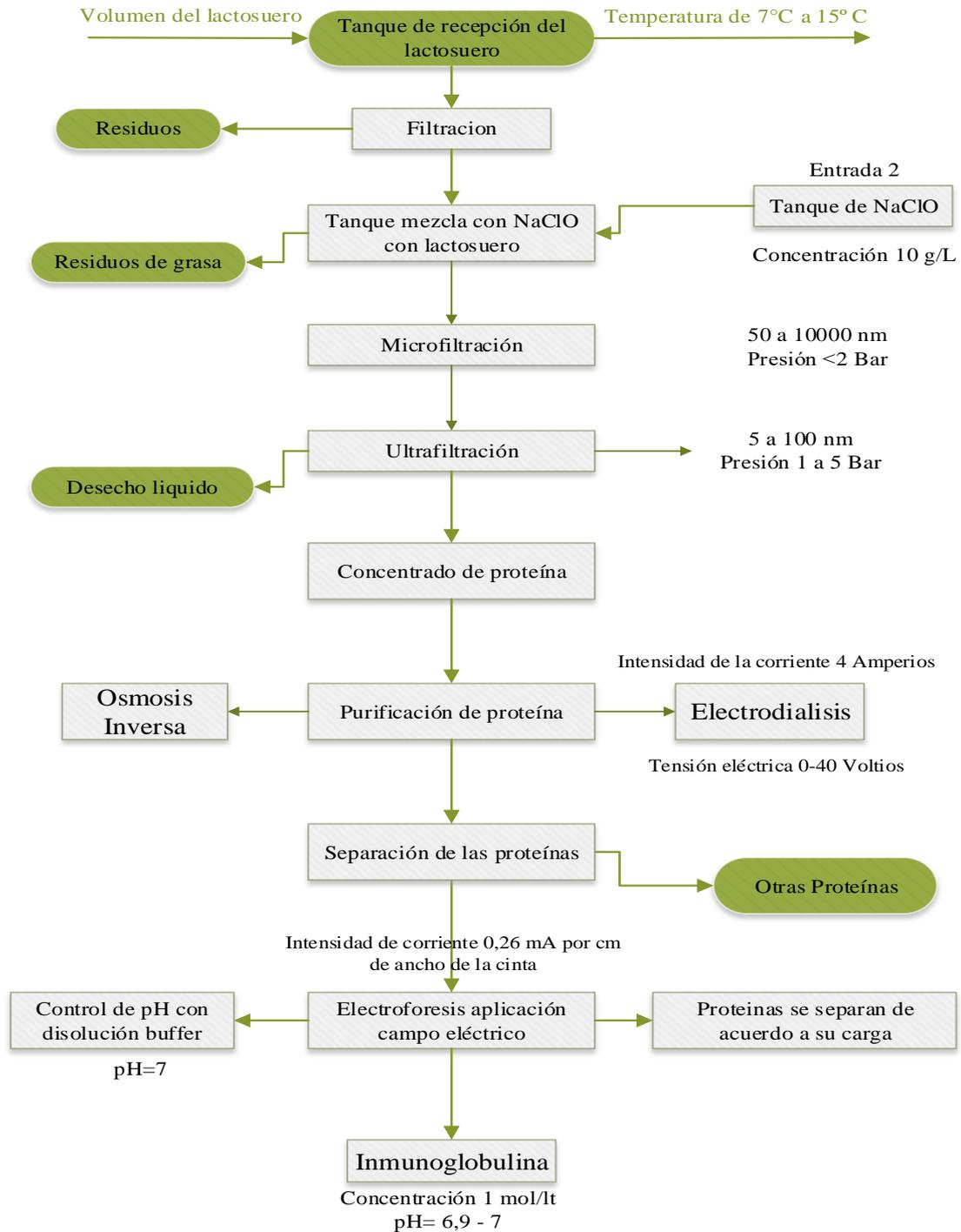


Figura 5.2. Diagrama de obtención de inmunoglobulina.

5.12. Proceso de obtención de inmunoglobulina

Tanque de recepción: se receipta la materia prima lactosuero libre de grasa para evitar obstrucción en las membranas.

Filtración: Se eliminan partículas en suspensión que impurifican las proteínas.

Tanque de mezcla con NaClO (Hipoclorito de Sodio): Tiene el propósito de eliminar las partículas de grasa presentes en el lactosuero.

Proceso de Microfiltración: Retiene las partículas en suspensión de 50 a 10000 nm (nanómetros) la presión de trabajo del sistema es de <2 Bar.

Proceso de Ultrafiltración: Retiene las partículas en suspensión de 5 a 100 nm (nanómetros) la presión de trabajo del sistema es de 1 a 4 Bar.

Purificación de proteínas: Se requiere eliminar en este proceso las partículas que impurifican las proteínas por diálisis, electrodiálisis, osmosis inversa.

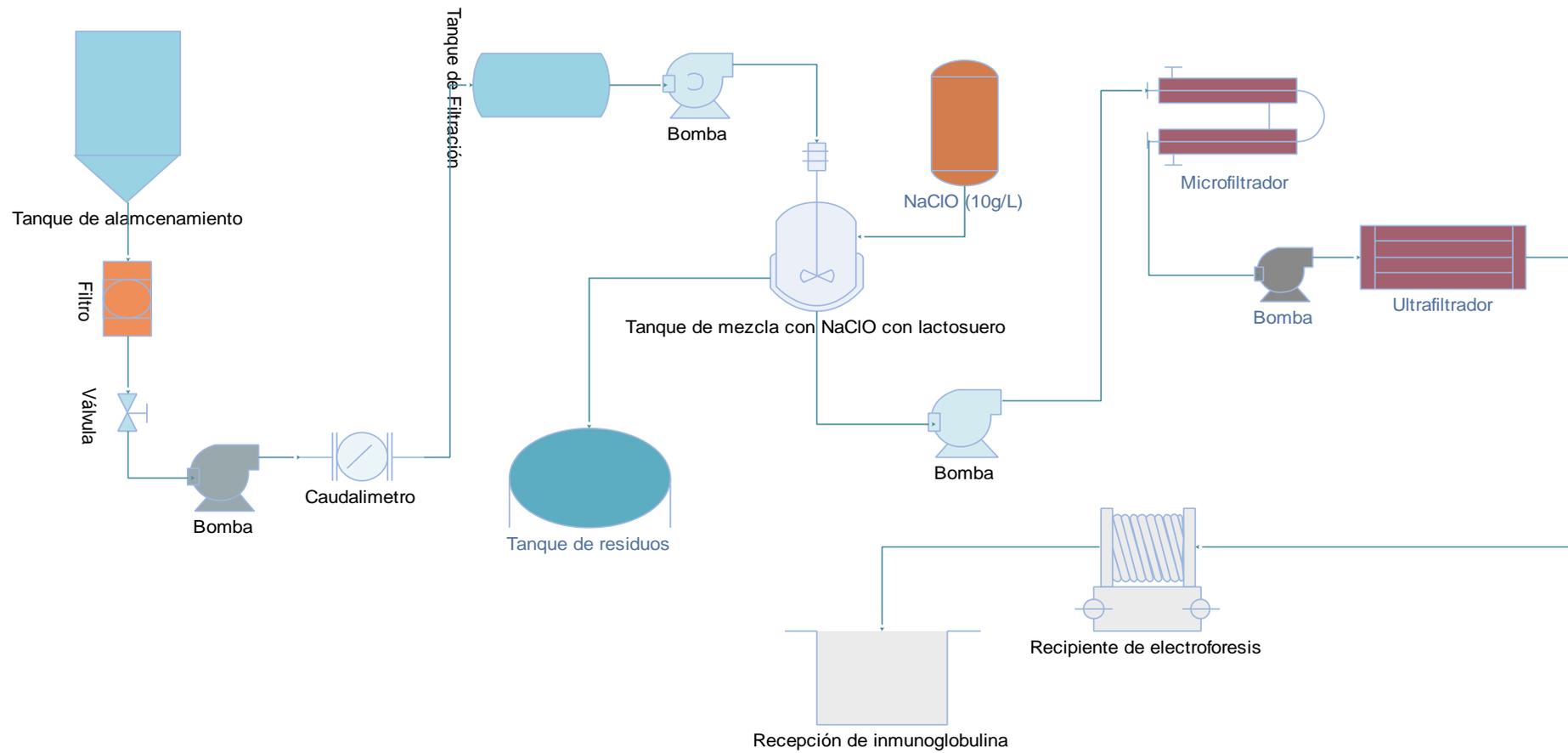
Electrodiálisis: se utiliza membranas intercambiadoras que permiten separar sustancias iónicas en disolución se utiliza como alternativa para separar concentrar y purificar sustancias.

Osmosis inversa: se utiliza para eliminar contaminantes como sulfatos, fluoruro, arsénico, magnesio potasio sodio, sustancias iónicas.

Separación de proteína: las proteínas concentradas deben se separadas por métodos como la electroforesis.

Electroforesis: se separan las moléculas según la movilidad de estas en un campo eléctrico, en la disolución buffer, esta disolución puede ser de pH alcalino, de pH neutro, de pH ácido este tipo es llamado electroforesis libre.

5.13. Diagrama de proceso para la obtención de inmunoglobulina



Elaborado por Carrera Carlos

5.14. Equipamiento necesario para el proceso productivo

Paso 1: Tanque de almacenamiento de acero inoxidable de 1000 Litros para recibir. El lactosuero de 425 Litros llegará al tanque de almacenamiento a través de tubos de acero inoxidable de 3 pulgadas de diámetro. Compuesto por un mezclador en el interior del frigorífico nos ayudará a almacenar el lactosuero a una temperatura estable o en una habitación con una temperatura de 7°C a 15°C.

Paso 2: Las válvulas reguladoras de presión de una y tres vías serán manejadas o controladas por el tanque principal con una presión primaria o de primera fase de 1 a 5 bar que van al primer diafragma.

Paso 3: Primer filtrado: con una capacidad de 65 l/h de acero inoxidable. Está manipulada por la primera válvula la que envía el suero con una presión hacia al primer filtro y el filtro los ayuda a dividir el suero sin ninguna partícula al tanque de almacenamiento 2 y la otra proporción pasará como residuos al tanque de desechos.

Paso 4: Filtro de cartucho de 50 um: esta primera membrana les permitirá capturar las partículas de lactosuero más grandes con una presión de 1,5 bar para llevarlas al tanque 2 para contener y retener el residuo.

Paso 5: Depósito de residuos: este depósito tiene una capacidad de 160 litros. Los compuestos de acero inoxidable les ayudan a devolver partículas más grandes con lactosuero al tanque principal con una bomba de 1 hp

Paso 6: Válvula de tres vías: tiene tres puertos de salida para dispensar lactosuero en el tanque de mezcla. Este puerto está conectado al matraz 3 para dejar entrar la mezcla de NaClO para mezclado con lactosuero.

Paso 7: NaClO (solución alcalina desengrasante) quedando Gracias a la válvula v2, la válvula de tres vías se introduce en el depósito del para mezclarse con la mezcla a un caudal máximo de 20 g por 100 Litros de lactosuero.

Paso 8: Mezclador para tanque 3: en este tanque se encarga de mezclar dos proporciones de suero y cloruro de sodio en una mezcla durante 10 minutos por hora para obtener grasa de lactosuero.

Paso 9: Motor extracto de grasa de la mezcla del lactosuero y sodio: este motor de extracción con capacidad 160 l/h con una potencia de 2hp se encarga de extraer toda la grasa superficial del lactosuero.

Paso 10: Bomba regulada: que permite la conexión de los tanques al tanque del lactosuero preparado para enviar a través de la bomba al segundo filtro.

Paso 11: El tanque de recolección de suero procesado del cual el suero les ayuda a obtener proteínas con una capacidad de 600 Litros.

Paso 12: Caudalímetro: este dispositivo los ayuda a determinar el caudal que va ingresar mediante una válvula que controla por tiempo el paso de del lactosuero hacia la membrana para la obtención de la proteína.

Paso 13: Válvula reguladora: esta los permite el ajuste de la presión anterior a la membrana, la cual se mide mediante el manómetro de 1.8 bar esto es igual a 1800 Kpa. Como valor referencial.

Paso 14: La membrana de 50 a 10000 nm, utilizando un caudal de 2.4 l/h y presión de 1.8 bar como valor referencial.

Tabla 5.18 Parámetros de control del proceso

DETALLES	PARÁMETROS
PRIMERA ENTRADA DE MATERIA PRIMA	
Lactosuero	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tiempo de recepción del lactosuero 2. Volumen del lactosuero 3. Concentración de proteína
SEGUNDA ENTRADA DE MATERIA PRIMA	
NaClO	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de llenado de NaClO • Concentración de NaClO 10 g/l • Uniforme en tiempo
PRIMERA SALIDA	
Residuos sólidos de lactosuero	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad en gramos de residuos de salida • Variación de tiempo
SEGUNDA SALIDA	
Residuos de grasa	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de residuo sólido (grasa) • Variación de tiempo
TERCERA SALIDA	
Concentrado de proteína	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de lactosuero • Salida • Porcentaje de humedad • Variación de tiempo
CUARTA SALIDA	
Permeado obtenido	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen del residuo • Variación de tiempo

Elaborado por Carrera Carlos

5.15. Normas INEN del proceso de obtención de inmunoglobulina.

La materia prima seleccionada deberá estar acorde a los resultados obtenidos en los respectivos análisis para su caracterización, si estos se encuentran dentro de los límites permisibles, entonces dicho subproducto será validado como materia prima apta para la elaboración de un nuevo producto.

Comparando los análisis realizados con los valores exigidos por la norma NTE INEN 2594 para caracterización del lactosuero líquido, se determinó que todos los valores reportados por los análisis están dentro del rango establecido. La variación del pH que también afecta en gran parte a la acidez del lactosuero, no es ningún inconveniente siempre y cuando se considere válido la utilización del lactosuero ácido como también el lactosuero dulce para la elaboración de la proteína.

La norma NTE INEN 2594 determina que el tipo de lactosuero no influye en los análisis microbiológicos requeridos, pero sí estipula que tienen mayor importancia que los análisis físico-químicos. La carga microbiana es un factor muy importante a considerar, por ello se comparó cuidadosamente los resultados de los análisis realizados en el laboratorio determinando así que se encuentran perfectamente dentro de los valores establecidos por dicha norma y concluyendo que el lactosuero es idóneo para el proceso de obtención de la proteína.

[15, p. 25]

Tabla 5.19: Determinación del lactosuero como materia prima.

PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN						
Parámetros establecidos por la NORMA		Valores encontrados	Normas NTE INEN 2594		Se encuentra dentro de los límites establecidos	Apta para su uso como Materia Prima
			Min.	Max.		
Análisis Físicoquímicos	Lactosa	4,1	-	5	SI	
	Proteína	0,87	0,8	-	SI	
	Grasa	0,28	-	0,3	SI	
	Ceniza	0,55	-	0,7	SI	
	Acidez	0,421	-	0,16	SI	
	PH	5,2; 6,5; 6,2	6,8	6,4	SI	
Análisis Microbiológicos	Recuento de m.o. aerobios mesófilos	97x10 ³	30000	10000	SI	
	Recuento de Escherichia coli	8	<10	-	SI	
	Staphylococcus /25g	75	<100	100	SI	
	Salmonela /15g	Ausencia	Ausencia	-	SI	
	Detección de Listeria monocytogenes /25g	Ausencia	Ausencia	-	SI	

Fuete: norma NTE INEN 2594

Con los resultados generados en la prueba de caracterización de lactosuero por la norma NTE INEN 2594 se podrá realizar un diseño de proceso de obtención de proteínas a base de lactosuero ya que esto servirá como la guía para la producción industrial.

5.16. Fundamento teórico de centrifugación en la purificación de proteínas

De acuerdo con la revisión basada en la revisión del informe de Camacho (2009), este método está basado en la purificación de las proteínas por la separación de partículas en función de su masa o densidad de flotación. El efecto neto de girar la muestra en una centrífuga es que las partículas masivas, pequeñas y densas se mueven hacia afuera más rápido que las partículas menos masivas o las partículas con más arrastre en el líquido.

Cuando se centrifugan suspensiones de partículas en una centrífuga, se puede formar un gránulo en el fondo del recipiente que está enriquecido para las partículas más masivas con bajo arrastre en el líquido. Este método de purificación está ligado directamente con la tecnología de membranas el cual utiliza la técnica microfiltración para la obtención de proteínas purificadas del lactosuero.

Esta técnica cumple con las características y requerimientos para poder filtrar el líquido purificado y retener las soluciones de alta densidad (Camacho, 2009).

El proceso de centrifugado del lactosuero resulta en el método más económico para las aplicaciones genéricas de extracción de proteínas, donde también es removida parcialmente la grasa no deseada del fluido (Camacho, 2009).

5.17. Fundamento teórico del método de cromatografía de intercambio iónico

De acuerdo a la revisión bibliográfica basada en Valdivielso (2015), el principio básico de la cromatografía de intercambio iónico es que las moléculas cargadas se adhieren a los intercambiadores de forma reversible de modo que dichas moléculas pueden ser unidas o desunidas cambiando el ambiente iónico. El intercambiador catiónico con grupos cargados negativamente, pudiendo intercambiar iones positivos, mientras intercambiadores aniónicos con grupos cargados positivamente, pudiendo intercambiar iones negativos.

Es un método que permite la separación de moléculas polares basadas en sus propiedades de carga eléctrica. El intercambio de iones es el método más ampliamente utilizado para la separación y la purificación de biomoléculas cargadas tales como polipéptidos, proteínas, y ácidos nucleicos (Valdivielso, 2015).

Una proteína que no tiene carga neta a un pH equivalente a su punto isoeléctrico no podrá interactuar con la matriz o fase estacionaria cargada. Su aplicabilidad dispersa, alta capacidad y simplicidad, y su alta resolución son las razones dominantes de su éxito como método de purificación, siendo ampliamente utilizada en varios procesos industriales (Valdivielso, 2015).

5.18. Proceso de concentración del lactosuero por el método de ultrafiltración

Clarificado: El lactosuero clarificado y pasteurizado se concentra de 5 a 6 veces mediante una primera etapa de ultrafiltración, obteniéndose un concentrado de proteínas con un contenido en proteína entre 35 y 45.

Filtración de membrana: este concentrado debe ser filtrado para retener los constituyentes del lactosuero en el rango molecular, como es el caso de las proteínas, separándolas de lactosa y otras impurezas presentes en el lactosuero, colocando esta sustancia el filtro de membrana.

Retención: con este paso se produce Aislados de Lactosuero (WPI) y se efectúa cuando la filtración se realiza en una temperatura entre los 20 a 30 °C.

Desgrasado de concentrados: Este Concentrado de Proteínas (WPC) contiene pequeñas cantidades de grasa natural y después de la retención debe ser sometido nuevamente a filtración para eliminar los concentrados de proteína para reducir la grasa en un 35-45% desgrasado.

Ultrafiltración: la sustancia retenida final es un aislado de proteínas de lactosuero (WPI) con un contenido superior al 90 % de proteínas y se obtiene luego de esperar que todo el desgrasado termine.

5.19. Procedimiento de separación de proteínas por el método de cromatografía de intercambio iónico

En base a los procedimientos y parámetros planteados en la bibliografía de Valdivielso (2015):

Abastecimiento: se realiza la carga del lactosuero en los tubos de cromatografía a una temperatura de 50 °C para poder realizar la separación de proteínas.

Selección de matriz y material cromatográfico: se utiliza matrices de baja presión, por ejemplo, Sephadex de G10 con el material Dextrano (2-10) d.

Separación: El proceso de separación depende del tamaño y el volumen hidrodinámico (volumen que ocupa una molécula en solución).

El cual define la capacidad de la molécula de penetrar o no en los poros de la fase estacionaria. El rango de separación es de 0 a 0,7 kilo Dalton; kDa, pues las moléculas son separadas de acuerdo a su peso molecular.

La elución: es un proceso isocrático, pues las proteínas se eluyen de modo solvente de composición constante para lo cual se requiere de un solo buffer. Idealmente, todos los buffers usados en esta cromatografía y en todos los tipos de cromatografía deben de ser filtrados con una membrana de 0.2 μ m y desgasificados.

5.20. Fundamentación teórica para la purificación por electroforesis de las proteínas para obtener inmunoglobulina

Según la consulta bibliográfica de Camacho (2009), el paso siguiente sería la purificación de esta sustancia para asegurar que el rendimiento de las proteínas obtenidas sea óptimo. Las proteínas se purifican mediante procedimientos de fraccionamiento. En una serie de etapas independientes, se aprovechan las diversas propiedades fisicoquímicas de las proteínas que interesan para separarlas progresivamente de otras proteínas y/o de las demás sustancias.

El proceso para realizar la electroforesis de una sustancia, se realiza mediante la aplicación de cargas positivas y negativas, que atraen las proteínas de cargas similares, negativas y positivas respectivamente y se encuentran listas para su purificación y uso (Camacho, 2009).

La aplicación de la electroforesis para la extracción de la inmunoglobulina, resulta en el método más eficiente, más no el más económico para la captación de la mayor proporción de la proteína disponible en el suero, al concentrarse específicamente en los aspectos atómicos de la materia prima (Camacho, 2009).

5.21. Inmunoglobulina:

Procedimiento de purificación por electroforesis de las proteínas para obtener inmunoglobulina de producción industrial

A continuación el desglose de procesos descriptivos de la aplicación de electroforesis de proteínas posterior a la figura anterior, en conformidad con la información expuesta en el documento de Camacho (2009):

Recepción: en el buffer de entrada se coloca la sustancia obtenida del proceso de ultrafiltración y de purificación de suero lácteo, que es una sustancia con alta concentración de proteínas y bajas cantidades de grasa.

Colación: esta sustancia se debe colar a través del buffer de entrada para que realice la electroforesis a temperatura ambiente.

Aplicación de carga de iones: para que el proceso se concrete y exista la purificación final de la sustancia, hay que aplicar carga de iones positivos, en la parte del buffer de entrada y carga de iones negativos, en la parte de colación del buffer de salida.

Separación: la aplicación de cargas iónicas provoca que las proteínas deseadas para obtener inmunoglobulina se drenen hacia al buffer de salida y las proteínas no deseadas y las grasas restantes que se pudieron filtrar se queden en el buffer de entrada.

Filtración: la sustancia obtenida en el buffer de salida es un compuesto de proteínas puras que dan como resultado la inmunoglobulina resultado de la electroforesis. El buffer de salida debe ser retirado y almacenado para su posterior uso.

Purificación del buffer de entrada: como parte de la propuesta de esta investigación, se ha buscado alternativas para que la sustancia residual disminuya su cantidad de contaminantes y se pueda deshacerla de forma adecuada, es así que a través de la electroforesis la sustancia restante en el buffer de entrada, alta en proteínas y grasas, debe ser re filtrada para poder eliminarla de forma natural, utilizando como abono del suelo o alimento de animales.

5.22. Objetivo 4: Evaluar costos para la producción de inmunoglobulina

5.22.1. Costos directos

Tabla 5.19. Presupuesto de proyecto

COSTOS DIRECTOS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	Tanque de recepción 1000 lt.	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
2	Mezclador	1	\$ 900,00	\$ 900,00
3	Válvula de esfera de 3"	3	\$ 210,00	\$ 630,00
4	Filtro de Cartuchos	2	\$ 300,00	\$ 600,00
5	Bomba Centrífuga	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00
6	Válvula de 3 vías	1	\$ 200,00	\$ 200,00
7	Fundas de aluminio	1000	\$ 1,20	\$ 1.200,00
8	Caudalimetro	2	\$ 150,00	\$ 300,00
9	Válvula reguladora	2	\$ 250,00	\$ 500,00
10	Microfiltrador	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
11	Ultrafiltrador	1	\$ 7.400,00	\$ 7.400,00
12	Manómetro de presión	1	\$ 500,00	\$ 500,00
13	Membrana de microfiltración Green Filtre AI 203 longitud 400 mm	2	\$ 550,00	\$ 1.100,00
14	Membrana de ultrafiltración Tami Insidec Longitud 580 mm	2	\$ 760,00	\$ 1.520,00
15	Tubería alimentaria	5	\$ 1.200,00	\$ 6.000,00
16	Materia prima	2975	\$ 0,05	\$ 148,75
TOTAL				\$ 30.198,75
IMPREVISTO (5%)				\$ 909,94
COSTO TOTAL				\$ 31.108,69

Elaborado por Carrera Carlos

5.22.2. Costos indirectos

Tabla 5.20 Costos Indirectos

Costos indirectos				
Costo indirecto	Cant.	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Servicios básicos	1	Luz, agua	\$ 250,00	\$ 250,00
Internet, línea telefónica	1		\$ 60,00	\$ 60,00
Técnico	1	1 técnico	\$ 700,00	\$ 700,00
Inmobiliario	1		\$ 600,00	\$ 600,00
Insumos	1		\$ 700,00	\$ 700,00
Mano de obra	2	2 operarios	\$ 450,00	\$ 450,00
Total de costo Indirecto				\$ 2.760,00

Elaborado por Carrera Carlos

5.22.3. Presupuesto Total

Tabla 5.21 Presupuesto Total

Presupuesto Total	
Costos Directos	\$ 31.108,69
Costos Indirectos	\$ 2.760,00
Total	\$ 33.868,69

Elaborado por Carrera Carlos

5.22.4. Análisis de costos de producción

Tabla 5.22 Costos de producción

Presupuesto total	
Costos directos	\$ 31.108,69
Costos indirectos	\$ 2.760,00
Total	\$ 33.868,69

Elaborado por Carrera Carlos

5.22.5. Capacidad de producción

Para este cálculo se tomaran en cuenta los siguientes datos:

Se trabaja 8 horas al día

Se procesara 425 litros de lactosuero al día

$$\text{Lactosuero Pronosticado}_{\text{día}} = \frac{\text{Materia Prima Entrante}}{\text{Horas laborables al día}}$$

$$\text{Lactosuero Pronosticado}_{\text{día}} = \frac{425 \text{ l}}{8 \text{ h}}$$

$$\text{Lactosuero Pronosticado}_{\text{día}} = 53.13 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

De 500 litros de leche procesada diariamente se obtiene 425 litros de lactosuero materia prima que será de 53.13 l/h

$$\text{Cap}_{\cdot\text{prod}} = P_T * T_R * T_E * H_T$$

Donde:

Cap_{·prod} = Capacidad de producción

P_T = Producción Teórica

T_R = Tasa de Rendimiento

T_E = Tasa de Eficiencia

H_T = Horas de Trabajo al día

Teniendo así según la ecuación

$$\text{Cap}_{\cdot\text{prod}} = (53.13) * (0,40) * (0,85) * (8)$$

$$\text{Cap}_{\cdot\text{prod}} = 144.5 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Se obtiene como resultado de 144.5 l/h que es la producción máxima de la planta de producto terminado, respecto a 53.13 l/h que se pretende procesar en condiciones normales.

5.22.6. Balance de masa

$$\text{Cap}_{\text{prod}} = 53.13 \frac{\text{l}}{\text{h}} = \dot{m} \rightarrow \text{Flujo masico de lactosuero}$$

$$\text{Densidad}_{\text{Lact.}} = 1,03 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\dot{m} = \rho * V$$

Donde:

\dot{m} = Flujo masico

ρ = Densidad del lactosuero

V = Volumen

$$\text{Cap}_{\text{prod}} = 53.13 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 53130 \frac{\text{cm}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{m} = 1,03 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 53130 \frac{\text{cm}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{m} = 54723 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

$$\dot{m} = 54,72 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

5.22.7. Calculo de producción

Según Parra, 2009 la composición de proteína en el lactosuero es de 10 g/l

Tabla 5.23 Producción de proteína

Producción de proteína			
Lactosuero Kg/h	Día	Mes	Año
54,72	437,76	9630,72	115568,64

Elaborado por Carlos Carrera

Precio de venta del concentrado de inmunoglobulina

La investigación actual en los mercados nacionales e internacionales sugiere un costo de venta de \$2,50 dólares americanos por cada kg.

Tabla 5.24 venta de proteína

Producción de proteína			
Lactosuero Kg/h	Día	Mes	Año
54,72	437,76	9630,72	115568,64
Precio de comercialización			\$ 2,50
Valor Total	\$ 1.094,40	\$ 24.076,80	\$288.921,60

Elaborado por Carlos Carrera

5.22.8. Costo de producción

$$Cpcc = MP + MOD + CI$$

Donde:

Cpcc: Costos de Producción

Mp: Materia prima

MOD: Mano de obra Directa

CI: Costos indirectos

$$Cpcc = MP + MOD + CI$$

$$Cpcc = ((425 * 0,02) + (425) + (2760,00))$$

$$Cpcc = 3193,50$$

Tabla 5.25 Tabla de ganancias

Detalle	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Producción mensual (Kg)	9630,72	9630,72	9630,72	9630,72	9630,72	9630,72
Costo de producción mensual	\$ 3.193,50	\$ 3.193,50	\$ 3.193,50	\$ 3.193,50	\$ 3.193,50	\$ 3.193,50
Costo por Kg de proteína	18,15	18,15	18,15	18,15	18,15	18,15
Precio de venta	\$ 2,50	\$ 2,50	\$ 2,50	\$ 2,50	\$ 2,50	\$ 2,50
Precio de venta mensual	\$ 24.076,80	\$ 24.076,80	\$ 24.076,80	\$ 24.076,80	\$ 24.076,80	\$ 24.076,80
Beneficio bruto	\$ 20.883,30	\$ 20.883,30	\$ 20.883,30	\$ 20.883,30	\$ 20.883,30	\$ 20.883,30
Inversión Equipo	\$ 31.108,69	\$ 7.031,89	\$ 6.819,52	\$ 7.244,26	\$ 6.394,78	\$ 8.093,74
Ganancia neta	\$ 10.225,39	\$ 13.851,41	\$ 14.063,78	\$ 13.639,04	\$ 14.488,52	\$ 12.789,56

Elaborado por Carrera Carlos

6. Análisis

Los cálculos realizados demuestran la viabilidad del presente proyecto recuperara la inversión en un año de operación

6.1. Impactos

6.1.1. Impacto técnico

El impacto técnico de este tipo de propuestas en la actualidad, se debe en gran medida a la relación de las tecnologías alternativas para la reutilización del lactosuero en la elaboración de productos alimenticios con resultados exitosos. Para poder generar un cambio en el proceso industrial es indispensable pensar en el avance técnico de las industrias lácteas, pues se debe tomar en cuenta que la ciencia y la tecnología no sólo afectan al ambiente, también tienen el compromiso de restaurarlo y conservarlo, en este caso desarrollando alternativas de reutilización para crear nuevos productos en beneficio de la sociedad, otorgándole valor agregado ya que estos derivados pueden utilizarse tanto como suplemento alimenticio ricos en niveles proteínicos para las personas o como suplemento farmacéutico en el sistema inmunológico.

6.1.2. Impacto económico

El impacto económico es uno de los intereses y propuestas principales de este trabajo de investigación ya que se habla de equilibrar los costos de producción de lácteos generando un ingreso económicamente rentable con el procesamiento de lactosuero y sus derivados, siempre tratando de optimizar los recursos energéticos técnicos y humanos, elaborando estrategias ecológicas de cómo se podrían ahorrar costos reutilizando corrientes secundarias dentro del proceso de elaboración láctea. No solo es un aporte económico para la industria local en la provincia de Cotopaxi, sino que se alimentaría la industria nacional proponiendo la exportación de productos con inmunoglobulina creados a partir del tratamiento del suero. Además, esta

proteína potencia un nuevo mercado emergente en el país con respecto a la salud, estos derivados lácteos serían muy beneficiosos tanto para sus productores como también beneficiaría a los consumidores, aportando nutrientes para tener una vida saludable y un sistema inmunológico fuerte en tiempos de COVID, con un costo de producción bajo y con un precio razonable en el mercado.

6.1.3. Impacto ambiental

El impacto ambiental de este proyecto de investigación, propone una alternativa para disminuir la contaminación ambiental, pues a pesar de que en este problema, se involucran una infinidad de productos que destruyen el ambiente, debido a que afecta física y químicamente la estructura del suelo y el agua, es un alto porcentaje el daño que causa el mal manejo de residuo del suero lácteo en las fuentes hídricas y los suelos del país, por lo que es necesaria la búsqueda de alternativas para disminuir este tipo de impacto, aprovechando al máximo la reutilización de desechos orgánicos que genera la industria láctea para crear nuevos compuestos orgánicos que constituyan un alto valor proteico, aporten a cuidar la salud humana y reduzcan el impacto ambiental con el uso adecuado de los recursos que permitan que estos procesos de producción se vuelvan útiles para la sociedad en general.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- El estudio de las propiedades físico químicas del lactosuero demostró que no existe diferencias significativas entre la composición entre el lactosuero dulce y ácido en cuanto a la cantidad de proteínas y de los métodos analizados para la separación de proteínas el más preciso es el de electroforesis.
- El diagnóstico de la utilización del lactosuero en la empresa PASTOLAC dio como resultado su poco aprovechamiento en productos derivados de esta sustancia, prevalece la venta para la alimentación de cerdos y el resto se desecha provocando contaminación en el medio ambiente.
- Para el diseño de obtención del proceso de inmunoglobulina se tuvo en cuenta la tecnología de membranas para la separación de proteínas el método de electroforesis para su separación y obtención de inmunoglobulina
- Los costos directos e indirectos para la fabricación de inmunoglobulina a partir de lactosuero son \$31.108,69 y \$2.760,00 respectivamente.

Siendo posible la implementación del proceso diseñado para aprovechar el lactosuero y obtener inmunoglobulina

7.2. Recomendaciones

- Se recomienda la implementación del proceso productivo diseñado para el aprovechamiento del lactosuero en la industria PASTOLAC.
- Investigar otros métodos de separación de proteínas más económicos y aplicables a la industria.
- Comprobar la efectividad de los métodos de purificación de los concentrados de proteína.

8. Bibliografía

- [1] J. Ramírez, C. Solís y C. Vélez, «Tecnología de membranas: obtención de proteínas de lactosuero,» *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 12, nº 24, pp. 52 - 59, 2018.
- [2] Organización Internacional de Normalización, *ISO 22000:2018*, 2018.
- [3] C. Asas, C. Llanos, J. Matavaca y D. Verdezoto, «El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología,» *Agroindustrial Science*, vol. 11, nº 01, pp. 26 - 36, 2021.
- [4] Y. Campos, «Formulación y elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja,» 2019.
- [5] L. Godoy, «Universidad Continental,» 2019. [En línea]. Available: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6407/3/IV_FIN_108_TI_Godoy_Tapia_2019.pdf.
- [6] E. Trejo, N. Trejo y J. Zuñiga, «Propuesta para el aprovechamiento de lactosuero en el Valle del Mezquital,» *Revista de Tecnología e Innovación*, vol. 02, nº 03, pp. 581 - 594, 2015.
- [7] L. Cervantes, M. Tello, D. Marín, Á. Hidalgo, Á. Hernández y F. Quimchimbla, «La reutilización del lacto suero: Una forma de disminuir los impactos ambientales y obtener energía alternativa,» de *Conference: XI Taller Universidad, Medio Ambiente, Energía y Desarrollo Sostenible. 11no. Congreso Internacional de Educación Superior*, La Habana, 2018.
- [8] M. Williams y A. Dueñas, «Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero: antecedentes investigativos y usos tradicionales.,» *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, vol. Edición Especial de Julio, pp. 82 - 94, 2021.
- [9] M. Camacho, «Obtención de un concentrado proteico del suero de la leche de vaca utilizando tecnología de membranas,» 2009.
- [10] E. Guamán y L. Velázquez, «Repositorio UTC,» 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5569>.

- [11] S. Guevara, «Repositorio UTC,» 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6729>.
- [12] R. Montesdeoca y K. Piloso, «Evaluación físicoquímica del lactosuero obtenido del queso fresco pasteurizado producido en el taller de procesos lácteos en l ESPAM "MFL",» *El Higo*, vol. 10, n° 01, pp. 02 - 10, 2020.
- [13] Á. López y E. Polo, «Aislamiento de lacto Albumina y globulina del lactosuero como complemento protéico, y su aprovechamiento como materia prima en la elaboración de una bebida refrescante,» 2004.
- [14] J. Gómez y O. Sánchez, «Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión,» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 37, n° 01, pp. 129 - 158, 2019.
- [15] C. Támara, «Aprovechamiento Industrial del Lactosuero,» 2015.
- [16] P. Parrado, «Evaluación técnica y financiera de la producción de una bebida láctea a partir de suero de leche para Lácteos LEVELMA,» 2018.
- [17] A. Moreno, L. Cervantes y M. Tello, «Conference: XI Taller Universidad, Medio Ambiente, Energía y Desarrollo Sostenible,» 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/332554062_La_reutilizacion_del_lacto_suero_Una_forma_de_disminuir_los_impactos_ambientales_y_obtener_energia_alternativa.
- [18] G. Guel, J. Hernández y G. Rodríguez, «Uso de bacterias obtenidas a partir de suero de leche y su uso potencia como probióticos en la industria alimentaria,» *Revista Boliviana de Química*, vol. 35, n° 01, 2018.
- [19] C. Menchón, J. S. Cadona y J. Bruschi, «Caracterización físico-química y microbiológica de suero de queso en polvo desmineralizado y evaluación del impacto de microorganismos esporulados,» 2016.
- [20] S. Pilar, «Evaluación de los efectos del pH, la temperatura y el medio nutritivo en la producción de ácido cítrico a partir de la fermentación con *Aspergillus Carbonarius*,» 2018.
- [21] M. Almécija, «Obtención de lactoferrina bovina mediante ultrafiltración de lactosuero,» 2007.

- [22] A. Medina y C. De La Torre, «Obtención de proteínas de lactosuero para enriquecer el,» 2019.
- [23] M. Borbolla, «Concentración de suero de leche por congelación y determinación de sus propiedades físicoquímicas,» 2019.
- [24] J. Maya y S. Mauricio, «Optimización de la producción de la industria láctea PASTOLAC a partir del uso del subproducto y desecho,» 2018.
- [25] V. Chimbo, «Producción de etanol a partir de suero de leche hidrolizado,» 2015.
- [26] M. Proaño, C. González, G. Mariño, E. Beltrán y M. Coronel, «Ultrafiltración tangencial de lactosuero de queso fresco pasteurizado,» *Journal of Science and Research*, vol. 6, n° 2, 2021.
- [27] J. Ricoy, «Planta de extracción y purificación de proteínas de lactosuero,» 2017.
- [28] C. Ayunta, «Geles de proteínas de leche de cabra-carragenano. Aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales y nutricionales,» 2018.
- [29] A. Morillo, «Evaluación de la operación de osmosis inversa para obtener fracciones aprovechables (permeado y retenido), a partir de suero lácteo,» 2018.
- [30] J. Osorio, «Obtención de un ingrediente alimentario a partir de suero lácteo y borra de café,» 2019.
- [31] P. Guerrón, «Obtención de concentrado proteico mediante tecnología de membranas a partir de suero lácteo de cabras,» 2015.
- [32] J. Calderón, «Diseño de una planta piloto para una revalorización de lactosuero mediante tecnología de membranas,» 2016.
- [33] Y. Motta y W. Mosquera, «Aprovechamiento del lactosuero y sus componentes como materia prima en la industria de alimentos,» *Limentech*, vol. 13, n° 01, pp. 81-91, 2015.
- [34] R. Montesdeoca y k. Piloso, «Evaluación físicoquímica del lactosuero obtenido del queso fresco pasteurizado producido en el taller de procesos lácteos en el ESPAM "MFL".,» *El Higo - Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 10, n° 01, pp. 02 - 10, 2020.

- [35] Think USA Dairy , «dairy export council,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.thinkusadairy.org/es/inicio/productos-lacteos-estadounidenses/ingredientes-y-proteina-de-suero-lacteo/uso-del-suero-lacteo>.
- [36] M. Mazorra y J. Moreno, «Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal,» *CienciaUAT*, vol. 14, nº 01, pp. 133 - 144, 2019.
- [37] A. González, J. Caseres y V. Masaquiza, «La Gestión de Residuos en las Industrias Lácteas: El Caso de Ecuador,» 2018.
- [38] M. Calvo, «Bioquímica de los alimentos,» 2012. [En línea]. Available: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/lactosuero.html>. [Último acceso: 04 03 2022].
- [39] L. Uscanga, I. Orozco, R. Vázquez, G. Aceves, R. Albrecht, M. Amieva, L. Bazaldua, R. Bernal, M. Camacho, J. Campos, R. Carmona y L. Castro, «Posición técnica sobre la leche y derivados lácteos en la salud y en la enfermedad del adulto de la Asociación Mexicana de Gastroenterología y la Asociación Mexicana de Gerontología y Geriatria,» *Revista de Gastroenterología de México*, vol. 84, nº 03, pp. 357-371, 2019.
- [40] L. Caba, «Slideplayer,» 2015. [En línea]. Available: <https://slideplayer.es/slide/1487181/>.
- [41] Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria, «Protocolo de uso de inmunoglobulina,» de *XXXII Congreso de la Sociedad Valenciana de Pediatría*, 2019.
- [42] C. Solís, C. Vélez y J. Ramírez, «Tecnología de membranas: Ultrafiltración,» *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 11, nº 22, pp. 26 - 36, 2017.
- [43] S. Ramírez, B. Miranda y C. Rodríguez, «Purificación de proteínas,» *Mensaje Bioquímico*, vol. 45, pp. 35 - 47, 2021.
- [44] S. Figueroa y J. Peña, «Usos y Aplicaciones de Membranas en Tratamiento de Aguas,» 2020.
- [45] L. Riquelme, «Desarrollo por ultrafiltración de un concentrado proteico a partir de lactosuero,» 2010.

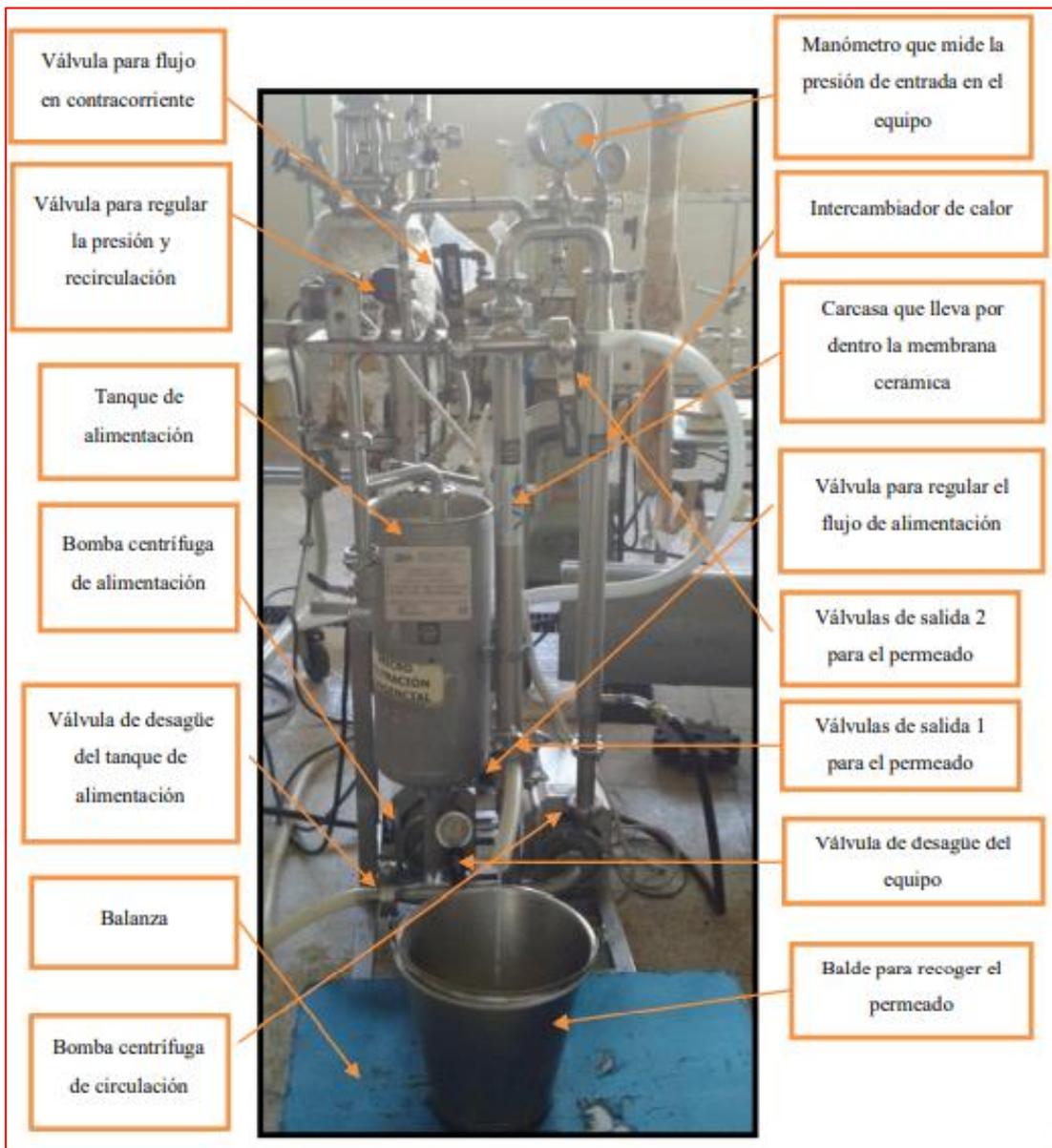
- [46] FAO, «Organización de las Naciones Unidas,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/i2085s/i2085s.pdf>.
- [47] L. Chacón, A. Chávez, A. Rentería y J. Rodríguez, «Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades,» *Interciencia*, vol. 42, n° 11, pp. 712 - 718, 2017.
- [48] GEA , «GEA INGENIERIA PARA EL MUNDO,» 31 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.gea.com/es/stories/engineering-for-a-better-whey-of-the-world.jsp#>.
- [49] H. Valdivielso, «Purificación y separación de ácidos láctico y lactobiónico obtenidos en fermentaciones de co-cultivos a partir de permeados de lactosuero,» 2015.
- [50] M. Cautle, «Producción de hidrógeno a partir de lectosuero en un reactor de techo expandido,» 2017.
- [51] L. Reyes, J. Parra y H. Flórez, «Concentración de inmunoglobulina G en calostro bovino en cruces Bos taurus x Bos indicus en los primeros tres días pos parto,» *Orinoquia*, vol. 20, n° 01, pp. 39 - 45, 2016.
- [52] R. Parra, «Lactosuero: importancia en la industria de alimentos,» *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, vol. 62, n° 01, pp. 4967 - 4982, 2009.
- [53] D. Behar, Metodología de la investigación, Editorial Shalom 2008, 2008.
- [54] N. Mejía, D. Campoverde y L. Velasco, «Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de tres tipos de lactosuero (ovino, bovino y caprino) para uso alimentario.,» *Conciencia Digital*, pp. 301 - 312, 2021.
- [55] R. López, M. Becerra y L. Borrás, «Caracterización físico-química y microbiológica del lactosuero del queso Paipa,» *Ciencia y Agricultura*, vol. 15, n° 02, pp. 99 - 106, 2018.
- [56] Sangrage, Suero para Crecer. El Uso de Proteínas de Suero en Bebidas, 2001.
- [57] Franchim, 2010. [En línea]. Available: <http://www.musculacion.net/nutricion/proteina-de-suero-o-whey-protein>. [Último acceso: 03 Enero 2017].

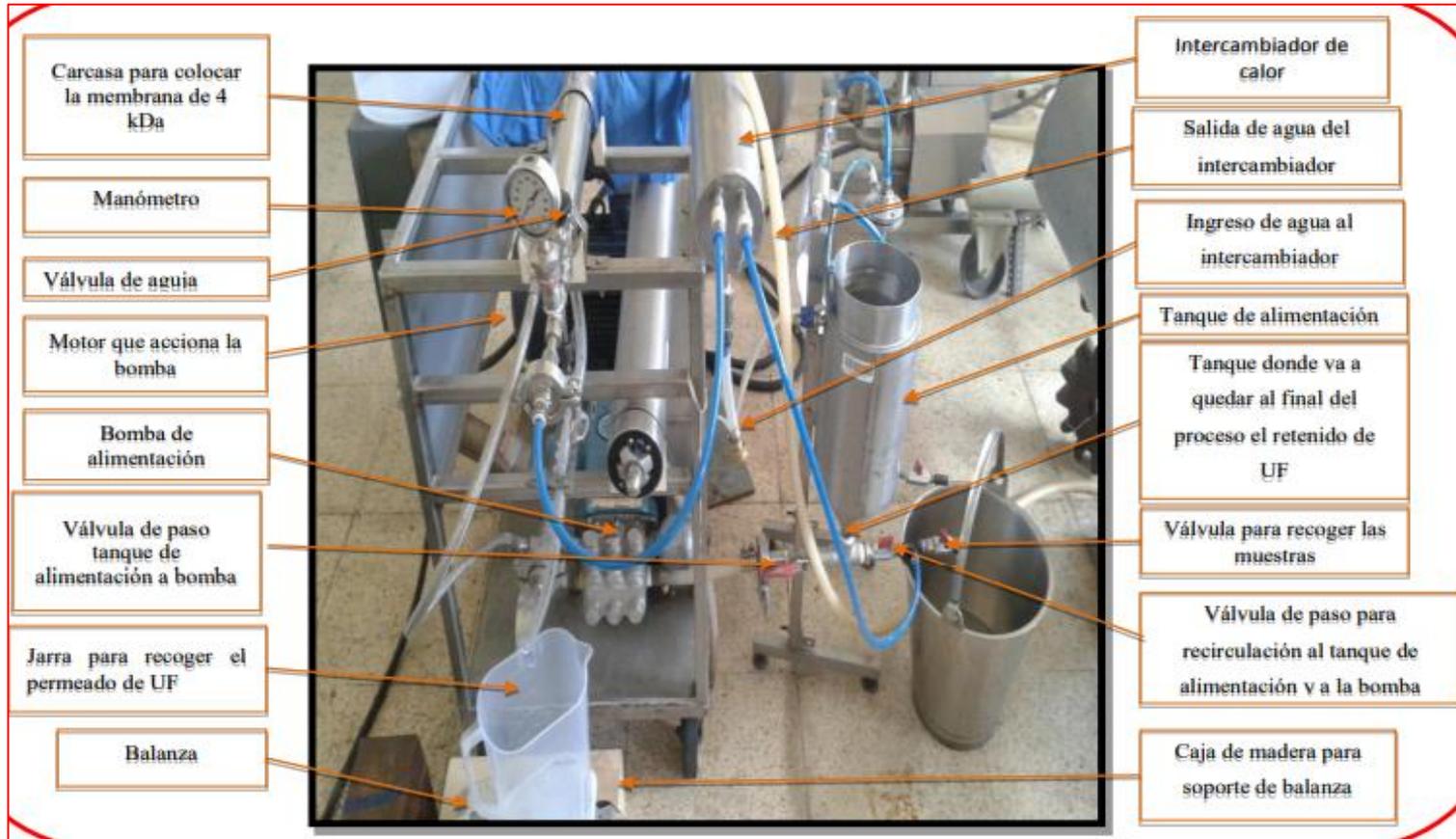
- [58] J. Alarcón, Reingeniería de procesos empresariales, Maracaibo: Fundación Confemetal, 2013, p. 315.
- [59] W. Trischler, Mejorar el valor añadido en procesos, Barcelona: Gestión 2000, 2016, p. 139.
- [60] «Ministerio de Industrias y Productividad,» 26 Septiembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.scpm.gob.ec/wp-content/uploads/2013/09/2.6-David-Villegas-MIPRO-Politica-Industrial-de-Desarrollo-en-el-Sector-de-Alimentos.pdf>. [Último acceso: 03 Enero 2017].
- [61] «Industria y comercio,» 30 Septiembre 2013. [En línea]. Available: www.sic.gov.co.
- [62] P. J. Pintado Vallejo, «Elaboracion de manjar utilizando suero de queseria a diferentes niveles como sustitutos de la leche.,» Paztaza, 2012.
- [63] D. E. Arcos Guerrero, *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, Quevedo, Los Rios: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2011.
- [64] H. Mariño, Gerencia de Procesos, Bogotá: Alfaomega, 2012, p. 296.
- [65] L. Branham, Las 7 razones ocultas por las que los empleados se marchan, Chicago: Willmore, 2015, p. 679.
- [66] UTC, «Líneas de Investigación. Dirección de Investigación. Universidad Técnica de Cotopaxi.,» Latacunga, 2017.
- [67] R. A. Huertas Parra, Facultad Nacional de Agronomía, España, 2009.
- [68] B. Gosta, Manual de Industrias Lácteas, Madrid: Mundi-prensa, 2003.
- [69] U. T. d. C. (UTC), «<http://www.utc.edu.ec/INVESTIGACION/Lineas-Investigacion>,» 2017. [En línea].
- [70] Hugunin, El Lactosuero. Aplicaciones de Productos de Lactosuero en Estados Unidos y Posibles Aplicaciones en México y otros Países Latinoamericanos., EBSCO, 1999.
- [71] D. Michaud y A. Asselin , Application to plant proteins of gel electrophoretic methods, Chromatog , 1995.
- [72] Voet, Técnicas de purificación de las proteínas, España : Ediciones Omega , 1992.

- [73] J. Auad, L. Cooper, J. Cerutti, A. Lozano y V. Marini, «Concentración de inmunoglobulina G en suero y calostro de cabras de acuerdo al número de crías de la camada,» *Revista Veterinaria*, vol. 27, nº 01, pp. 11 - 13, 2016.
- [74] Ministerio de Industrias y Productividad, «Ministerio de Industrias y Productividad,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.scpm.gob.ec/wp-content/uploads/2013/09/2.6-David-Villegas-MIPRO-Politica-Industrial-de-Desarrollo-en-el-Sector-de-Alimentos.pdf>. [Último acceso: 03 Enero 2017].
- [75] C. Mayorga, M. Ruíz, L. Mantilla y M. Moyolema, «Procesos de producción y productividad en la industria de calzado ecuatoriana: caso empresa Mabelyz,» *Eca Sinergia*, vol. 06, nº 02, pp. 88 - 100, 2015.
- [76] O. Morales, R. González, H. Oquendo, N. Loredó, Y. Cabrera y P. Galindo, «Procedimiento para la documentación de los procesos en los sistemas de gestión de la calidad de la ciencia y la técnica universitaria,» *Retos de la Dirección*, vol. 11, nº 02, pp. 111 - 135, 2017.
- [77] A. Contreras y A. Medina, «Diseño de procesos para reducir tiempo en lista de espera traumatológica no garantizada, Hospital público Chileno,» *Revista Médica Risaralda*, vol. 24, nº 02, pp. 39 - 47, 2017.
- [78] S. Escobar, «Análisis de componente imprevisto en la estructura de costos indirectos en los contratos estatales que impactan a los contratistas de obra,» 2017.

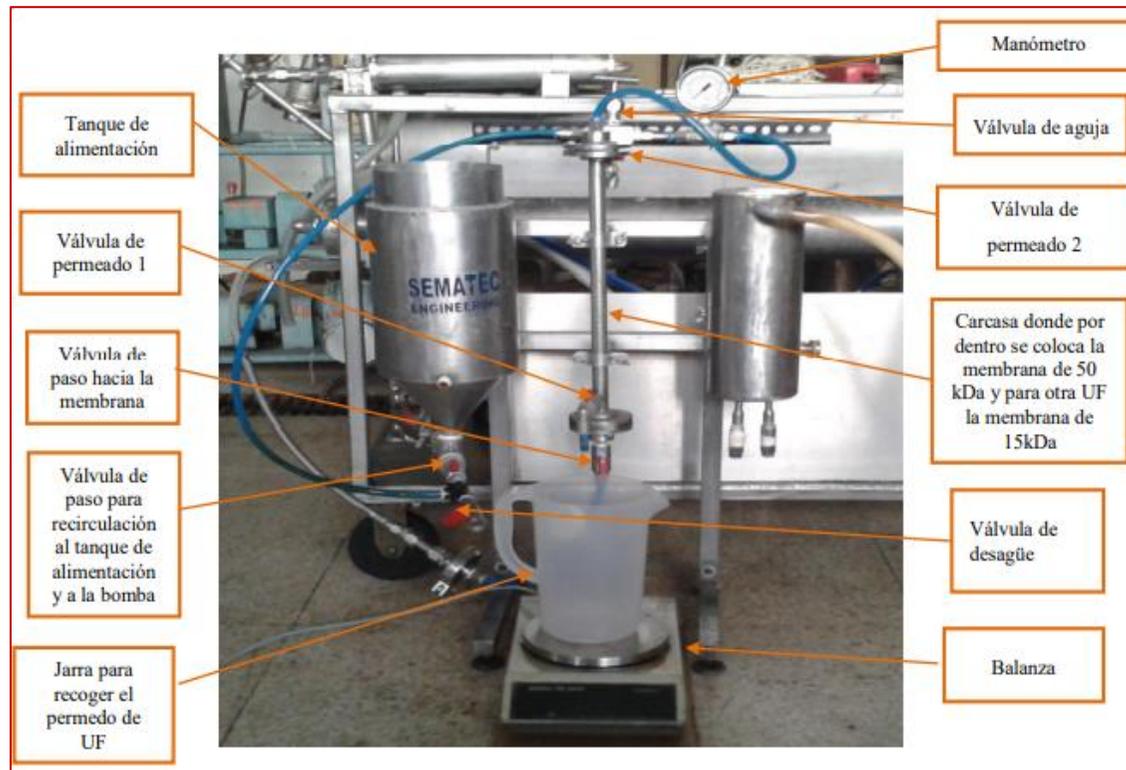
9 Anexos

Microfiltrador





Ultrafiltrador



Marmita de pasteurización



Bomba de presión



Tanque mezclador

