



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**“DESARROLLO DE UN SUPLEMENTO NUTRICIONAL A PARTIR DE  
LACTOSUERO PARA DEPORTISTAS ADULTOS”**

***TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
AGROINDUSTRIAL***

**Autor: CINTHIA PAOLA JARAMILLO AVILA**

**Director: Ing. Jimmy Cuaran Mg.I.**

**2021**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

## DESARROLLO DE UN SUPLEMENTO NUTRICIONAL A PARTIR DE LACTOSUERO PARA DEPORTISTAS ADULTOS

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**APROBADA**

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

Ing. Jimmy Cuarán Mg.I  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

Bioq. Valeria Olmedo MSc  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

Ing. Eduardo Villareal MBA  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003763370	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Jaramillo Avila Cinthia Paola	
DIRECCIÓN:	Eugenio Espejo- Calpaquí	
EMAIL:	<a href="mailto:cpjaramilloa@utn.edu.ec">cpjaramilloa@utn.edu.ec</a>	
TELÉFONO FIJO:	062-635-449	TELÉFONO MÓVIL: 0982624909

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de un suplemento nutricional a partir de lactosuero para deportistas adultos.
AUTOR (ES):	Paola Jaramillo
FECHA: DD/MM/AAAA	05/08/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Suplemento Nutricional A patir de Lactosuero
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jimmi Cuaran MSc.

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de agosto de 2021

EL AUTOR:



Cinthia Paola Jaramillo Avila



## DECLARACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado por la señorita Cinthia Paola Jaramillo Avila, bajo supervisión.

  
Ing. Jimmy Cuaran Mg.I  
04/08/2021 - TT  
Ing. Jimmy Cuaran Guerrero Mg.I  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



## AGRADECIMIENTO

A Dios, quien ha sido mi compañía inigualable y me ha dado la fortaleza para recorrer cada camino de mi vida, demostrándome que todo es posible caminando de su mano.

A mis padres, quienes con su amor y paciencia han sabido ayudarme en los momentos buenos y malos, tanto de manera personal como académica y a mi hermana que ha sido parte de este recorrido en el que juntas hemos aprendido muchas cosas.

A mis maestros que me permitieron aprender de ellos y a su vez me enseñaron a manejar mi vida de manera ética y responsable.

A mi familia y amigos más cercanos que estuvieron pendientes de cada paso que daba siempre con palabras de aliento y llenado mis recuerdos de experiencias únicas.

Asimismo, agradezco a todos quienes fueron parte de esta gran etapa de mi vida compañeros de aulas, de carrera y de facultad con los que compartí conocimientos y dejan una huella imborrable en mi corazón.

**Paola.**



## DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por ser quien me inspiro y me dio fuerzas y sabiduría para continuar este proceso de obtener una de mis metas más deseadas.

A mis padres Franklin y Ana María quienes, con su amor, mucha paciencia y esfuerzo me han acompañado en cada paso hasta llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mi el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A Lizeth, mi hermana por su cariño y apoyo durante todo este recorrido, y sin duda una dedicatoria especial a mis dos ángeles en el cielo que fueron y serán siempre luz guía en mi vida.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS .....	9
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	11
RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13
CAPITULO I.....	14
INTRODUCCION .....	14
1.1 PROBLEMA .....	14
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	15
1.3 OBJETIVOS .....	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.4 HIPOTESIS.....	16
1.4.1 Hipótesis Nula .....	16
1.4.2 Hipótesis Alternativa.....	16
II MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 SUERO DE LECHE .....	17
2.1.1 OBTENCION DEL SUERO .....	17
2.1.1.1 TIPOS DE SUERO .....	18
2.1.1.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA .....	19
2.1.1.3 PROTEÍNAS DEL SUERO.....	20
2.1.1.4 USOS DEL SUERO .....	21
2.2. SUERO EN POLVO .....	22
2.2.1 COMPOSICION DEL SUERO DE LECHE EN POLVO.....	23
2.2.2 SUERO CONCENTRADO.....	23
2.2.3 PRODUCTOS .....	24
2.3 SUPLEMENTO NUTRICIONAL .....	25
2.3.1 NECESIDADES NUTRICIONALES PARA DEPORTISTAS .....	26
2.3.2 TRATAMIENTO.....	29
CAPITULO III.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS .....	34
3.1 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	34
3.2 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	34
3.3 MATERIALES Y EQUIPOS.....	34



3.3.1 Materia prima e insumos .....	34
3.3.2 Equipos y Materiales de Laboratorio .....	35
3.4 MÉTODOS .....	35
3.4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICO DEL SUERO DE LECHE	35
3.4.2. OBTENCIÓN DE SUERO CONCENTRADO Y DESLACTOSADO	36
3.4.3 OBTENCIÓN DE SUERO EN POLVO .....	38
3.4.4 SUPLEMENTO NUTRICIONAL .....	40
CAPITULO IV .....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DEL SUERO DE LECHE PROVENIENTE DEL QUESO FRESCO.....	46
4.2 OBTENCIÓN DE SUERO CONCENTRADO Y DESLACTOSADO .....	49
4.2.1 PARÁMETROS PARA EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN.....	49
4.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PROTEINA EN POLVO.....	52
4.3.1. PARÁMETROS DE ELABORACIÓN DE LA PROTEINA EN POLVO. .....	53
4.3.2. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE PROTEICO .....	54
4.3.3. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE GRASA .....	56
4.3.4. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD .....	57
CAPÍTULO V.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
5.1 CONCLUSIONES .....	60
5.2 RECOMENDACIONES .....	60
Bibliografía .....	62
ANEXOS .....	67





## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tipos de Suero Lácteo.....	19
<b>Tabla 2</b> Macro minerales .....	19
<b>Tabla 3</b> Micro minerales y vitaminas (mg/Kg).....	20
<b>Tabla 4</b> Composición del suero en polvo.....	23
<b>Tabla 5</b> Porcentajes Proteicos de los productos a base de suero lácteo .....	24
<b>Tabla 6</b> Requerimientos Nutricionales para deportistas .....	26
<b>Tabla 7</b> Tipos de Carbohidratos .....	27
<b>Tabla 8</b> Clasificación de los diferentes procesos de membrana .....	31
<b>Tabla 9</b> Métodos para concentrar el suero de leche.....	32
<b>Tabla 10</b> Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación .....	34
<b>Tabla 11</b> Análisis Físico Químico del lactosuero .....	36
<b>Tabla 12</b> Requerimientos para las operaciones unitarias del proceso.....	36
<b>Tabla 13</b> Análisis físico químico del suero de leche.....	38
<b>Tabla 14</b> Factores de Estudio.....	38
<b>Tabla 15</b> Tratamientos de Experimento .....	39
<b>Tabla 16</b> Esquema del ADEVA .....	39
<b>Tabla 17</b> Análisis Físico Químicos producto terminado.....	40
<b>Tabla 18</b> Características Técnicas de la celda CF042SS .....	42
<b>Tabla 19</b> Parámetros de secado usados en el experimento .....	44
<b>Tabla 20</b> Comparativo del análisis físico químico leche y suero de leche .....	46
<b>Tabla 21</b> Resultados de las Operaciones Unitarias .....	50
<b>Tabla 22</b> Volumen de permeado y retenido para microfiltración .....	51
<b>Tabla 23</b> Resultados de la obtención del suplemento nutricional.....	52
<b>Tabla 24</b> Parámetros utilizados en el experimento .....	54
<b>Tabla 25</b> Análisis de Varianza para Proteína .....	54
<b>Tabla 26</b> Prueba Tukey al 5% para tratamientos .....	55



<b>Tabla 27</b> Análisis de varianza para porcentaje de grasa .....	57
<b>Tabla 28</b> Análisis de varianza para porcentaje de humedad. ....	58
<b>Tabla 29</b> Prueba Tukey 5% para Humedad. ....	58



## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b> Flujo de operaciones para la obtención de suero .....	17
<b>Ilustración 2</b> Aplicaciones del Suero Lácteo .....	21
<b>Ilustración 3</b> Filtración por membranas .....	31
<b>Ilustración 4</b> Esquema de las operaciones para obtener suero concentrado.....	37
<b>Ilustración 5</b> Flujograma esquemático del proceso para la obtención del suplemento nutricional.....	41
<b>Ilustración 6</b> Papel Filtro usado para Micro ultrafiltración .....	43
<b>Ilustración 7</b> Proceso de Obtención de Proteína en polvo.....	45
<b>Ilustración 8</b> Relación de pesos moleculares promedio de las proteínas del suero..	47
<b>Ilustración 9</b> Comportamiento del flujo de ultrafiltración de lactosuero con el pH.	48
<b>Ilustración 10</b> Resultado de la concentración proteica.....	56
<b>Ilustración 11</b> Resultados para la variable humedad.....	59



## RESUMEN

El suero de leche es un subproducto obtenido por desecación de residuos de la elaboración del queso, en el Ecuador, se evidencia la falta de aprovechamiento de esta materia prima para generar nuevos productos con valor agregado que puedan ser comercializados. El lactosuero contiene principalmente proteínas y lactosa, siendo sus dos componentes más importantes además de los minerales, vitaminas y grasa en su composición lo que lo vuelve beneficioso para el organismo, motivo por el cual en el presente estudio se puntualiza la elaboración de un suplemento nutricional a base de suero de leche aprovechando las proteínas que contiene para transformarlas en polvo de alta pureza. Para lo cual se realizó un diseño completamente al azar con dos factores: la temperatura de secado de entrada del atomizador (180-195°C) y el caudal de alimentación (8-9-10Hz) para pulverizar el concentrado proteico. Así mismo a través de la interacción de estos factores se procede analizar la influencia de estos sobre los porcentajes finales obtenidos de (grasa, proteína y humedad), estableciendo de esta manera el método con el cual se consigue mayor porcentaje proteico, con el cual se realizará 3 repeticiones para obtener una mayor estandarización de los resultados, el mayor contenido proteico se obtuvo utilizando una temperatura de 195°C y un caudal de alimentación de 9Hz parámetros que lograron alcanzar un 80% de proteína en polvo, por otra parte una temperatura de 180°C y un caudal de 8Z no logran pulverizar las partículas de proteína en la cámara de secado del atomizador .



## ABSTRACT

Whey is a by-product obtained by desiccation of residues from the production of cheese, in Ecuador, it is evident the lack of use of this raw material to generate new products with added value that can be commercialized. Whey contains mainly proteins and lactose, being its two most important components in addition to minerals, vitamins and fat in its composition which makes it beneficial for the body, which is why in this study the elaboration of a nutritional supplement based on whey is pointed out taking advantage of the proteins it contains to transform them into high purity powder. For which a completely random design was made with two factors: the inlet drying temperature of the atomizer (180-195 °C) and the feed flow rate (8-9-10Hz) to spray the protein concentrate. Likewise, through the interaction of these factors, it is appropriate to analyze the influence of these on the final percentages obtained from (fat, protein and humidity), thus establishing the method with which to be achieved greater protein percentage, with which 3 repetitions will be carried out to obtain a greater standardization of the results, the highest protein content was obtained using a temperature of 195 °C and a feed flow of 9Hz parameters that managed to reach 80% protein powder, on the other hand a temperature of 180 °C and a flow of 8Z fail to spray the protein particles in the drying chamber of the atomizer.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PROBLEMA

En el Ecuador, se evidencia la falta de aprovechamiento del lacto suero para generar nuevos productos con valor agregado que puedan ser comercializados y una fuente que genere ingresos económicos a la industria en general. Un 10% de este lacto suero es utilizado para la alimentación animal, y como ingrediente de productos lácteos mientras que el 90% del mismo es desechado, lo que contribuye a aumentar la contaminación ambiental (Mendoza & Gonzales, 2018).

Por tanto, este desecho representa una pérdida estimable para la industria láctea, tal como la ley lo estipula este lacto suero debe ser tratado mediante procesos en plantas de tratamientos residuales antes de enviarlo a las plantas de agua de tratamiento convencional.

Además, el desconocimiento y la falta de información en cuanto al manejo del lacto suero en el Ecuador incide a que exista poca investigación acerca de las nuevas tecnologías del procesado de alimentos, lo que ha provocado altos costos de producción causando una baja productividad en las empresas dedicadas a la producción de lácteos.

Al mismo tiempo, en Ecuador no se evidencia producción de este tipo de subproductos derivados del suero que pueden satisfacer un mercado específico y potencial deportivo lo que lo ha vuelto una fuente de importación con un acceso limitado.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La agroindustria dentro del campo de la alimentación en Ecuador ha presentado grandes cambios que contribuyen a la innovación de productos a partir de materias primas tradicionales y nuevos productos que son fuente de comercialización y llegan a ser fuentes de exportación engrandeciendo así el mercado.

Un suplemento nutricional a base de suero de leche representa un valor biológico alto en cuanto a proteínas, lo que contribuye a una mejor absorción en el organismo. El Lacto suero es un producto obtenido por la desecación del residuo de la fabricación del queso, la cuajada, la caseína o procedimientos similares. En estos procesos se extrae por coagulación la grasa y la caseína. El suero contiene, por lo tanto, lactosa (63-70%), proteínas solubles (10-12%, albúminas y globulinas) y cenizas (8-12%) lo que constituye un (50-55%) de los nutrientes de la leche (Huertas, 2009).

El lacto suero al llegar a convertirse en polvo, eleva sus propiedades nutricionales ya que aumenta el porcentaje proteico lo que permite una mejor absorción, y fácil ganancia de masa muscular gracias a esto se vuelve ideal para combinarse en mezclas nutricionales para satisfacer un mercado demandante competitivo de productos de fácil preparación y consumo.

En el presente estudio se puntualiza la elaboración de un suplemento nutricional a base de suero aprovechando las características que hacen del suero lácteo, nutritivo y beneficioso para el organismo, estableciendo su metodología y los parámetros requeridos, además de los análisis respectivos físicos químicos para obtener un producto de calidad.

Con la obtención del suplemento nutricional se podrá dar un valor agregado al lacto suero además de aprovechar las propiedades que posee, para beneficiar de manera positiva a las personas que lo consuman tanto como fuente de proteína o parte de una dieta alimenticia.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar un suplemento nutricional a partir de lacto suero para deportistas adultos.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar mediante análisis físico químico el suero de leche proveniente de la elaboración de queso fresco
- Obtener suero concentrado y deslactosado.
- Evaluar parámetros del proceso de la elaboración de suero en polvo.

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 Hipótesis Nula**

**H<sub>0</sub>**=. El concentrado proteico en polvo no se ve afectado nutricionalmente por el método de secado por spray dryer aplicado.

### **1.4.2 Hipótesis Alternativa**

**H<sub>a</sub>**=. El concentrado proteico se ve afectado nutricionalmente por el método de secado por spray dryer aplicado.



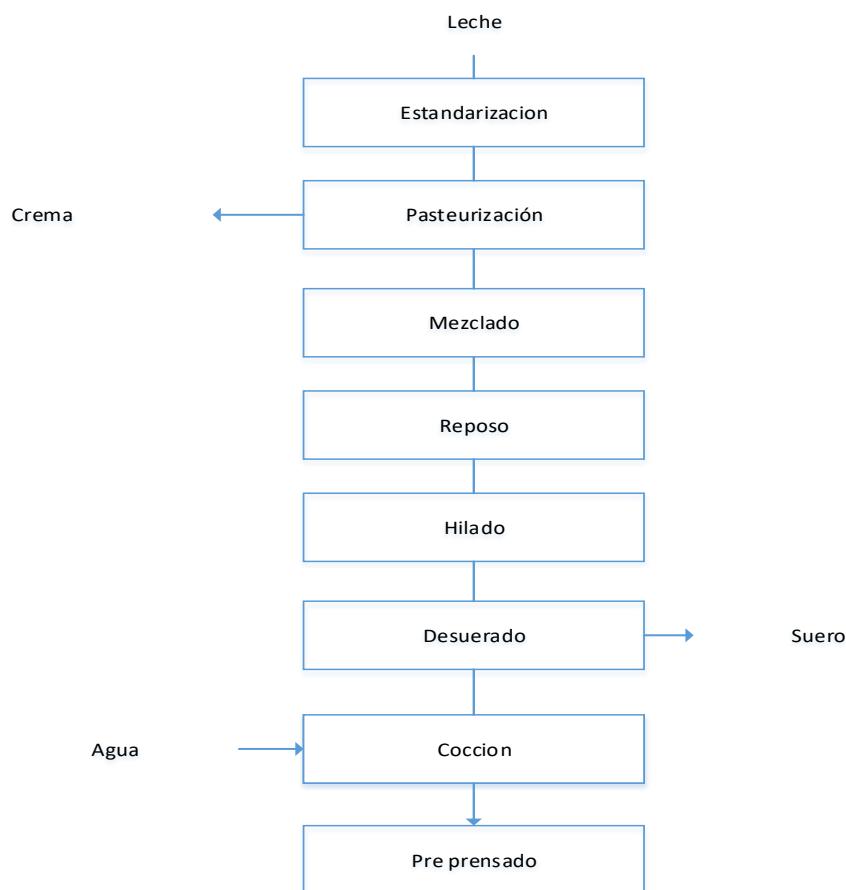
## II MARCO TEÓRICO

### 2.1 SUERO DE LECHE

Es un producto obtenido por secado de residuos de la elaboración de queso. En estos procesos, la grasa y la caseína se extraen mediante coagulación. Por tanto, el suero contiene lactosa (63-70%), proteína soluble (10-12%, albúmina y globulina) y cenizas (8-12%).

#### 2.1.1 OBTENCIÓN DEL SUERO

El suero de leche es un subproducto líquido derivado a partir del procedimiento de la leche en la elaboración de queso.



**Ilustración 1** Flujo de operaciones para la obtención de suero

La leche utilizada en la producción de queso se estandariza a un contenido de grasa de entre 2,5% y 3,5%, dependiendo del tipo de queso a producir.

Luego de la estandarización se ejecuta la pasteurización de la leche, realizándose un tratamiento térmico que generalmente es de 72°C por 15 segundos y que tiene el propósito de inactivar las bacterias contaminantes propias de la leche.

Posteriormente, la leche se enfría a una temperatura de 30°C y se inocula con un cultivo de bacterias generalmente ácido lácticas para bajar su pH y darle al producto final un sabor específico, y se agrega cuajo. El cuajo es una mezcla de cuajo y pepsina, que puede inducir la coagulación de la caseína y formar una red alrededor de los glóbulos de grasa de la leche. La coagulación se lleva a cabo en dos etapas, primero es la hidrólisis de la  $\beta$ -caseína, y luego las etapas de aglutinación y sinéresis, en las que las moléculas de caseína se juntan alrededor de los glóbulos de grasa. Tras introducir el cuajo, se expone a una temperatura de 30°C durante 30 minutos. Durante este tiempo, se hidrolizó del 70% al 90% de la  $\beta$ -caseína.

### **2.1.1. TIPOS DE SUERO**

En el mercado se comercializan dos tipos de sueros: dulce y ácido. El suero dulce resulta de la fabricación de quesos duros y es la más habitual en España. El suero ácido se puede obtener en la producción de queso de pasta blanda y queso fresco, y también se puede obtener como residuo de la fabricación de caseína (suero de caseína). En el primer caso, la acidez solo corresponde al ácido láctico producido a partir de lactosa por las bacterias del ácido láctico añadidas en el proceso. Luego, el ácido láctico se neutraliza con cal o hidróxido de sodio, lo que aumenta el contenido de cenizas del producto ya alto. En el suero de la caseína, un fragmento de la acidez es inorgánica (ácido clorhídrico y ácido sulfúrico). A veces se venden dos sueros ácidos con el mismo nombre.

En conjunto, los sueros dulces se consideran de mayor calidad nutritiva que los ácidos por su mayor palatabilidad y su mayor contenido en proteína (2 ud porcentuales). Además, en los sueros ácidos el porcentaje en lactosa es menor (2 ud) y superior en ácido láctico (3-5 ud). En el proceso de obtención de los sueros dulces sólo se usan fermentos, por lo que en general el nivel de minerales, sodio y cloro es bajo. Los sueros dulces suelen ser más fluidos y más posibles de manejar. (FEDNA, Lactosuero Acido, 2017).

**Tabla 1**

*Tipos de Suero Lácteo*

COMPONENTE	S. DULCE	S. ACIDO
Humedad	93-94	94-95
Ph	6.0-6.6	4.3-4.7
Grasa	0.2-0.7	0.04
Proteínas	0.8-1.0	0.8-1.0
Lactosa	4.5-5.0	4.5-5.0
Sales Minerales	0.05	0.4

Fuente: (Callejas Hernández, Prieto García, Reyes Cruz, Marmolejo Santillan, & Mendez, 2012)

### 2.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Al simbolizar cerca del 90% de la leche, este suero lácteo contiene la mayor porción de sus componentes, aunque su composición cambia dependiendo del origen de la leche y del tipo de queso producido.

**Tabla 2**

*Macro minerales*

Humedad	Cenizas	PB	EE	Grasa verd. (%EE)
4.4	12.0	9.4	0.9	95

Ca	P	Pfítico	Pdisp.	Pdig. Av	Pdig. Porc
1.60	0.91	0.00	0.91	0.82	0.82
Na	Cl	Mg	K	S	
0.90	1.90	0.15	2.20	0.30	

**Tabla 3**

*Micro minerales y vitaminas (mg/Kg)*

Cu	Fe	Mn	Zn	Vit. E	Biotina	Colina
3	8	4	15	0	0.36	1820

Fuente: (FEDNA, Lactosuero Acido, 2017)

### 2.1.3. PROTEÍNAS DEL SUERO

Afirma (Poveda, 2014), que estudios in vitro han demostrado que las proteínas séricas (como la  $\alpha$ -lactoalbúmina y la  $\beta$ -lactoglobulina) pueden unirse al calcio, lo que interfiere con su biodisponibilidad. Al igual que la calmodulina, la  $\alpha$ -lactoalbúmina se une firmemente al calcio, pero estos efectos no parecen ser obvios en el cuerpo (20, 54, 55). Además de la relación entre la proteína sérica y el calcio presente en la fracción láctea, también hay evidencia de que los componentes de la proteína sérica (refiriéndose a la  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, albúmina, inmunoglobulina y contenido proteico de sustancias biológicamente activas) proporcionan un efecto positivo en la salud ósea (56) porque estimulan el crecimiento y la diferenciación de las células óseas in vitro e inhiben la resorción ósea en ratas ovariectomizadas (OVX). La relación de estas proteínas con el metabolismo óseo en ratas OVX se asocia al aumento en el hueso de proteínas como el colágeno, a la perfeccionamiento en la fuerza de rotura ósea (fuerza y energía), y a la activación de los osteoblastos. Otros estudios verificados en ratas en crecimiento, muestran que la nutrición con un complejo de minerales de suero ácido de leche da como consecuencia una

mayor densidad mineral ósea y una disminución en los niveles de hormona paratiroidea después de 28 días de su consumo. De entre los minerales, el contenido de fósforo y magnesio, pueden ser los elementos más distinguidos para una mejor absorción y manejo del calcio a nivel fisiológico.

#### **2.1.4. USOS DEL SUERO**

Las proteínas de suero de leche son usadas ampliamente en una diversidad de alimentos debido a sus propiedades gelificantes y emulsificantes, siendo la  $\beta$ -lacto globulina el primordial agente gelificante.

Según (Huertas, 2009) la aplicación del suero lácteo se divide en:



**Ilustración 2** Aplicaciones del Suero Lácteo

### **2.1.5.1. Tipos de Quesos**

Con los avances en la tecnología de lácteos, nuevos ingredientes como leche en polvo, lacto suero en forma de polvo o concentrados de proteína de lacto suero (WPC) están ahora aprovechables para la incorporación dentro del proceso del queso. La adición de lacto suero en la elaboración de queso es limitada, al agregar la proteína coagulada o en forma de concentrado se obtuvo un aumento en el rendimiento, y originó alteraciones importantes en la textura, cuerpo y porcentaje de humedad, como se ha demostrado en investigaciones llevadas a cabo en queso Cheddar. A varios tipos de quesos madurados han sido añadidos WPC con desiguales rendimientos, por ejemplo: queso tipo Camembert añadiéndose 1% de WPC, se ha obtenido un rendimiento de 30%, queso Saint-Paulin al cual se le amplificó 5,56% de proteína se logró 12% de beneficio, queso suave tipo Camember con 1% de WPC se alcanzó un rendimiento máximo de 30%.

### **2.1.5.2. Bebidas**

Son un tipo de bebidas con una larga vida útil las cuales en su composición poseen el 50% de suero ácido, mediante las pruebas realizadas se determina que estas bebidas son más constantes, ya que revelaron tolerancia al tratamiento térmico y un ciclo de almacenamiento más extenso.

El aprovechamiento del lacto suero realza la rentabilidad de la acción de los queseros, estando que en los últimos años se han desarrollado alternativas para la recuperación de los nutrientes de alta calidad (Ripol, 2009).

## **2.2. SUERO EN POLVO**

La fabricación de productos a base de suero como el concentrado de proteína de suero y la lactosa en polvo, requiere una tecnología de proceso avanzada. El suero no solo contribuye un mayor valor nutricional y mejora de la textura a los alimentos, sino que también aumenta la sostenibilidad al reciclar grandes cantidades de agua que de otro modo se perderían.

### 2.2.1 COMPOSICIÓN DEL SUERO DE LECHE EN POLVO

La composición del suero lácteo en polvo se detalla en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Composición del suero en polvo*

Criterios	Contenido mínimo	Contenido de referencia	Contenido máximo
Lactosa	n.s	61.0%(m/m)	n.s
Proteína láctea	10.0%(m/m)	n.s	n.s
Grasa láctea	n.s	2.0%(m/m)	n.s
Agua	n.s	n.s	5.0% (min)
Ceniza	n.s	n.s	9.5%(min)
pH (solución al 10%)	>5.1	n.s	n.s

Fuente: (ALIMENTARIUS, 2018)

### 2.2.2 SUERO CONCENTRADO

Los concentrados de proteína de lacto suero (WPC) son elaborados por la ultrafiltración que reside de una membrana semipermeable, la misma que selectivamente consiente en pasar materiales de bajo peso molecular como agua, iones y lactosa, mientras separa materiales de peso molecular alto como la proteína. El retenido producto del proceso es concentrado por vaporización y liofilizado. La mayoría de los WPC en el mercado contienen 34-35% u ~80% de proteína En la Tabla. Los WPC que contienen ~35% de proteína son elaborados como suplentes de leche descremada, y son usados en la fabricación de yogurt, queso procesado, bebidas, salsas, fideos, galletas, helados, pasteles, derivados lácteos, panadería, carne, bebidas, y productos de formulaciones infantiles debido a las propiedades funcionales excelentes de sus proteínas y sus beneficios nutricionales ,resaltando que los WPC que tienen un 80% de proteína, son utilizados para aplicaciones como gelificación, emulsificantes y formación de espuma.

### 2.2.3 PRODUCTOS

Los concentrados de proteínas del lacto sueros procedentes de la industria se pueden clasificar dependiendo el contenido proteico que estos contengan como se muestra en la **tabla 5**.

**Tabla 5**

*Porcentajes Proteicos de los productos a base de suero lácteo*

Tipos de Proteína	%
WPC de Baja Proteína	25-45%
WPC de Media Proteína	45-60%
WPC de Alta Proteína	60-80%
WPI (WheyProteinIsolate)	90-95%

#### 2.2.3.1 Hidrolizados

En la dieta de hidrolizados enzimáticos ricos en oligopéptidos, principalmente di- y tripéptidos, personifican una forma de optimar el uso de la proteína. Estas elaboraciones han sido usadas en distintos países como suplementación dietética o necesidades fisiológicas, para personas de la tercera edad, bebes prematuros, atletas que vigilan el peso a través de dietas y niños con diarrea. Las proteínas hidrolizadas tienen mucha demanda debido a que los aminoácidos proporcionados por los hidrolizados de proteína son rápidos y completamente absorbidos a nivel digestivo a diferencia de la proteína intacta sin hidrolizar.

Entre las proteínas que son usadas para la elaboración de hidrolizados están: aislado de caseinato, y la proteína de leche. Por tanto, en países subdesarrollados, la proteína debe ser importada causando incremento en los costos (Huertas, 2009).

#### 2.2.3.2 Aislados

Los aislados de proteína del suero de leche (WPI) tienen como características significativas un 90% de proteína y entre 4-5,5% de agua. Por su alta pureza, los WPI son usados extensivamente



en suplementación nutricional, bebidas deportivas y medicinales. Estos productos son empleados como proteínas de alimentos funcionales debido a sus propiedades de hidratación, gelificación, emulsificación, y características para formación de espuma de WPI (Whey Protein Isolate) además, estos productos son elaborados para la aplicación de agentes complejitas específicos los cuales se enlazan con proteínas, permitiendo su eliminación del suero de leche, utilizando absorbentes como carboxy-metil celulosa u óxidos inorgánicos.

### ***2.2.3.3 Formulas Infantiles***

La elaboración está principalmente basada en leche de bovinos y sus derivados como un sustituto de la leche humana. La aparición de fórmulas infantiles basadas en lacto suero simulando la leche humana se remonta en los años 70, lo que desato la atención de estos nuevos productos siendo así el inicio de las fórmulas infantiles combinando igual cantidades de leche descremada, lacto suero desmineralizado y nuevos componentes como vitaminas, minerales, taurina, nucleótidos entre otros.

## **2.3 SUPLEMENTO NUTRICIONAL**

Alimentarse es una de las necesidades primordiales de la persona y el primer paso en el proceso de la nutrición. La disponibilidad de los alimentos ha de ser bastante para toda la sociedad y estará adaptada a factores individuales tales como: sexo, edad, ritmo de crecimiento, actividad física realizada, y madurez.

Una dieta que contenga todos los nutrientes necesarios, en las porciones adecuadas tendrá equilibrio entre el aporte de nutrientes y las características requeridas por el organismo para compensar una necesidad y colaborar a un buen estado de salud y una capacidad optima agradable. (Guía de actuación en situaciones de sobrepeso y obesidad. Pierde peso, no salud, 2009).

### 2.3.1 NECESIDADES NUTRICIONALES PARA DEPORTISTAS

Se puede delimitar al ejercicio como un trabajo muscular incrementado y clasificarlo como anaerobio (de alta velocidad), aeróbico (de resistencia) o resistivo (entrenamiento de fuerza). Una suplementación con cantidades adecuadas de proteína, hidratos de carbono, creatina, grasas y Vitaminas, mejora las funciones para un mejor beneficio, los requerimientos nutricionales se detallan en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Requerimientos Nutricionales para deportistas*

Nutrientes	%
Hidratos de Carbono	50-55
Proteínas	12-15
Grasas	30-35
Vitaminas	0.3-0.5

Fuente: (Burke, 2007)

#### 2.3.1.1 Macro nutrientes

##### a) Proteínas

Las proteínas son moléculas importantes porque desempeñan funciones estructurales y regulatorias en el cuerpo, se componen por aminoácidos, los mismo que muestran en su estructura un grupo amino, un grupo carboxilo y un radical que difiere entre aminoácido.

- Funciones de los aminoácidos:
- Síntesis proteica(sustratos)
- Regulador recambio proteico
- Neurotransmisor
- Regulador de la transcripción

La oxidación de aminoácidos en deportistas de aguante es alrededor de de entre 1 y 6% del costo total energético del ejercicio. Por ende, una dieta que domine 1g Proteína/kg peso corporal es suficiente para satisfacer las necesidades diarias de un deportista de resistencia. Es importante pensar una ingesta adecuada de carbohidratos, de lo contrario esta cifra puede aumentar. El requerimiento para un deportista de alto rendimiento es de 1,6gPRO/kg/d. (Mark, 2004).

### **b) Carbohidratos**

Los hidratos de carbono o carbohidratos son el principal arranque de energía para el organismo humano, por ser la más habitual y más barata en el mundo, son compuestos orgánicos cuya molécula está compuesta por tres elementos simples, el carbono, el oxígeno y el hidrógeno.

Los carbohidratos logran obtener mejoras a nivel motor inclusive desde su primera etapa de digestión, esto puede exponer la importancia de desarrollar suplementos con azúcares de disímiles fuentes como pueden ser monosacáridos.

### **Tabla 7**

#### *Tipos de Carbohidratos*

Tipos de carbohidratos	Definición
Monosacáridos	Fuente primordial de combustible a nivel muscular. (Glucosa)
Disacáridos	Consiguen absorberse en el organismo (glucosa-fructosa)
Polisacáridos	Desarrollados por la unión de varios monosacáridos, son la principal forma en la cual se consumen los hidratos de carbono en la dieta.

Fuente: (Manuel, 2005)

### **c) Lípidos**

También están aceites o grasas que se localizan principalmente en los alimentos en forma de triglicéridos, que están hechos por una molécula de glicerina y tres ácidos grasos. Su rendimiento energético es de 9kcal/gramo.

Según (Manuel, 2005), los ácidos grasos se pueden catalogar en tres grandes tipos: saturados, mono insaturado, poliinsaturados. La discrepancia principal entre ellos es si presentan mono insaturaciones (dobles enlaces) dentro de su estructura y la cantidad de insaturaciones que presentan. A modo de guía se pueden aludir como ácidos grasos saturados el ácido palmítico y esteárico; monos insaturados como el ácido oleico y poliinsaturados el ácido linoleico y linoleico llamados también Omega 6 y 3 respectivamente.

Desde lo deportivo, los lípidos son importantes ya que desempeñan funciones como componentes de las membranas y estructuras celulares. Este punto determina en gran medida la elasticidad y rigidez de las células musculares y sanguíneas. Además, desempeña función de sustrato energético en la contracción muscular sobre todo en ejercicios largos de más de una hora, cuyas intensidades son medias o bajas. De esta forma, existe ahorro de glucógeno muscular consiguiendo así un mayor beneficio deportivo.

### ***2.3.1.3 Micronutrientes***

#### **a) Calcio**

El calcio es un elemento importante en la regulación del electro conductividad celular y cumple un rol transcendental en la coagulación sanguínea. Cerca de entre el 20 y el 60% del calcio es absorbido y está estrechamente regularizado debido a la necesidad de establecer los correctos equilibrios plasmáticos independientemente de la ingesta. (Mahan & Escott-Stump, 2008)

En deportes enfatiza su importancia en la contracción muscular y sus funciones nerviosas además de su función estructural en huesos. (Manuel, 2005)

#### **b) Magnesio**

El magnesio es un cofactor significativo en muchas reacciones enzimáticas, así como también, en el metabolismo de los huesos y en funciones cardiovasculares. Varios de estos métodos

regularizados por el magnesio implican la síntesis de ácidos nucleicos y el metabolismo de nutrientes. (Mahan & Escott-Stump, 2008)

A nivel deportivo recalca su función en el tejido muscular, operando en la contracción muscular junto al calcio y en la excitabilidad nerviosa. (Manuel, 2005)

Sugiere (Andre, 2006) que una provisión adecuada de magnesio para un deportista de resistencia es de 6mg/día por kg peso corporal.

### **c) Ayudas Ergo génicas**

Son una medida, de cualquier cualidad, encaminada a conservar en lo posible el nivel de prestación deportiva, que resta las expresiones objetivas y subjetivas de la fatiga y que no coloca en peligro la salud de quien hace deporte. (Manuel, 2005)

### **d) Creatina**

La creatina es una de las ayudas ergo génicas ampliamente investigada y corresponde a un aminoácido derivado normalmente en el cuerpo a partir de arginina, glicina y metionina. La mayoría de la creatina de la dieta se encuentra en la carne, pero la mitad de la creatina necesaria en el cuerpo es cedida por el hígado y los riñones.

Debido a que la creatina es un aminoácido, diferentes autores proponen que la suplementación podría causar estrés a nivel renal o problemas hepáticos, pero no existen estudios que avalen este hecho. Además, existen estudios que señalan que no existe este tipo de efectos cuando se suplementa con la dosis recomendada de 5g/día. (Mahan & Escott-Stump, 2008).

## **2.3.2 TRATAMIENTO**

Según (Ripol, 2009) para adquirir un beneficio concreto se debe tomar en cuenta las características del proceso a seguir como se detalla a continuación.

### ***2.3.2.1 Concentración por evaporación***

La concentración por evaporación reside en hervir el producto hasta que este logre una concentración de aproximadamente 6.5% a una concentración de entre 50-60% este proceso requiere energía la misma que se encuentra en forma de vapor de agua a presión reducida. Para reducir la cantidad de vapor necesaria para ejecutar la operación, el evaporador de suero se diseña como un evaporador de múltiple efecto.

### ***2.3.2.2 Concentración por tratamiento de membranas***

Esta operación por sobre la concentración en evaporadores se da por el hecho de que el suero no recibe ningún tratamiento térmico, bajando el nivel de estrés y desnaturalización de las proteínas. Sin embargo, debido a que esta técnica de concentración es más cara, no se utiliza para obtener suero concentrado, sino que se profundiza en la obtención de proteínas de suero concentradas, usualmente denominadas WPC (WheyProteinConcentrate / Concentrado de proteínas del suero). Este trabajo utiliza principalmente ultrafiltración, basado en la separación de los compuestos en sus diversos tamaños de molécula. Los compuestos se van separando a medida que sufren una acción filtrante a través de membranas con tamaños de poro controlados.

Previo a la ultrafiltración, el suero líquido pasa por una etapa de micro filtración para la eliminación de bacterias y glóbulos de grasa, a través de membranas con poros relativamente grandes, de más de 0,1  $\mu\text{m}$ . Luego la ultrafiltración es utilizada para la separación de las proteínas de suero. Al concentrado de proteínas, es decir la fracción del líquido que no fue filtrada, se la denomina retentado, mientras que, a la solución de agua, lactosa, minerales y varios pequeños compuestos que alcanzaron pasar a través de los poros se la designa permeado.

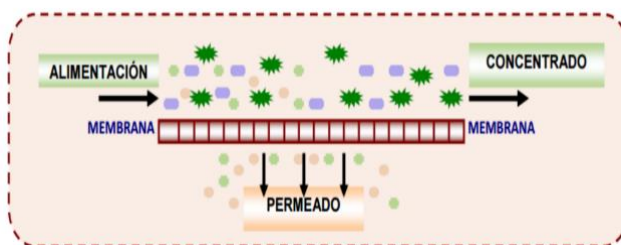
Las membranas utilizadas para cada proceso de desviamiento se eligen dependiendo el equipo y las especificaciones de las materias primas a separar tal como se detalla en la **tabla 8** algunos procesos que se llevan a cabo utilizando membranas.

**Tabla 8**

*Clasificación de los diferentes procesos de membrana*

	Micro filtración	Ultrafiltración	Nano filtración	Osmosis Inversa
Diámetro de poro	0.1-10 $\mu\text{m}$	1 – 100nm	1nm	<0.5 nm*
Especies Retenidas	partículas	Macromoléculas	Pequeñas Moléculas	Sales
	Coloides	Coloides	Masa molecular de 300g/mol	
Mecanismo de transferencia	Capilar	Capilar	Solubilización – difusión +capilar	Solubilización - difusión
Presiones Aplicadas	0.2 – 2	2 – 10	10 - 40	30 - 80
Caudales Específicos	150 – 1500	40 – 200	50 - 100	10 - 60
Consumo Energético		<1kwh/m <sup>3</sup>	0.5 a 2kwh/m <sup>3</sup>	2 a 10kwh/m <sup>3</sup>
Procesos concurrentes	Centrifugación	Precipitación Química	Intercambio Iónico	Evaporación
	Filtración sobre diatomeas	Cromatología sobre gel Diálisis	Cromatografía	Electrodiálisis Intercambio Iónico

Fuente: (PortalLechero.com, 2019)



**Ilustración 3** Filtración por membranas

Este procedimiento conserva el valor proteico del suero de leche conservando las proteínas y evitando la desnaturalización de las mismas por efectos del calor. La constitución de los

concentrados de proteína de suero depende tanto de las propiedades de la membrana como de la duración del proceso de filtrado. Mediante ultrafiltración es posible producir diversos tipos de WPC, con contenidos de proteína que van entre 25-80% del total de sólidos. (Mark, 2004).

**Tabla 9**

*Métodos para concentrar el suero de leche*

<b>Concentración por Evaporación</b>	<b>Concentración por Membranas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta cantidad de energía, ya que se debe hervir el producto para llevarlo de una concentración de 6,5% de sólidos a una concentración del 50-60%.</li> <li>• Para reducir la cantidad de vapor necesaria para realizar la operación, el evaporador de suero se traza como un evaporador de múltiple efecto.</li> <li>• Dos o más unidades operan progresivamente a menores presiones, incitando un declive progresivo de la temperatura de ebullición.</li> <li>• El vapor de agua desprendido del primer efecto ordinariamente se usa para elevar la temperatura del suero a medida que pasa al siguiente efecto, y así sucesivamente.</li> <li>• El vapor de agua liberado del primer efecto universalmente se usa para elevar la temperatura del suero a medida que pasa al sucesivo efecto, y así progresivamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El suero no recibe ningún tratamiento térmico, reduciendo el nivel de estrés y desnaturalización de las proteínas.</li> <li>• Usa especialmente ultrafiltración, basando la separación de los compuestos en sus diversos tamaños de molécula. La separación se lleva realiza a través de membranas semipermeables, con un gradiente de presión hidrostática como fuerza propulsora.</li> <li>• Previo a la ultrafiltración, el suero líquido pasa por una etapa de microfiltración para la eliminación de bacterias y glóbulos de grasa, a través de membranas con poros relativamente grandes, de más de 0,1 <math>\mu\text{m}</math>.</li> <li>• La primordial ventaja de este proceso es que la proteína se mantiene en su forma nativa, sin ningún efecto originado por la temperatura o acidez</li> </ul>

Debido a estas diferencias entre los dos métodos se decidió trabajar concentrando el suero por el método de membranas en un Equipo de celda CF042SS.

### **2.3.2.3 Secado**

La operación de secado puede ser vista como una continuación de la operación de concentrado, con el propósito de producir un producto estable, de baja humedad y con buenos atributos desde



el punto de vista funcional y nutricional. El secado tanto del suero concentrado como del concentrado de proteínas se realiza de la misma forma que el secado de la leche, es decir a través de un trabajo de secado en rodillos o secado Spray dryer.

#### ***2.3.2.4 Secador Spray***

El secador Spray más manejado en este tipo de secados es el de tres etapas. Este secador está compuesto por una cámara de secado, un lecho fluidificado interno y uno externo. La delantera de este tipo de aparatos es que son muy eficientes energéticamente y ocupan poco espacio. El concentrado, conteniendo cristales de lactosa, ingresa a la cámara a través de un atomizador, el cual produce gotas que varían en tamaño. Dentro de la cámara, las gotas sufren la extracción de su contenido de humedad mediante el bombeo de aire caliente. El aire que ingresa a la cámara de secado se encuentra a una temperatura de 150-250°C, y remueve el agua de las gotas de concentrado durante el secado. Sin embargo, la temperatura de las partículas nunca excede los 65-75°C. Las partículas se secan dentro de la cámara hasta un contenido de humedad de alrededor del 6% (Barragan, 2014). El aire de secado que escapa de la cámara arrastra consigo partículas muy pequeñas de producto, las cuales son recogidas en un ciclón y devueltas a la cámara de secado en donde participan en un proceso de aglomeración. Las partículas ya secas son llevadas a través de un lecho fluidificado dentro de la cámara de secado hacia un lecho fluidificado en el exterior de la misma. La zona externa está formada por una cubierta perforada en su parte inferior, en donde ingresa aire a aproximadamente 100°C, minorando aún más el contenido de una humedad, hasta un se inyecta aire frío para bajar la temperatura del producto final, y se lo envasa en bolsas impermeables al aire (Cozzi & Araujo, 2016).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación experimental con un enfoque inferencial, con el propósito de evaluar un producto con agregación de valor, elaborado a partir de lactosuero a escala laboratorio.

#### 3.2 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Unidades Edu-productivas de la carrera de agroindustria en la planta piloto de procesos agroindustriales y en los laboratorios Seilaboratory ubicados en Quito, las condiciones de los lugares utilizados se muestran en la tabla:

**Tabla 10**

*Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación*

Provincia	Imbabura
<b>Cantón</b>	Ibarra
<b>Altitud</b>	2247 m.s.n.m
<b>Humedad Relativa Promedio</b>	73%
<b>Pluviosidad</b>	503-1000 mm. año
<b>Sitio 1</b>	Unidades Edu-productivas Agroindustrias

Fuente: (INAMHI, 2018)

#### 3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

##### 3.3.1 Materia prima e insumos

- Suero de leche de queso fresco
- Agua destilada
- Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ )
- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ )
- Agua

### 3.3.2 Equipos y Materiales de Laboratorio

#### Equipos

- Centrifuga (modelo LWA 205-19discos)
- Ultra filtro (Equipo de celda CF042SS)
- Secador spray dryer (FT80)
- Balanza gramera (capacidad máx. 5000g)
- Termómetro de mercurio
- Refractómetro ABBE
- Balanza Infrarroja ADAM (capacidad máx. 50g)

#### Materiales

- Bidones 20 litros
- Tela lienzo (0.1 diámetro de poro)
- Jarras de plástico (1 – 2 litros)
- Cucharas
- Balde plástico (capacidad 20litros)
- Papel filtro (11um)
- Bureta 250ml
- Olla Mediana Inducción (4litros)
- Batidora de mano (mezclador)
- Cocina Inducción
- Embudo (30 cm de diámetro)
- Membranas de filtración (10 - 100 kda)
- Fundas herméticas (zip-zap)

## 3.4 MÉTODOS

### 3.4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICO DEL SUERO DE LECHE

La caracterización del suero de leche de queso fresco obtenido de la Industria Láctea Floralp, permitió determinar el valor agregado que se puede obtener mediante la producción de un suplemento nutricional. Para esto se tomó una muestra del suero, a la cual se le realizó los análisis físico - químicos correspondientes tales como pH, grasa, proteína, acidez y crioscopia que son las variables relevantes para la elaboración del producto planteado.

#### 3.4.1.1 Análisis Físico químico

La toma de la muestra de suero de leche, fue sometida a un análisis proximal conforme se representa en la **tabla 11**.

**Tabla 11***Análisis Físico Químico del lactosuero*

Análisis	Método	Norma	Unidad
Crioscopia	Ecomilk	-	°C
pH	pH-Metro Digital	AOAC 973.41	AD
Grasa	Gerber	NTE INEN 12	%
Proteína	Kjeldahl	NTE INEN 16	%
Acidez titulable	Acidez titulable - Grados Dórníc	AOAC 954.07	%

*Nota.* Análisis a realizarse en la materia prima (suero de leche).

### 3.4.2. OBTENCIÓN DE SUERO CONCENTRADO Y DESLACTOSADO

Una vez recolectado el suero de leche en bidones de 20 l, fueron colocados en el cuarto frío del laboratorio de lácteos de las unidades edu productivas, a una temperatura de 7°C, para continuar el proceso utilizando operaciones unitarias.

#### 3.4.2.1 Operaciones unitarias del proceso

Las operaciones unitarias que estuvieron presentes durante el proceso para la obtención del suero concentrado se detallan a continuación con las especificaciones de los equipos usados.

**Tabla 12***Requerimientos para las operaciones unitarias del proceso*

OPERACIÓN	EQUIPO	ESPECIFICACIONES
Pre filtrado	Tela lienzo	Diámetro de poro de 0.1mm
Centrifugado	Centrifuga, modelo LWA 205	Numero de Discos 19
Micro filtración	Equipo Celda CF042SS	Membranas papel filtro I
Ultrafiltración	Equipo Celda CF042SS	Membranas 10 – 100 um

*Nota.* Procesos para concentración del suero de leche.

### 3.4.2.2 Flujograma De Proceso

Las operaciones que se realizaron para la obtención del suero concentrado se encuentran esquematizadas en la Ilustración 4.



**Ilustración 4** Esquema de las operaciones para obtener suero concentrado.

Un parámetro de control importante en esta etapa que garantiza un pulverizado adecuado es lograr una concentración de proteína de suero entre 38 y 48 °Bx. Bajo este concepto, luego de la concentración de las proteínas del suero se caracterizó el producto obtenido mediante los análisis que se presentan en la **Tabla 13**.

**Tabla 13***Análisis físico químico del suero de leche*

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidad</b>
pH	pH-Metro Digital	AOAC 973.41	AD
Grasa	Gerber	NTE INEN 12	%

*Nota.* Análisis a realizarse en el suero de leche.

### 3.4.3 OBTENCIÓN DE SUERO EN POLVO

En la actual investigación para la evaluación de este proceso se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A\*B, con 2 variables en estudio (Temperatura y Caudal), como se muestra a continuación en la **tabla 14**:

**Tabla 14***Factores de Estudio.*

<b>Factores en estudio</b>	
Factor A	<b>Caudal (Hz)</b>
	C1 8Hz
	C2 9Hz
Factor B	C3 10Hz
	<b>Temperatura (°C)</b>
	180°C
	195°C

#### 3.4.3.1 Factores en estudio

**Factor A** (Caudal del Atomizador)

- **C1:** 8Hz
- **C2:** 9Hz
- **C3:** 10Hz

**Factor B** (Temperatura)

- **T1:**180°C
- **T2:**195°C

### 3.4.3.2. *Tratamientos*

Dentro de la experimentación se evaluaron 6 tratamientos los mismos que se muestran en la tabla 15, resultantes de la combinación de los factores mencionados, a cada tratamiento se le aplicó 3 repeticiones dando un total de 18 unidades experimentales.

**Tabla 15**

#### *Tratamientos de Experimento*

<b>Tratamiento</b>	<b>Factor A Caudal (Hz)</b>	<b>Factor B Temperatura</b>	<b>Combinaciones</b>
1	C1	T1	C1T1(8Hz, 180°C)
2	C2	T1	C2T1(9Hz, 180°C)
3	C3	T1	C3T1(10Hz, 180°C)
4	C1	T2	C1T2(8Hz, 195°C)
5	C2	T2	C2T2(9Hz, 195°C)
6	C3	T2	C3T2(10Hz, 195°C)

*Nota.* **C:** Caudal Secado, **T:** Temperatura de Secado

### 3.4.3.4 *Análisis de varianza*

Para analizar los datos obtenidos de forma experimental se procedió a utilizar un Análisis de varianza (ADEVA).

**Tabla 16**

#### *Esquema del ADEVA*

FV	GL
TOTAL	17

TRATAMIENTOS	5
F. % DE SUERO	2
F. TEMPERATURA	1
I Ax B	2
ERROR EXPERIMENTAL	<b>12</b>

### 3.4.3.5 Análisis Funcional

Al detectarse diferencia significativa entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

### 3.4.3.6. Variables de respuesta evaluadas

Una vez obtenidos los 18 tratamientos a partir de las dos variables del experimento, fueron sometidos a los análisis de humedad, grasa y proteína para determinar el mejor tratamiento, que se espera sea el que contenga el mayor porcentaje proteico, de tal manera que se encuentre dentro de los parámetros de un suplemento nutricional que se pueda denominar polvo de alta pureza.

### Tabla 17

*Análisis Físico Químicos producto terminado.*

Análisis	Método	Norma
Humedad	Termo Gravimétrico	AOAC 7.007
Grasa	Gerber	NTE INEN 12
Proteína	Kjeldahl	NTE INEN 16

*Nota.* Análisis a realizarse al producto final.

### 3.4.4 SUPLEMENTO NUTRICIONAL

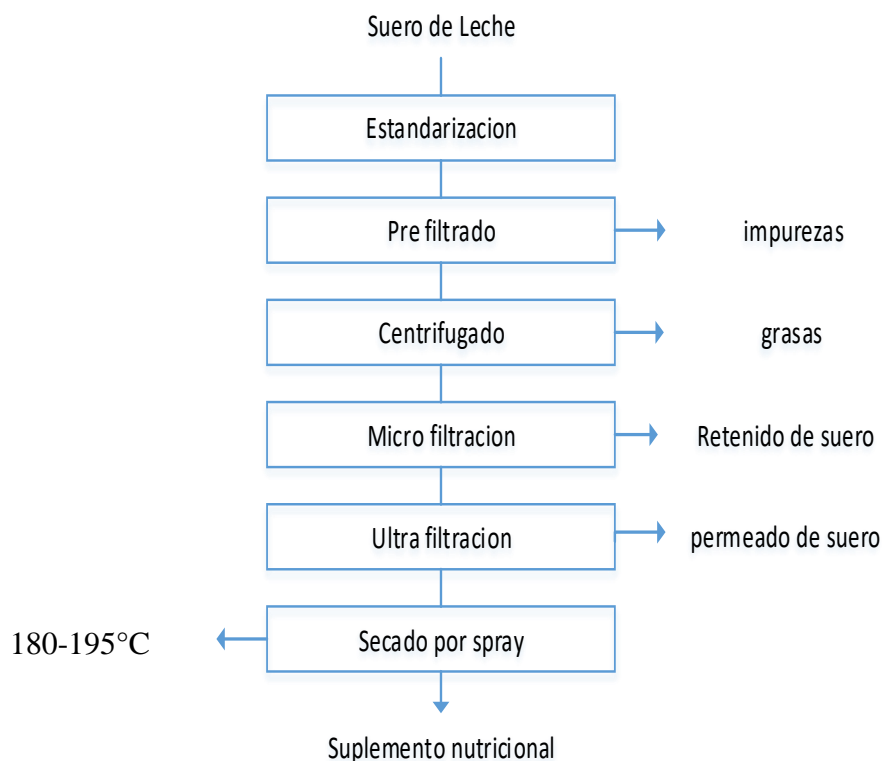
Una vez obtenida la proteína en polvo como resultado de los procedimientos anteriores, será conservada en fundas herméticas de 100g, con el fin de mantener la humedad alcanzada en el atomizador, se debe indicar que dentro de la experimentación no se utilizó antiapelmazantes lo que vuelve al producto final muy higroscópico en cuanto a la formación de compactaciones por absorción de humedad ambiental.



### 3.4.4.1. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Los equipos requeridos para obtener el suplemento nutricional a base de lacto suero se definen en el siguiente flujograma.

#### 3.4.4.2. Flujograma del proceso



**Ilustración 5** Flujograma esquemático del proceso para la obtención del suplemento nutricional.

#### a) Pre filtrado

El suero es sometido a un proceso de filtrado en el que se utiliza una tela que tenga un diámetro de poro de 0.1mm, la cual servirá para retener las macropartículas que pudieran existir así se evita que la grasa esté libre de pelusas o cualquier impureza para que continúe el proceso.

#### b) Centrifugado

Una vez obtenido el suero de leche para extraer la grasa se procede a utilizar una centrifuga, en la cual se atraparé la grasa en los 19 discos que esta contiene.

### c) Micro filtración

Para poder utilizar el equipo se requiere conocer y regular el flujo del caudal de alimentación, esto se consigue ajustando la presión para lograr que los tratamientos aumenten su rendimiento en cada proceso.

#### 3.4.4.3 Descripción del módulo de Microfiltración.

En la tabla 18 se muestran las características con las que consta el equipo de microfiltración usado para la experimentación.

**Tabla 18**

*Características Técnicas de la celda CF042SS*

PARAMETRO	DESCRIPCION
Área activa de la membrana	42 cm <sup>2</sup>
Presión Máxima	69 bar – 1000psig
Temperatura Máxima	80°C
O-rings	Viton
Rango de pH	Según la Membrana
Velocidad de flujo cruzado	Variable
Material de la celda	Acero Inoxidable
Dimensiones	
Profundidad de ranura	2.28 mm
Ancho de ranura	39mm

### Proceso

Se trabajó con papel filtro, el mismo que fue cortado en rectángulos de 11.4mm \* 5.7 mm el cual se instaló en el módulo de Microfiltración.

Después de realizar varias pruebas se pudo determinar los parámetros con el cual se ejecutó la experimentación:

- Se utilizó una presión de 300 psi de entrada y 300 psi para la presión de salida, además de trabajar con un caudal de 1 litro por minuto.
- La temperatura de entrada del suero fue de 30°C, la cual aumentó tras la separación de permeado y retenido hasta 34°C durante el proceso.

Para realizar cada experimentación se cargó el tanque de alimentación con 15 litros de lactosuero restando 5 litros los cuales se fueron agregando poco a poco a medida que el tanque lo permitía.

Para poder utilizar el equipo de Ultra filtración, fue necesario cerrar la salida de reservorio y abrir la entrada y salida del sistema de filtración, abrir todas las válvulas, prender la bomba (15Hz) y cerrar el Bypass para que empiece a recircular.

Terminado el proceso de microfiltración se recuperó el permeado rico en lactosa y el retenido rico en proteína.

Para lavar la membrana se utilizó NaOH al 1%, en un recipiente de plástico en donde con cuidado se procede a quitarle a la membrana los restos del proceso.



**Ilustración 6** Papel Filtro usado para Micro ultrafiltración

#### **d) Ultra filtración**

El suero proveniente de la microfiltración, se encuentra listo para ser sometido al proceso de Ultrafiltración en donde se da lugar a la concentración de proteínas, para después realizar los análisis que determinan los porcentajes obtenidos en la proteína del suero.

#### **Parámetros Fijos**

- Se trabajó con 2.5 litros de suero pretratado para cada experimentación. Previo a empezar el proceso se cargó la alimentación con 1 litro, por 3 minutos a una presión de 100psi, esto se lo realizó debido a que el equipo presenta una pérdida en volumen de 0.5 l retenido en la tubería.
- El suero ingreso a una temperatura de 30°C, con un pH de 5.9 y 8 grados (°Bx).

### Parámetros Variables

- El proceso se trabajó con una presión de entrada de 300 psi y de salida de 280psi la misma que durante el proceso subió hasta un máximo de 400 psi de entrada y 350 psi de salida, se utilizó una membrana para ultrafiltración de 100kda, que presentaba 11.7 mm de largo por 5.7 mm de ancho.
- Se logró obtener retenido y permeado por cada experimentación los valores se detallan en la **tabla 22**, de los cuales se tomó muestras para medir concentración en grados brix.

### e) Secado

El secador Spray más utilizado en este tipo de secados es el de tres etapas. Este secador está formado por una cámara de secado, un lecho fluidificado interno y uno externo. El concentrado, conteniendo cristales de proteína, ingresa a la cámara a través de un atomizador, el cual produce gotas que varían en tamaño. Dentro de la cámara, las gotas sufren la extracción de su contenido de humedad mediante el bombeo de aire caliente.

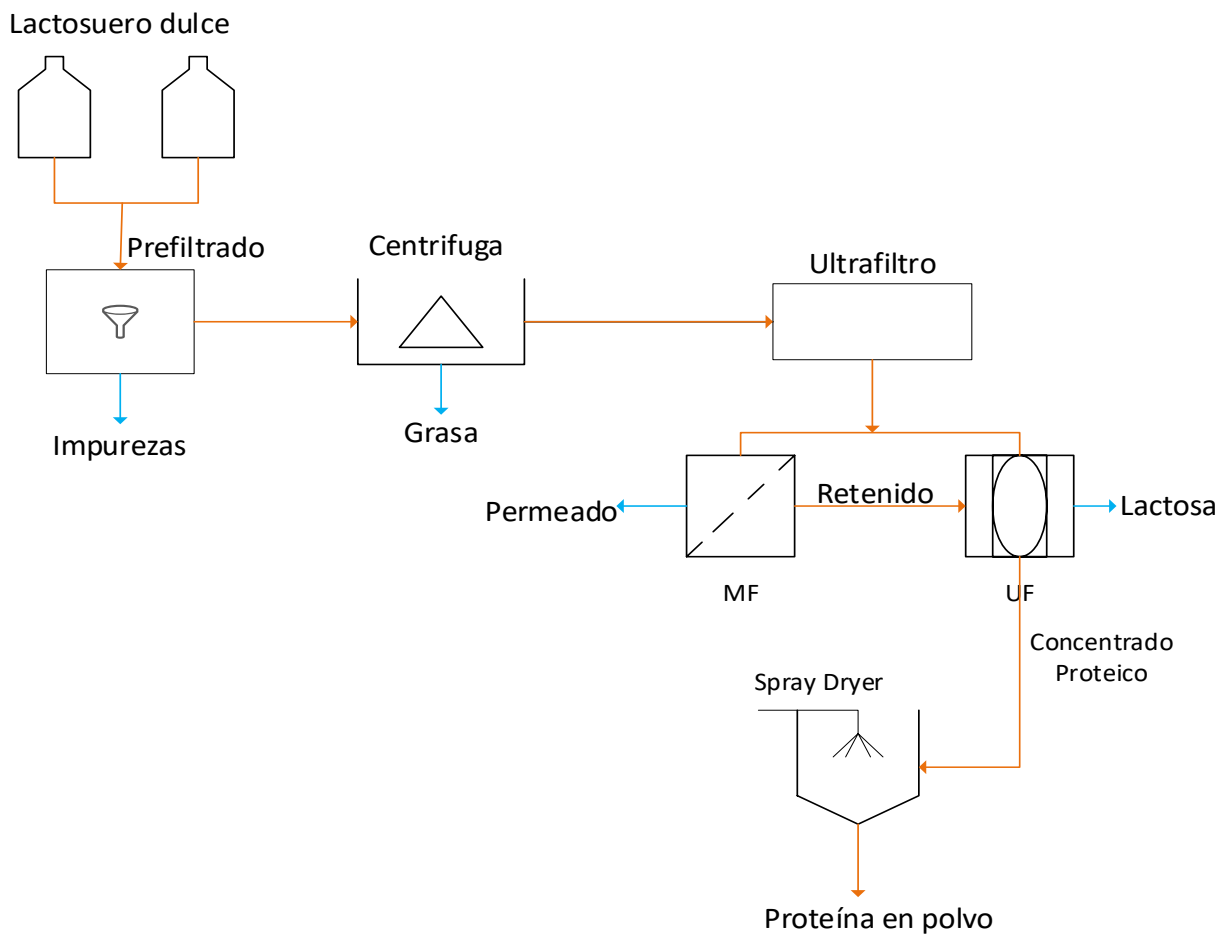
### Tabla 19

*Parámetros de secado usados en el experimento*

Temperatura de Entrada	Temperatura de Salida	Caudal de alimentación
180°C-195°C	90°C	8Hz-9Hz-10Hz

### 3.4.4.3 Diagrama ingenieril del proceso

En la Ilustración 2. Se esquematiza el proceso de transformación de suero de leche hacia proteína en polvo.



**Ilustración 7** Proceso de Obtención de Proteína en polvo.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DEL SUERO DE LECHE

##### PROVENIENTE DEL QUESO FRESCO.

Para llevar a cabo la investigación primero se realizó un análisis comparativo entre la materia prima (leche) utilizada para la elaboración de queso fresco y a su vez del subproducto del queso (suero dulce) la cual se detalla en la **tabla 20**.

**Tabla 20**

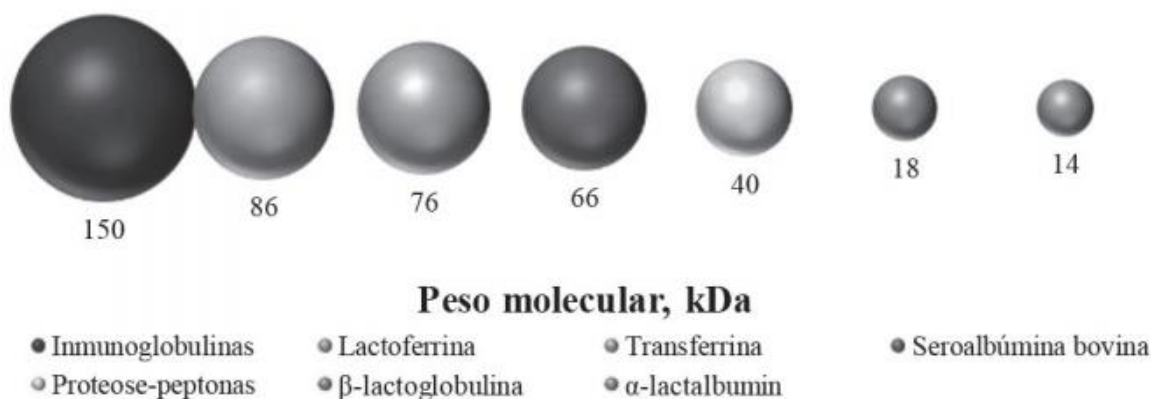
*Comparativo del análisis físico químico leche y suero de leche*

Análisis	Leche	Suero de leche	Unidad
Proteína	3.33	0.75	%
pH	6.72	6.55	AD
Acidez	0.16	0.08	%
Grasa	3.95	0.44	%
Lactosa	4.29	4.1	%
Crioscopia	-472	-525	°C

La diferencia de los porcentajes entre la materia prima y el suero de leche radica principalmente en el proceso de elaboración del queso ya que pasan al suero aproximadamente el 50% de los sólidos de la leche, en los cuales se incluye la proteína, lactosa, vitaminas y minerales solubles en el agua, por lo cual le confieren al subproducto excelentes propiedades sensoriales y nutricionales. El componente principal de los sólidos del suero de queso es la lactosa, que alcanza más de un 70 % del total; aunque existe un remanente notable de proteínas de alta calidad y algo de grasa, sobre todo en el suero dulce que presenta interés para el consumo humano. (Perea Falcon & Paz Frassino, 1999).

## Proteína

La proteína del suero de leche es fundamentalmente la  $\beta$ -lactoglobulina y  $\alpha$ -lactoalbúmina, las cuales comprenden el 50 y 20% respectivamente (Riquelme, 2010). El resto de las proteínas presentes en menor cantidad son la seroalbúmina, inmunoglobulina, lactoferrina, lacto peroxidasa, entre otras. El suero dulce, contiene además caseinomacropéptido, la cual es liberada durante la hidrólisis de la  $\kappa$ -caseína provocada por la renina.



**Ilustración 8** Relación de pesos moleculares promedio de las proteínas del suero (Ramirez Navas, Solis, & Velez, 2018)

De acuerdo con la norma NTE (2011), los contenidos de la proteína en suero líquido pueden estar en valores superiores al 0.8%, aunque algunos autores reportan contenidos en promedio de proteína que van desde el 0.3% hasta del 0.8%, estos valores dependen netamente del proceso de elaboración de queso y por ende de obtención del suero.

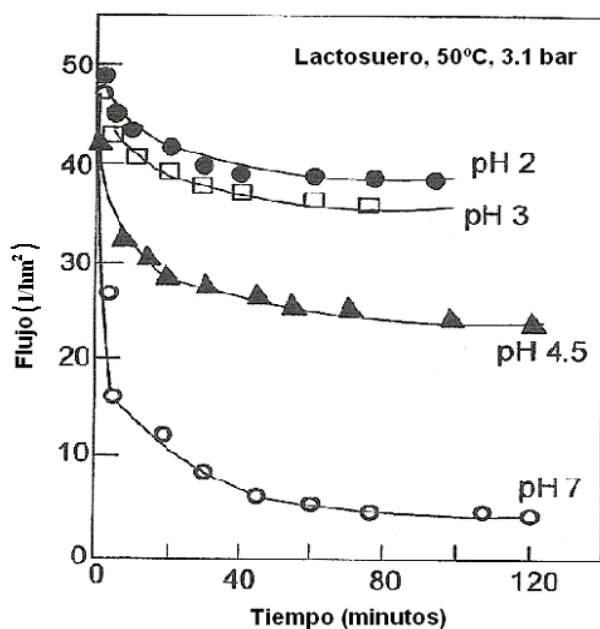
En el caso del suero lácteo del experimento se tiene un 0.75% de proteína lo que nos indica que el suero de queso fresco que se va a usar cuenta con un valor proteico alto y por consiguiente se puede obtener un porcentaje de proteína que varíe entre 60-80% de concentración en el producto final, a su vez siendo este valor mayor al obtenido de la investigación de Paredes y otros (2014), quienes revelan niveles de proteína en diferentes sueros de 0.70-0.77%, y consideran estos valores obtenidos de gran importancia debido a la cotización comercial que presenta la proteína de suero.

## Potencial Hidrógeno (pH)

El suero de leche se clasifica dependiendo su acidez en este caso al ser un suero proveniente de la elaboración de queso fresco, podemos afirmar que es un suero dulce.

Se conoce que el pH no es un valor constante ya que puede verse altamente afectado por la temperatura, disminuyendo 0.01 unidades por cada °C que aumenta. (Fox, 1998).

De acuerdo con Cheryan (1998). el pH debe estar lejos del punto isoeléctrico de las proteínas, ya que mientras más alto sea el pH, la solubilidad de las sales disminuye. Por tal motivo afecta a los flujos en el proceso de ultrafiltración como se evidencia en la **Ilustración 7**. En la investigación el pH fue de 6.55 que concuerda con Rebollar (2017), siendo este un valor de pH adecuado para los procesos de obtención de proteínas sin afectar los puntos isoeléctricos, lo que permite la separación de las proteínas logrando obtener una mejor solubilidad, disminuyendo el riesgo de colmatación alta en la membrana.



**Ilustración 9** Comportamiento del flujo de ultrafiltración de lactosuero con el pH.

### Acidez

De acuerdo con la NTE (2011), la acidez para suero de leche dulce no debe ser mayor a 0.16 de ácido láctico, ya que cuando aumenta la acidez es por acción microbiana o por adición de ácidos, lo que causa que descienda la carga eléctrica de las proteínas, además de que esta acidez se compone fundamentalmente de una medida de concentración de proteínas y fosfatos de leches.

La acidez del lactosuero de la investigación se encuentra en 0.08 de ácido láctico un porcentaje bastante aceptable para la producción de la proteína en polvo, ya que al ser un valor bajo concuerda con el pH al no afectar los puntos isoeléctricos de las proteínas, de esta forma se aumenta el rendimiento de la investigación, se reduce el riesgo de colmataciones en la membrana y se puede garantizar un producto final con mayor concentración proteica.



## **Grasa**

La grasa es una macromolécula que puede generar más problemas a la hora de concentrar la proteína en el proceso de ultrafiltración, ya que mientras más cantidad de esta se obtenga el riesgo de taponar y afectar la membrana es alto.

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE (2011), para suero de leche dulce establece la grasa en un porcentaje de 0.3%; en la presente investigación se eleva la grasa al 0.44 % un valor más alto que el de la norma por lo cual puede apreciarse que en la grasa del suero obtenido, hay mayor cantidad de glóbulos grasos de pequeño tamaño que en la grasa de la leche, reflejando cierta falta de optimización en los procesos de elaboración del queso fresco.

Por tal motivo en la investigación se decide realizar procesos previos tales como el prefiltrado y la centrifugación en donde se busca disminuir el porcentaje de grasa de manera que el suero se convierte en materia prima adecuada para mejorar la microfiltración.

## **Crioscopia**

La crioscopia se realizó con el fin de ejecutar un análisis comparativo entre leche y suero lácteo, no como parámetro en la producción de la proteína en polvo ya que no influye en la elaboración.

El punto crioscópico es un parámetro establecido en el punto de congelación de la leche, en relación al punto de congelación del agua, este valor muestra el porcentaje de agua añadida.

En la investigación se obtuvo para el suero lácteo una crioscopia de  $-572\text{ }^{\circ}\text{mC}$ , esto debido al proceso de transformación por el que pasa, de modo que el punto de congelación aumenta por presencia de agua y la acidificación del mismo (Pochteca, 2015).

## **4.2 OBTENCIÓN DE SUERO CONCENTRADO Y DESLACTOSADO**





Inmediatamente después de la caracterización de la materia prima se procedió a realizar la obtención de suero concentrado y deslactosado a través de técnicas como el prefiltrado y la centrifugación, un suero previamente tratado evita colmataciones en las membranas que se usan para las tecnologías de microfiltración y ultrafiltración.

### **4.2.1 PARÁMETROS PARA EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN.**

En la tabla 21, se muestran los parámetros que se definieron y adaptaron a los equipos disponibles en la planta piloto de la Universidad Técnica del Norte.

Tabla 21

*Resultados de las Operaciones Unitarias*

Operación Unitaria	Resultados	Ilustraciones
Pre filtrado	Suero libre de impurezas y pelusas. 6°Bx Iniciales	
Centrifugado	Reducción de grasa (Inicial 0.44%, Final 0.33%)	
Microfiltración Tangencial	65% de rendimiento del experimento. 8°Bx de concentración	
Ultrafiltración	Factor Retención Volumétrica= 3.12% 0.8 l retenido 39°Bx Finales	

Después de la prefiltración se obtuvo un suero lácteo libre de caseína, impurezas y pelusas, el cual pasa un proceso de centrifugado para disminuir la grasa, dado como resultado una disminución en el contenido de 0.44% hasta 0.33% lo que involucra una separación del 0.11% de la grasa presente inicialmente en el suero, sin embargo, este resultado no fue el esperado ya que el equipo utilizado no cuenta con los requerimientos necesarios para una correcta centrifugación del suero de leche.

En la micro filtración, la concentración alcanzada fue de 8°Bx, con un rendimiento del experimento de 65% un valor bajo con relación a Chiriboga (2009), quien obtuvo un rendimiento del 75%, esto debido a que en la investigación se reemplazó las membranas de microfiltración por papel filtro industrial, mientras que el autor utiliza membranas de microfiltración tubular de 2  $\mu$ m, logrando mejorar el rendimiento y la concentración de las proteínas.

En el proceso de ultrafiltración se realizó la concentración de proteínas y la disminución de lactosa en el cual se logró obtener 0.8l de retenido de suero como se detalla en la **tabla 22**. Además de aumentar la concentración de proteínas hasta 39°Bx, ideal para el proceso de secado a realizarse en el atomizador.

### **Tabla 22**

*Volumen de permeado y retenido para microfiltración*

<b>Ultrafiltración</b>	<b>Resultados</b>
Alimentación del equipo (Va)	2.5 l
Permeado (Vp)	1.2 l
Retenido (Vr)	0.8 l

Se conoce que mientras menos volumen de retenido se obtenga, mayor será el Factor de retención volumétrica.

Para el experimento se obtuvo una pérdida en volumen de 3.12%.

$$FRV = \frac{Va}{Vr}$$

$$FRV = \frac{2.5}{0.8}$$

$$FRV = 3.12 \%$$

Existen varios parámetros que influyen en la pérdida de componentes en el proceso, como lo afirma Cheryan (1998), el descenso de los flujos es rápido, pero decrecen a medida que aumenta el tiempo. En el caso del experimento se mantuvo el proceso por 2 horas 30 minutos aproximadamente para luego retirar la membrana y realizar la limpieza y cambio de manera que se mejore la eficacia y se evite la formación de incrustaciones en la membrana.

### **4.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PROTEÍNA EN POLVO**

Una vez terminada la fase experimental de la investigación se estudiaron los parámetros de temperatura de secado y caudal de alimentación del equipo Spray Dryer, utilizados en la producción del suplemento nutricional, para lo cual se evaluó el porcentaje de proteína, grasa y humedad factores indispensables para determinar las cualidades del producto final, para ello se realizó un análisis ADEVA con un diseño experimental DCA con arreglo Factorial Ax B.

Los resultados obtenidos mediante los análisis realizados con los diferentes tratamientos se detallan en la tabla 23.

#### **Tabla 23**

*Resultados de la obtención del suplemento nutricional.*

Tratamientos	Temperatura de secado	Caudal de alimentación	% Proteína	% Humedad	% Grasa
T1	180°C	8Hz	10	10.3	9.0
T2	180°C	9Hz	30	5.28	7.0
T3	180°C	10Hz	50	6.28	6.0
T4	195°C	8Hz	50	5.76	8.0
T5	195°C	9Hz	80	4.44	7.0
T6	195°C	10Hz	70	6.12	8.5
T7	180°C	8Hz	10	11.7	8.5
T8	180°C	9Hz	40	5.91	7.5
T9	180°C	10Hz	60	4.96	7.0
T10	195°C	8Hz	70	6.12	8.0
T11	195°C	9Hz	80	5.39	7.5
T12	195°C	10Hz	60	6.12	8.0
T13	180°C	8Hz	20	10.9	9.0
T14	180°C	9Hz	40	6.01	8.5
T15	180°C	10Hz	50	6.59	7.0
T16	195°C	8Hz	60	6.36	8.0
T17	195°C	9Hz	70	6.03	7.5
T18	195°C	10Hz	70	6.39	8.0

*Nota.* Tratamientos totales del experimento.

#### **4.3.1. PARÁMETROS DE ELABORACIÓN DE LA PROTEÍNA EN POLVO.**

Mediante el desarrollo del experimento se evaluaron varios parámetros necesarios para obtener la proteína en polvo, desde la recepción del suero de leche dulce proveniente del queso fresco hasta establecer los parámetros de secado del atomizador tabla 24.

**Tabla 24***Parámetros utilizados en el experimento*

<b>Requerimientos</b>	<b>Parámetros Fijos</b>
Concentración Proteica	39°Bx
Temperatura	195°C – 90°C
Caudal	9Hz
Presión	3.5 Bar

**4.3.1.1 Concentración de proteínas**

Previo al método de secado, se debe lograr una concentración de proteínas de 38-48°Bx, como requerimiento del atomizador utilizado.

**4.3.2. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE PROTEICO**

Por medio de los análisis realizados para determinar el porcentaje proteico al producto final de los 18 tratamientos se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks y la prueba LEVENE para verificar el supuesto de normalidad que proyectó un  $p=0.1580$  y una homogeneidad  $p=0.5501$ , con los resultados obtenidos a través del estadístico se logró evidenciar que el experimento tiene normalidad en los datos ya que provienen de una distribución normal además de tener varianzas homogéneas, luego se procedió a realizar el análisis ADEVA como se presenta en la **tabla 25**.

**Tabla 25***Análisis de Varianza para Proteína*

F.V.	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado M	F	p-valor
Modelo	70400.44	5	1408.89	50.72	<0.0001**
Temperatura	3755.56	1	3755.56	135.20	<0.0001**

Caudal	2177.78	2	1088.89	39.20	<0.0001**
T*C	1111.11	2	555.56	20.00	0.0002**
Error	333.33	12	27.78		
Total	7377.78	17			

\*\* : Altamente Significativo

En cuanto a los factores T (temperatura de secado) y C (caudal de alimentación), así como también para la interacción T\*C se determinó que existe una alta significancia, por lo tanto, las variables son dependientes entre sí y actúan de forma dependiente dentro del proceso de obtención de la proteína en polvo.

Se realizó una prueba Tukey al 5% para los tratamientos con la cual se determina el mejor tratamiento dentro del experimento.

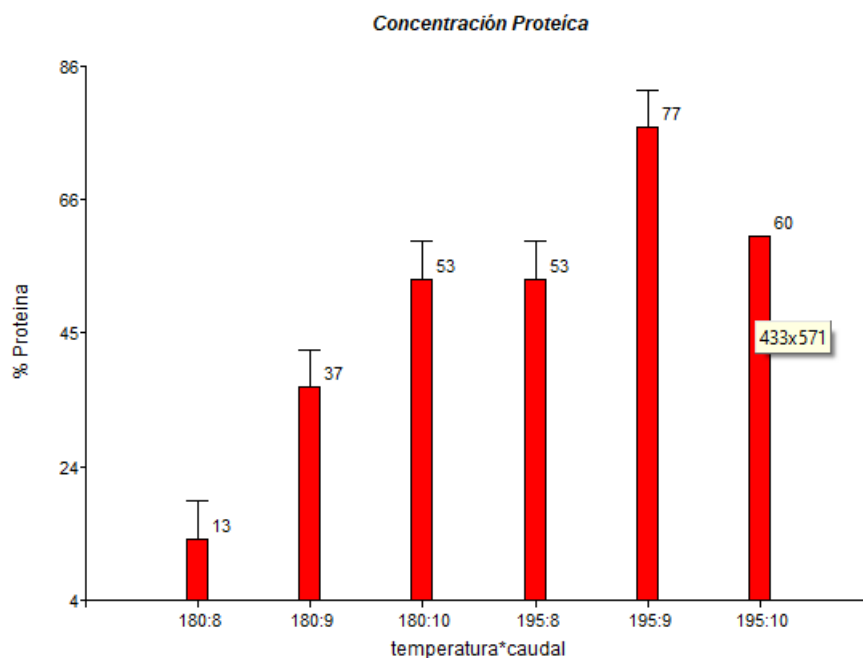
### Tabla 26

*Prueba Tukey al 5% para tratamientos*

Tratamientos(factoros)	Medias	Grupo
T2C2	76.67	a
T2C3	60.00	b
T2C1	53.33	b
T1C3	53.33	b
T1C2	36.67	c
T1C1	13.33	d

La prueba aplicada, delimitó los tratamientos **T3, T4 Y T6**, como estadísticamente iguales con respecto a la concentración proteica, además revelo el mayor porcentaje de proteína alcanzada que se obtuvo del tratamiento **T5 (a)**; con una temperatura de secado de 195°C y un caudal de

alimentación de 9Hz alcanzando una concentración del 80%, un resultado igual a la de los autores Vallaca & Siguza (2014), debido a que se utilizaron parámetros iguales como 3.5 bar de presión y caudal de 1 litro por minuto y una temperatura de salida de 60°C, utilizando atomizadores diferentes.



**Ilustración 10** Resultado de la concentración proteica

Además, se pudo evidenciar que el tratamiento **T1 (d)**; fue el que menos proteína concentró como se ve en la Ilustración 9. Esto se debe a que se utilizó una temperatura más baja la misma que no logró atomizar las partículas de proteína del concentrado.

#### 4.3.3. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE GRASA

Para evaluar los resultados obtenidos con el porcentaje de grasa del producto final se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks que dio como resultado un p-valor (0.3809) mediante el cual se constató que cumple con el supuesto de normalidad.



Al mismo tiempo, se realizó el ADEVA para la correcta interpretación de los resultados obtenidos en la tabla 27:

**Tabla 27**

*Análisis de varianza para porcentaje de grasa*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.79	5	1.76	2.14	0.1300 ns
Temperatura	2.65	1	1.33	1.62	0.2390 ns
Caudal	1.23	2	1.23	1.49	0.2450 ns
T*C	4.91	2	2.45	2.99	0.0885 ns
Error	9.85	12	0.82		
Total	18.64	17			Ns

De acuerdo con el análisis de varianza se determinó que los factores de Temperatura y Caudal de alimentación, así como la interacción actúan de manera independiente al no tener diferencias significativas entre ellos.

De esta manera se puede elegir entre las dos temperaturas usadas, así como en los 3 caudales de alimentación para realizar el experimento ya que son estadísticamente iguales y no influyen en el proceso de producción de la proteína en polvo.

#### **4.3.4. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD**

La humedad alcanzada en el pulverizado es un parámetro importante dentro de las características del producto final, por ello al igual que en las anteriores variables de respuesta se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks para verificar el supuesto de normalidad que dio como resultado un p-0.5951, indicando que existe normalidad en los datos.

En la tabla 28, se detalla el análisis de varianza realizado para el porcentaje de humedad.

**Tabla 28**

*Análisis de varianza para porcentaje de humedad.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	75.58	5	15.12	88.55	<0.0001**
Temperatura	17.11	1	17.11	100.23	<0.0001**
Caudal	35.96	2	17.98	105.31	<0.0001**
T*C	22.52	2	11.26	69.95	<0.0001**
Error	2.05	12	27.78		
Total	77.63	17			

\*\* : Altamente Significativo

Al revelar significancias dentro del ADEVA, para determinar el mejor tratamiento se utilizó la prueba Tukey al 5%, obteniendo los resultados que se exhiben en la tabla 29.

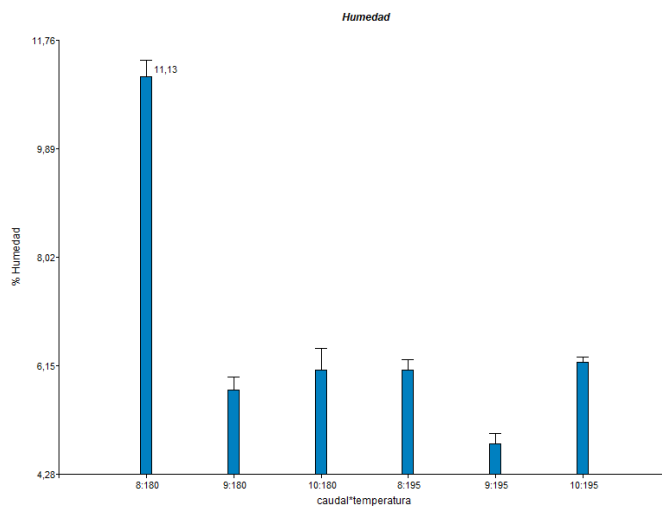
**Tabla 29**

*Prueba Tukey 5% para Humedad.*

Tratamientos(factoros)	Medias	Grupo
T2C2	4.80	a
T1C2	5.73	b
T1C3	6.08	b
T2C1	6.08	b
T2C3	6.21	b
T1C1	11.13	c

Una vez obtenidos los resultados en la prueba Tukey al 5%, se pudo establecer que existen 3 rangos entre los 6 tratamientos, siendo el tratamiento **T5(a)**: (195°C temperatura de secado: 9Hz caudal

de alimentación) el que presenta el menor porcentaje de humedad en el polvo, alcanzado un valor de 4.80% competente con los suplementos nutricionales existentes en el mercado al no exceder el 5% de humedad, además se constató que el tratamiento **T1(c)**: (180°C temperatura de secado:8Hz caudal de alimentación) es en el que no se consigue alcanzar un valor adecuado para el proceso de secado ya que la humedad fue de 11.13% como se detalla en la ilustración 10.



**Ilustración 11** Resultados para la variable humedad

Los suplementos nutricionales del mercado más comerciales como por ejemplo (Best Protein-Whey Protein), mantienen un margen de humedad que varía de entre 1% a 5% como máximo un parámetro que se establece en la NTE (2011), en el caso del experimento se alcanza una media de humedad del 4.80%, que se encuentra dentro de la normativa vigente.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El tratamiento T5 (195°C;9Hz), presentó el mayor contenido de proteína en polvo, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa ya que la temperatura y el caudal de alimentación son factores que si influyen en el concentrado proteico final.
- La separación de materia grasa realizada en la centrifuga LWA 205, no permitió alcanzar porcentaje graso esperado (0.1%), esto se debe a que el equipo no es específico para separar materia grasa del suero de leche.
- El equipo de ultrafiltración en la fase de microfiltración trabajó con membranas elaboradas de papel filtro industrial, seguido de la ultrafiltración para separar las proteínas del retenido del suero a través de membranas tangenciales, este proceso permitió alcanzar los 39 grados brix, un valor conveniente para obtener proteína en polvo.
- La humedad del producto en polvo disminuye con el aumento de temperatura del aire de entrada en el atomizador, lo que facilita la obtención de un producto final con menos naturaleza higroscópica.
- El producto final alcanzó un 80% de concentración proteica, un porcentaje que lo cataloga como un concentrado proteico de alta pureza, característica que le permitiría formar parte de los productos comerciales más vendidos para adultos deportistas.

#### 5.2 RECOMENDACIONES

- Implementar procesos previos u otros métodos más eficientes para eliminar el contenido graso del suero de leche, para llegar a una concentración grasa final más baja (0.1%).

- Emplear membranas tangenciales de microfiltración para obtener mejor rendimiento en el proceso de microfiltración.
- No exceder la presión de 500psi, a un flujo de 1 Litro por minuto en el ultra filtro para mantener el proceso estable y evitar daños a la membrana.
- Mantener una temperatura de entrada entre 195°C -200°C en el atomizador para que la humedad final no exceda el 5%.
- Utilizar antiapelmazante dentro del proceso de producción de la proteína en polvo para evitar la aglomeración del producto final en contacto con la humedad del ambiente y aumentar la vida útil.
- Desarrollar un estudio complementario, siendo este un escalado a proceso industrial con análisis económico financiero para la viabilidad de una planta productora de proteína en polvo.

## Bibliografía

- Pascual Anderson, M., & Pascual, V. (2000). *Microbiología Alimentaria*. Madrid, España: Diaz de Santos S.A.
- Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera*. España: Reverte S.A.
- ALIMENTARIUS, C. (2018). *NORMA PARA LOS SUEROS EN POLVO*. Obtenido de NORMA PARA LOS SUEROS EN POLVO: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ru/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B289-1995%252FCXS\\_289s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ru/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B289-1995%252FCXS_289s.pdf)
- Andre, B. (2006). Interrelations activité physique et magnésium. *Science & Sports*, 90-92.
- Barragan, G. M. (22 de 09 de 2014). *APLICACIÓN DE WPC 80 COMO EMULSIONANTE EN LA ELABORACION DE ADEREZOS*. Obtenido de APLICACIÓN DE WPC 80 COMO EMULSIONANTE EN LA ELABORACION DE ADEREZOS: <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/2447/Barragan.pdf?sequence=1>
- Battros, P. (2010). *Quesos Artesanales*. Buenos Aires: Albatros.
- Burke, L. (2007). *Nutrición en el deporte*. España: Editorial medica Panamericana.
- Callejas Hernández, J., Prieto García, F., Reyes Cruz, V., Marmolejo Santillan, Y., & Mendez, M. (16 de enero de 2012). *Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo*. Obtenido de Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo: <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/304>
- Cheryan, M. (1998). *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. Estados Unidos de America: Acid-free paper.

- Chiriboga, M. E. (07 de 2009). *Obtencion de un concentrado proteico del suero de la leche de vaca utilizando tecnologia de membranas*. Obtenido de Obtencion de un concentrado proteico del suero de la leche de vaca utilizando tecnologia de membranas:  
file:///C:/Users/PAOJ/Desktop/TESIS%20PAOLA%20J/WHEY%20PROTEINA%20PAO/BIBLIOGRAFIA/tesis%20concentrado%20de%20leche%20margarita%20EPN.pdf
- Cozzi, F., & Araujo, F. (09 de 2016). *DESARROLLO DE BEBIDA ÁCIDA A BASE DE PROTEÍNA DE SUERO EN POLVO*. Obtenido de DESARROLLO DE BEBIDA ÁCIDA A BASE DE PROTEÍNA DE SUERO EN POLVO: <https://docplayer.es/51261959-Desarrollo-de-bebida-acida-a-base-de-proteina-de-suero-en-polvo.html>
- FEDNA. (13 de 10 de 2017). *Lactosuero Acido*. Obtenido de Lactosuero Acido:  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/lactosuero-%C3%A1cido](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/lactosuero-%C3%A1cido)
- FEDNA. (2019). *Fundacion Española para el desarrollo de la nutricion animal*. Obtenido de Fundacion Española para el desarrollo de la nutricion animal:  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/lactosuero-%C3%A1cido](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/lactosuero-%C3%A1cido)
- Guía de actuación en situaciones de sobrepeso y obesidad. Pierde peso, no salud. (2009). En C. O. Madrid, *Guía de actuación en situaciones de sobrepeso y obesidad. Pierde peso, no salud* (pág. 223). Madrid.
- Huertas, R. P. (2009). LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 4967-4982.
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>

- INEN. (8 de 2011). *Norma Tecnica Ecuatoriana NTE INEN 2585:2011*. Obtenido de Norma Tecnica Ecuatoriana NTE INEN 2585:2011:  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2585.pdf>
- INEN, I. E. (08 de 2011). *2594:2011, NTE INEN*. Obtenido de 2594:2011, NTE INEN:  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2594.pdf>
- Inen, N. (2012). *LECHE PASTEURIZADA, REQUISITOS*. Ecuador.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, I. (08 de 2011). *Norma Tecnica Ecuatoriana NTE INEN 2585:2011*. Obtenido de Norma Tecnica Ecuatoriana NTE INEN 2585:2011: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2585.pdf>
- J. Mccarthy, O., & Singh, H. (2009). *Advanced Dairy Chemistry Volumen 3*. Nueva Zelanda.
- Mahan, K., & Escott-Stump, S. (2008). *Food, Nutrition and Diet Therapy*. Canada: Elsevier.
- Manuel, A. (2005). Manual de nutrición deportiva. En A. Manuel, *Manual de nutrición deportiva*. barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Mark, T. (2004). Protein requirements for endurance athletes. *PubMed.gov*, 25-29.
- Mendoza, M., & Gonzales, P. (26 de 11 de 2018). Industria usa el 10% del suero de la leche que se produce en el país. *Industria usa el 10% del suero de la leche que se produce en el país*, págs. 21-23.
- Metsämuuronen , S., & Nyström, M. (2009). Enrichment of a-lactalbumina from diluted whey with polymeric ultrafiltration membranes. *Journal of Membrane Science*, 248-256.
- NORMA INEN, 9. (2012). *LECHE CRUDA. REQUISITOS*.
- P. F. Fox, P. L. (1998). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Nueva York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.



- Paredes Montoya , P., Chavez Martinez , A., Rodriguez Figueroa, C. J., Aguilar Palma, N., Renteria Monterrubio, A. L., & Hernandez , G. (2014). Características Físicoquímicas Y microbiológicas de suero de leche de queso chihuahua. *Investigacion y Ciencia de la Universidad Autonoma de Aguascalientes*, 1-16.
- Perea Falcon, J., & Paz Frassino, M. (1999). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=133993>
- Pochteca. (2015). *Suero de Leche*. Obtenido de Suero de Leche:  
<https://www.pochteca.com.mx/suero-de-leche/#:~:text=El%20suero%20de%20leche%2C%20dependiendo,un%20pH%20mayor%20a%205.8.>
- PortalLechero.com. (29 de abril de 2019). *Tecnología de membranas: aplicables a la recuperación de productos de corrientes líquidas*. Obtenido de Tecnología de membranas: aplicables a la recuperación de productos de corrientes líquidas:  
<https://www.portalechero.com/innovaportal/v/3374/1/innova.front/tecnologia-de-membranas:-aplicables-a-la-recuperacion-de-productos-de-corrientes-liquidadas:.html>
- Poveda E, E. (2013). Whey, generalities and potential use as source of calcium from high bioavailability. *Revista chilena de nutrición Vol 40*, 2-5.
- Poveda, E. (2014). *Suero lácteo, generalidades y potencial*. Obtenido de Suero lácteo, generalidades y potencial: <http://cyber.sci-hub.tw/MTAuNDA2Ny9zMDcxNy03NTE4MjAxMzAwMDQwMDAxMQ==/10.4067/40S0717-75182013000400011.pdf>
- Ramirez Navas, J., Solis, C., & Velez, C. (2018). Tecnología de membranas: obtención de proteínas de lactosuero. *Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 12*, 52-59.

Rebollar, M. C. (7 de 11 de 2017). *Bioquímica de los Alimentos*. Obtenido de Bioquímica de los Alimentos:

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/lactosuero.html#:~:text=A1%20pH%20de%20la%20leche,punto%20isoe%C3%A9ctrico%20de%20lab%20%2Dlactoglobulina>

Revilla, A. (1939). *Tecnología de la Leche*. Honduras: IICA.

Ripol, X. P. (2009). *Obtención de expolisacaridos de interés industrial a partir de lactosuero y permeatos*. Obtenido de Obtención de expolisacaridos de interés industrial a partir de lactosuero y permeatos:

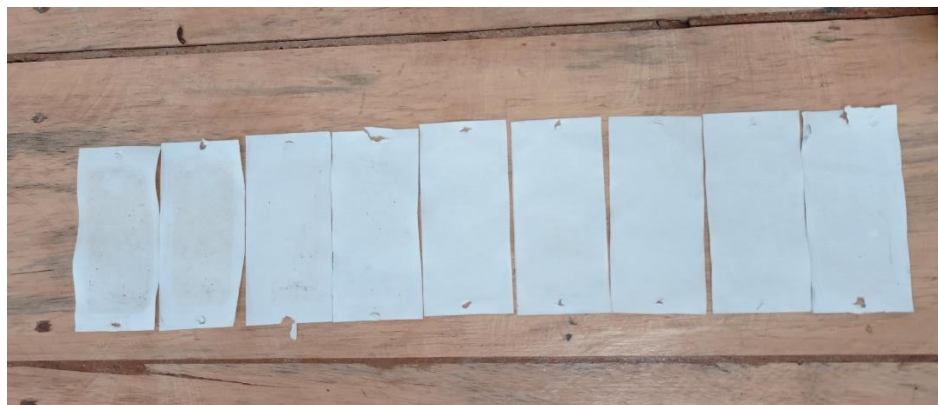
<http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/2376/18101604.pdf;jsessionid=17CBE4DC2444299849CC9E5EA0C545C3?sequence=1>

Riquelme, L. F. (07 de 2010). *DESARROLLO POR ULTRAFILTRACIÓN DE UN CONCENTRADO PROTEICO A PARTIR DE LACTOSUERO*. Obtenido de DESARROLLO POR ULTRAFILTRACIÓN DE UN CONCENTRADO PROTEICO A PARTIR DE LACTOSUERO: <https://core.ac.uk/download/pdf/11053021.pdf>

Vacalla Sandoval, B., & Siguzza Souza, B. (2014). *Propuesta Técnica de Recuperación de proteínas por atomización a partir del suero de queso*. Iquitos, Peru.

## ANEXOS

### Anexo N°1. Membranas de papel filtro usadas para microfiltración



### Anexo N°2. Membranas tangenciales usadas para ultrafiltración



### Anexo N°3 Muestras de la proteína en polvo



#### Anexo N°.4 Pruebas de Humedad al producto final

