



ISBN: 978-99983-69-25-2 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-37-5 (E-Book, pdf)

## **INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

# **APROVECHAMIENTO DEL LACTOSUERO PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS INNOVADORES PARA EL SECTOR ALIMENTOS Y LA AGROINDUSTRIA**

**EN ASOCIO CON EL CENTRO DE EDUCACIÓN E  
INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS APLICADAS CEICA**

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL**  
ING. JOSÉ ROBERTO JACOBO MARROQUÍN

**DOCENTE COINVESTIGADORA**  
INGA. ALMA VERÓNICA GARCÍA BARRERA

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2024



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA







ISBN: 978-99983-69-25-2 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-37-5 (E-Book, pdf)

## **INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

# **APROVECHAMIENTO DEL LACTOSUERO PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS INNOVADORES PARA EL SECTOR ALIMENTOS Y LA AGROINDUSTRIA**

**EN ASOCIO CON EL CENTRO DE EDUCACIÓN E  
INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS APLICADAS CEICA**

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL**  
ING. JOSÉ ROBERTO JACOBO MARROQUÍN

**DOCENTE COINVESTIGADORA**  
INGA. ALMA VERÓNICA GARCÍA BARRERA

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2024



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



**Rector**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrector**

Ing. Christian Antonio Guevara

**Director de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

**Dirección de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo  
Inga. Jeannette Tatiana Galeas Rodríguez  
Téc. Alexandra María Cortez Campos  
Sra. Delmy Roxana Reyes Zepeda

**Directora de Escuela de  
Ingeniería Química**

Licda. Cecilia Elizabeth Reyes de Cabrales

637.14

J15a Jacobo Marroquín, José Roberto 1985-  
Aprovechamiento del lactosuero para el desarrollo de  
slv productos innovadores para el sector alimentos y la  
agroindustria, en asocio con el Centro  
de Educación e Investigación en Ciencias Aplicadas CEICA / José  
Roberto Jacobo Marroquín y Alma Verónica García Barrera. –  
1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv.: ITCA Editores, 2024.

1 recurso electrónico: (51 p. :il. ;28 cm.)  
Datos electrónicos (1 archivo ; pdf, 2.5 MB). --  
<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>  
ISBN : 978-99983-69-37-5 (E-Book, pdf)  
ISBN: 978-99983-69-25-2 (Impreso)

1. Productos lácteos. 2. Suero. 3. Productos agrícolas -  
Comercio. I. García Barrera, Alma Verónica, 1979-, coaut.  
II. Título.

**Autor**

Ing. José Roberto Jacobo Marroquín

**Co Autor**

Inga. Alma Verónica García Barrera

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2024

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial  
Compartir Igual  
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE  
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América  
Sitio Web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)  
TEL: (503)2132-7423

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN .....	5
3.	OBJETIVOS.....	5
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	5
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
4.	HIPÓTESIS.....	6
5.	MARCO TEÓRICO .....	6
5.1.	LACTOSUERO.....	6
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	12
6.1.	METODOLOGÍA.....	12
6.2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	12
6.3.	FASE DE LABORATORIO .....	13
6.4.	TRATAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	13
6.5.	PRODUCTO 1: YOGUR.....	14
6.6.	PRODUCTO 2: SORBETE .....	18
6.7.	PRODUCTO 3: BEBIDA HIDRATANTE .....	21
6.8.	PRODUCTO 4: JABÓN LÍQUIDO .....	24
7.	RESULTADOS.....	27
7.1.	PRODUCTO YOGUR.....	27
7.2.	PRODUCTO SORBETE .....	30
7.3.	PRODUCTO BEBIDA HIDRATANTE.....	31
7.4.	PRODUCTO JABÓN LÍQUIDO.....	32
8.	CONCLUSIONES.....	33
9.	RECOMENDACIONES.....	34
10.	GLOSARIO.....	35
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
12.	ANEXOS.....	38

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión eficiente de los subproductos industriales se ha convertido en un pilar esencial para promover la sostenibilidad y la eficiencia en diversas industrias. En este contexto, el lactosuero, un coproducto de la industria láctea que anteriormente se consideraba un desecho problemático, ha ganado un reconocimiento creciente como un recurso valioso con múltiples aplicaciones. La diversificación de productos alimenticios y de cuidado personal mediante la utilización de lactosuero ofrece una oportunidad única para agregar valor a este subproducto lácteo y, al mismo tiempo, abordar problemas relacionados con la gestión de residuos.

La presente investigación se enfoca en el desarrollo de productos innovadores utilizando lactosuero como ingrediente principal. El objetivo fue elaborar prototipos de productos agroindustriales a partir del lactosuero desechado por la industria láctea. El lactosuero es una fuente rica en proteínas de alta calidad y otros nutrientes, convirtiéndolo en un recurso valioso para la formulación de diversos productos alimenticios. En esta investigación se formularon y desarrollaron cuatro tipos de productos: bebidas hidratantes, yogur y sorbetes para el sector alimentario, y jabón líquido para el sector cosmético. Se realizaron pruebas de estabilidad a estos productos desarrollados, para evaluar la capacidad de los ingredientes utilizados para mantener la calidad del producto durante su vida útil. También se realizaron pruebas de panel sensorial para evaluar el aspecto, aroma, sabor y textura de los productos, garantizando así una experiencia sensorial satisfactoria para el consumidor.

Los productos elaborados se eligieron por sus beneficios nutricionales y su popularidad en el mercado. Se abordó la necesidad de enmascarar el sabor lácteo inherente del lactosuero y aprovechar sus nutrientes para ofrecer productos con valor nutricional añadido.

A pesar de la expectativa inicial de desarrollar un jabón líquido a partir de lactosuero ácido, se observó que la formulación más estable se lograba con lactosuero dulce. Este enfoque resultó en la creación de un producto aceptable para el público, destacando tanto por su estabilidad fisicoquímica como por su aceptación sensorial.

Se realizará la transferencia de tecnología a través del Centro de Educación e Investigación en Ciencias Aplicadas CEICA a productores lácteos interesados en la fabricación de estos productos alimenticios y cosméticos.

El desarrollo de estos productos innovadores a partir del lactosuero podrá contribuir a reducir el desperdicio de alimentos y a mitigar el impacto ambiental asociado con su disposición; también abre nuevas oportunidades de negocio y valor agregado para la industria láctea y agroindustrial. Además, estos productos pueden ofrecer beneficios nutricionales, funcionales y económicos para los consumidores, así como también ventajas competitivas para las empresas que los producen.

Esta investigación buscó no solo ampliar la gama de productos disponibles en el mercado, sino también fomentar prácticas sostenibles y eficientes en la cadena alimentaria, aprovechando al máximo un subproducto que, con las tecnologías actuales, puede transformarse en una valiosa fuente de ingredientes para diversas aplicaciones.

La adaptación de la formulación para aprovechar las propiedades específicas del lactosuero contribuyó al éxito del proyecto, subrayando la importancia de considerar la naturaleza intrínseca de los ingredientes en la formulación de productos innovadores.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El lactosuero es un subproducto de la industria láctea que se genera en grandes volúmenes. Dicho subproducto es un contaminante de aguas y suelos, debido a sus altos valores de DBO y DQO, provocando degradación en la composición de los suelos y de la vida acuática. Esto constituye un grave problema medioambiental para las empresas lácteas.

### 2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

**Patente WO2006119064A2.** Esta invención se refiere a un proceso para la fabricación de bebidas asépticas ricas en proteínas y pudines que contienen al menos un 2% en peso de proteína de suero, y a los nuevos productos que se obtienen de este modo.

**Patente ES2374854T3.** Esta invención se refiere a un método para la producción de un hidrolizado proteico de lactosuero usando una endopeptidasa microbiana.

**Patente ES2319288T3.** Esta invención se refiere generalmente al tratamiento de materiales que contienen proteínas de lactosuero para ser usados en diversos productos alimenticios. Más particularmente, la invención se refiere a un método para quitar el sabor de materiales de proteínas de lactosuero con el fin de hacerlos aceptables en una amplia gama de alimentos.

### 2.3. JUSTIFICACIÓN

El lactosuero es rico en electrolitos y proteínas, por lo cual podría ser aprovechado como materia prima en la formulación de nuevos productos agroindustriales. Además, se busca reducir el impacto ambiental en los efluentes de la empresa, pues el desecho ya no se descartaría y se generaría valor agregado de algo que es considerado un subproducto.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar prototipos de productos agroindustriales a partir del lactosuero desechado por la industria láctea.

### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar fisicoquímicamente muestras de lactosuero de una industria láctea del país.
2. Acondicionar el lactosuero para ser utilizado como materia prima en la formulación de nuevos productos agroindustriales.
3. Formular prototipos de nuevos productos a partir del lactosuero: yogur, sorbete, bebida hidratante y jabón líquido.
4. Realizar pruebas de control de calidad a los prototipos de los productos formulados y verificar su cumplimiento con las normativas vigentes.

#### 4. HIPÓTESIS

¿Es posible formular nuevos productos agroindustriales a partir del lactosuero desechado por las industrias lácteas?

#### 5. MARCO TEÓRICO

##### 5.1. LACTOSUERO

El lactosuero es un líquido que se obtiene durante la elaboración del queso, después de la separación y eliminación de la caseína de la leche. Tiene un color amarillo verdoso translúcido, aunque puede variar dependiendo de la calidad y tipo de leche utilizada. Aunque no es apto para ser comercializado directamente como suero líquido, el lactosuero es altamente valorado por sus propiedades y composición, siendo utilizado como medio de cultivo en diversos procesos fermentativos. El Codex Alimentarius define el suero como el fluido resultante de la separación de la cuajada durante la fabricación del queso [1].

##### Tipos de Lactosuero

El lactosuero es un subproducto líquido que se puede clasificar en diferentes tipos según su origen y procesamiento. Según su origen del lactosuero, se clasifica en [2]:

1. **Lactosuero dulce:** Se genera a través de la precipitación de las proteínas por hidrólisis específica de la k-caseína, mediante coagulación enzimática. Su pH es similar al de la leche original y no experimenta cambios significativos en su contenido mineral. El lactosuero dulce proviene de la fabricación de quesos de pasta cocida y prensada (vaca) y quesos de ovejas; es pobre en ácido láctico, en calcio y fósforo. Su pH es mayor a 6.0 y presentan niveles de grados Dormic mayores a 50o D.
2. **Lactosuero ácido:** Se genera a partir del sobrante obtenido después de la coagulación ácida o láctica de la caseína. Presenta un pH cercano a 4.5 debido a la producción de ácido láctico y alto contenido de minerales (más del 80% de los minerales de la leche de partida) y presentan niveles de Grados Dormic inferiores a 20°D.

Según su procesamiento, el lactosuero se clasifica en:

1. **Lactosuero dulce desmineralizado:** Es un producto obtenido a partir de la eliminación de minerales del suero lácteo pasteurizado. Se pueden alcanzar niveles de desmineralización del 25%, 50% y 90%. El producto seco no debe contener más del 7% de cenizas. La desmineralización se logra a través de técnicas de separación físicas como precipitación, filtración o diálisis. Además, se puede ajustar la acidez del suero lácteo desmineralizado mediante la adición de ingredientes de pH adecuado y seguro [3].
2. **Lactosuero desproteínizado:** El polvo del suero desproteínizado es elaborado mediante un proceso llamado ultrafiltración, en el cual se remueve una parte de la proteína del suero dulce. El resultado es un producto seco que contiene más del 80% de lactosa [4].
3. **Lactosuero concentrado:** El lactosuero concentrado es aquel en el que se ha eliminado parte del contenido de agua del suero para obtener una mayor concentración de nutrientes y compuestos

bioactivos. Este proceso de concentración puede llevarse a cabo mediante diferentes métodos, como la evaporación, la ultrafiltración o la ósmosis inversa. El resultado es un lactosuero con mayor densidad y contenido de nutrientes, lo que lo hace adecuado para su uso en la fabricación de productos lácteos, alimentos funcionales y suplementos nutricionales [5].

Es importante tener en cuenta que la clasificación del lactosuero en diferentes tipos puede variar según la fuente y el contexto específico. Además, existen diferentes tecnologías y procesos disponibles para el procesamiento y la producción de lactosuero, lo que puede contribuir a la diversidad de tipos y características.

### **Composición Química y Calidad Nutricional del Lactosuero**

El lactosuero, derivado de la producción de queso, presenta una variada composición química que lo distingue como una fuente valiosa de nutrientes. En términos generales, representa aproximadamente el 55% de los nutrientes principales presentes en la leche, incluyendo un 96% de lactosa (46 g/L a 52 g/L), un 25% de proteínas (6 g/L a 10 g/L) y un 8% de materia grasa (5 g/L) [6].

Debido a la variabilidad en la composición del suero, es importante evaluar su calidad técnica y funcional, así como su valor biológico. Esto permitirá optimizar su uso en diferentes tecnologías y adaptar su procesamiento a las condiciones específicas de cada quesería regional.

La calidad nutricional del lactosuero se destaca por su contenido de proteínas, lactosa, grasa y minerales, especialmente calcio y fósforo. Las proteínas del lactosuero exhiben un valor biológico excepcional, superando al de las proteínas del huevo y la soya. La lactosa, componente mayoritario, y sus derivados prebióticos promueven el crecimiento de microorganismos beneficiosos para la salud. La fracción lipídica, rica en ácidos grasos poliinsaturados, contribuye a sus propiedades funcionales y bioactivas.

Desde el punto de vista tecnológico, las proteínas y la fracción lipídica del lactosuero desempeñan un papel crucial. Las proteínas, como la  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbúmina y albúmina de suero bovino, ofrecen propiedades emulsificantes y gelificantes, siendo esenciales en la formulación de alimentos. La fracción lipídica, con sus fosfolípidos de membrana, se valora por sus propiedades emulsificantes, contribuyendo a su versatilidad en aplicaciones alimentarias [7].

Los principales componentes bioactivos del lactosuero comprenden [8]:

#### **Proteínas y Péptidos en el Lactosuero:**

Las proteínas del lactosuero, como la  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LG) y la  $\alpha$ -lactoalbúmina ( $\alpha$ -LA), junto con otras como BSA, GMP, Lf y lactoperoxidasa, constituyen una rica fuente de componentes bioactivos. Estas proteínas han mostrado una variedad de propiedades beneficiosas para la salud, incluyendo funciones intestinales estimuladas, propiedades anticancerígenas, y capacidad para modular la respuesta inmune.

Además, el lactosuero contiene factores de crecimiento similares a la insulina y otros elementos que confieren inmunidad pasiva y beneficios en personas inmunocomprometidas. La hidrólisis de estas proteínas puede liberar péptidos bioactivos con propiedades antihipertensivas, antioxidantes,

antimicrobianas, antidiabéticas, hipocolesterolémicas, inmunoestimulantes y anticancerígenas, ampliando así el potencial saludable del lactosuero.

- 1. Lípidos en el Lactosuero:** La fracción lipídica del lactosuero contiene fosfolípidos, ácidos grasos y glicerofosfolípidos con propiedades bioactivas. Los esfingolípidos, como la esfingosina y la ceramida, han demostrado modular diversas funciones fisiológicas y procesos patológicos, mientras que los ácidos grasos, especialmente los poliinsaturados, exhiben efectos protectores contra infecciones bacterianas, fúngicas, virales y parasitarias.
- 2. Lactosa y Galacto-oligosacáridos (GOS) en el Lactosuero:** El lactosuero es una rica fuente de lactosa y galacto-oligosacáridos (GOS), como la sialilactosa, que estimulan la absorción intestinal de calcio y favorecen el crecimiento de bacterias beneficiosas. Estos compuestos, junto con derivados enzimáticos y fermentativos de la lactosa, como galactooligosacáridos y lactulosa, presentan propiedades bifidogénicas y antiinflamatorias.

### Caracterización Físicoquímica de los Diferentes Tipos de Lactosuero

En la Tabla 1, se presenta la composición promedio de lactosueros dulces y ácidos [9]:

Tabla 1. Composición promedio lactosueros dulces y ácidos. [Abaigar, 2009]

Propiedad	Lactosueros dulces (g/kg de lactosuero)	Lactosueros ácidos (g/kg de lactosuero)
Materia seca	55 - 75	55 - 65
Lactosa	40 - 50	40 - 50
Grasa bruta	0 - 5	0 - 5
Proteína bruta	9 - 14	7 - 12
Cenizas	4 - 6	6 - 8
Calcio	0.4 - 0.6	1.2 - 1.4
Fósforo (Fosfato g/L)	0.4 - 0.7 (1.0 - 3.0)	0.5 - 0.8 (2.0 - 4.5)
Potasio	1.4 - 1.6	1.4 - 1.6
Cloruros	2.0 - 2.2	2.0 - 2.2
Ácido Láctico	0 - 0.3	7 - 8
pH	> 6.0	< 4.5
Grados Dormic	< 20°	> 50°

En la Tabla 2, se presenta la composición de lactosueros desmineralizados y concentrados [10]:

Tabla 2. Composición de lactosueros desmineralizados y concentrados. [U.S. Dairy Export Council, 2017]

Propiedad	Lactosuero Desmineralizado	Lactosuero Concentrado
Proteínas	11% - 15%	80% - 82%
Lactosa	70% - 80%	4.0% - 8.0%
Grasas	0.5% - 1.8%	4.0% - 8.0%
Cenizas	1.0% - 7.0%	3.0% - 4.0%
Humedad	3.0% - 4.0%	3.5% - 4.5%
pH	6.2 – 7.0	6.0 – 6.7
Color	De crema a crema oscura	De blanco a crema claro
Sabor	Sabor normal del suero lácteo	Soso, limpio

En la Tabla 3, se presenta la composición de lactosueros desproteinizados [11]:

Tabla 3. Composición de lactosueros desproteinizados. [EccoFeed LLC, 2023]

Propiedad	Lactosuero Desproteinado
Proteínas	2% Min
Lactosa	80% Min
Grasas	1% Max
Cenizas	9.2% - 10.2% Max
Humedad	5% Max
pH	5.0 – 6.5
Sodio (mg/100g)	892
Calcio (mg/100g)	561
Potasio (mg/100g)	2650
Fósforo (mg/100g)	801
Magnesio (mg/100g)	127
Cloruro (mg/100g)	1990

### Lactosuero como Residuo Industrial y su Impacto Ambiental

Aproximadamente el 47% de los 115 millones de toneladas de lactosuero producido anualmente a nivel mundial se desecha en el medio ambiente, lo que representa una pérdida significativa de una valiosa fuente de alimentación y contribuye a problemas de contaminación ambiental [12].

El lactosuero contiene una alta carga orgánica, con valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) entre 40,000-60,000 mg/L y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 50,000-80,000 mg/L. Estos niveles elevados de contaminantes orgánicos hacen que el lactosuero sea una fuente significativa de contaminación del agua si no se trata adecuadamente [13].

La composición química de un lactosuero se detalla en la Tabla 4, donde se destaca que más del 90% de la DBO y DQO proviene de la lactosa. Esta información subraya la necesidad de abordar específicamente la gestión de la lactosa en los procesos de tratamiento del lactosuero [14].

Tabla 4. Composición química del suero lácteo. [Saddoud, 2007]

Parámetro	Valor
DQO (g/L)	68.5 ± 3.3
DBO <sub>5</sub> (g/L)	37.71 ± 2.84
SST (g/L)	1.35 ± 0.06
Lactosa (g/L)	45.9 ± 0.88
Proteínas (g/L)	2.71 ± 0.05
pH	4.9 ± 0.88
NTK (g/L)	1.12 ± 0.01
FT (g/L)	0.5 ± 1.8x10 <sup>-3</sup>

El vertido no controlado de lactosuero al medio ambiente tiene consecuencias negativas, ya que los altos niveles de DBO y DQO pueden agotar el oxígeno disuelto en el agua, afectando la vida acuática y generando zonas muertas. Además, la carga orgánica puede contribuir al crecimiento de microorganismos indeseados y promover la eutrofización.

La continua descarga de este subproducto en la tierra pone en peligro la estructura física y química de los suelos, reduciendo los rendimientos de cultivos y provocando serios problemas de contaminación de agua subterránea [12].

Algunas soluciones propuestas para minimizar el impacto ambiental de este subproducto son:

- Tratamiento eficiente: Implementar tecnologías avanzadas de tratamiento para reducir la carga orgánica del lactosuero antes de su descarga al medio ambiente.
- Recuperación de componentes valiosos: Desarrollar procesos que permitan la recuperación de componentes valiosos del lactosuero, como la lactosa, proteínas y minerales, para su uso en la industria alimentaria u otros sectores.
- Reutilización y Reciclaje: Explorar opciones para la reutilización y reciclaje del lactosuero en la producción de alimentos u otros productos, minimizando así el desperdicio.

### Aprovechamiento del Lactosuero en la Industria

El lactosuero ha experimentado un cambio paradigmático en su percepción, gracias a importantes avances tecnológicos que han permitido su transformación en un recurso valioso. Estas tendencias tecnológicas han propiciado nuevas invenciones y aplicaciones en diversos campos, tal como se muestra en la Figura 1, ampliando las posibilidades de aprovechamiento industrial [15].

Algunos de los campos donde se han identificado oportunidades para el uso del lactosuero son las siguientes [16]:

#### **Elaboración de queso de suero:**

La opción más tradicional es la producción de queso de suero, siendo el requesón el más conocido. El proceso implica la desnaturalización térmica de la fracción proteica, y diferentes variantes pueden incluir la adición de ácidos orgánicos, crema o leche durante la manufactura. El requesón artesanal tiene una alta demanda nacional e internacional, ofreciendo a las queserías artesanales un atractivo nicho de mercado.

#### **Bebidas lácteas a partir de lactosuero:**

La industria de bebidas está en constante crecimiento, ofrece oportunidades para la formulación de bebidas funcionales utilizando lactosuero. Las opciones incluyen bebidas de lactosuero con frutas, bebidas fermentadas y bebidas alcohólicas. Estas aprovechan tanto los componentes nutricionales como la versatilidad funcional del lactosuero.

#### **Bebidas de lactosuero con fruta:**

La mezcla de lactosuero con diferentes jugos de frutas crea bebidas atractivas desde el punto de vista organoléptico, nutricional y funcional. La presencia de antioxidantes naturales en las frutas mejora la vida útil de las bebidas y aporta beneficios para la salud.

#### **Bebidas de lactosuero fermentado:**

La fermentación del lactosuero ya sea con flora nativa o cepas específicas produce bebidas con probióticos y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud intestinal. Los granos de kéfir son un consorcio microbiano atractivo para este propósito.

#### **Bebidas alcohólicas de lactosuero:**

La producción de cervezas y vinos a partir de lactosuero presenta una oportunidad innovadora. La incorporación de lactosuero en la elaboración de cervezas artesanales ha demostrado resultados exitosos, brindando sabores únicos y texturas cremosas.

#### **Bebidas para deportistas a partir de lactosuero:**

Las bebidas para deportistas pueden aprovechar el lactosuero parcial o totalmente desproteínizado, añadiendo minerales y carbohidratos. Las proteínas del lactosuero contribuyen a la síntesis proteica y recuperación muscular en atletas bajo rutinas de alta resistencia.

#### **Recuperación de crema y mantequilla:**

El lactosuero puede contribuir a la producción de mantequilla de suero, que posee propiedades emulsificantes y sensoriales atractivas. La mantequilla de suero se reincorpora al proceso durante la elaboración de quesos de textura suave, como los untables o tipo crema.

#### **Reincorporación del lactosuero en el proceso de elaboración de queso:**

Las proteínas de suero pueden reincorporarse al proceso de quesería, aumentando el rendimiento quesero y mejorando la retención de proteínas séricas, lactosa y agua en la matriz caseica.

## Usos en helados, paletas y nieves:

El lactosuero en diversas formas (polvo, concentrado, aislado) puede sustituir grasa en la producción de helados y nieves. Su incorporación no solo reduce costos, sino que también ofrece beneficios nutricionales y funcionales.

## Usos en Panadería y Confeitería:

El lactosuero, en varias formas, puede reemplazar ingredientes costosos en productos de panadería y confitería, como huevo, leche en polvo, mantquilla y sacarosa. Su uso contribuye a características organolépticas y nutricionales deseables.



Figura 1. Opciones de procesamiento del lactosuero de quesería artesanal para su valorización.

[Manzorra, 2019]

## 6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 6.1. METODOLOGÍA

Se considera una investigación de tipo retrospectiva porque se toman como referencia estudios anteriores relacionados al aprovechamiento del lactosuero para el desarrollo de nuevos productos. También es experimental por tener como objeto de estudio la formulación, desarrollo y aceptación de productos en los cuales se incluya el lactosuero como materia prima, con la finalidad de recuperar este desecho y darle una vida útil dentro de los procesos productivos industriales.

### 6.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se consultaron las bases de datos tales como CBUES, Libhub, Google Académico, trabajos de investigación de instituciones de educación superior nacionales e internacionales, entre otros. Con relación a las patentes, se utilizaron Spacenet.com y Google Patentes, además se buscó información por medio de entrevistas con expertos en la formulación y desarrollo de productos en la industria y/o sector académico.

### **6.3. FASE DE LABORATORIO**

Se realizó en los Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química de ITCA-FEPADE y en los Laboratorios del CEICA, donde se realizará de manera conjunta el tratamiento y acondicionamiento del lactosuero, la formulación y desarrollo de los cuatros prototipo de productos propuestos:

1. Yogur.
2. Sorbete.
3. Bebida hidratante.
4. Jabón líquido.

El desarrollo de las fases del proyecto se describe a continuación:

#### **Fase I. Trabajo de campo.**

- Toma de muestras de lactosuero.
- Transportar y almacenar (cadena de frío).

#### **Fase II. Parte experimental.**

Se realizó en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química de ITCA- FEPADE y en los laboratorios del CEICA:

- Mantenimiento y preparación de materia prima: cadena de frío y acondicionamiento de lactosuero.
- Caracterización de lactosuero: análisis fisicoquímico de lactosuero dulce y ácido.
- Preparación de sustancias químicas para formulación de prototipos: preparación de soluciones según concentración indicada en la metodología.
- Formulación de prototipos: mezclado de ingredientes y aditivos para obtener la fórmula óptima para cada prototipo.
- Pruebas de control de calidad y aceptación a los prototipos de productos formulados: Se realizarán pruebas organolépticas y determinación de vida en anaquel.

### **6.4. TRATAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Los datos correspondientes a las caracterizaciones, formulaciones, pruebas de estabilidad y aceptación de materia prima y productos terminados se tabularon estadísticamente según corresponda. Las pruebas de caracterización se realizaron siguiendo marchas de análisis de los compuestos a identificar y cuantificar según la metodología y equipo correspondiente.

Para el desarrollo de los prototipos propuestos se trabajó con dos tipos de lactosuero, dulce y ácido, para identificar qué tipo de suero es más estable y aceptable al prototipo formulado. Los lactosueros utilizados fueron donados por la empresa Los Quesos de Oriente, las muestras fueron tomadas de diferentes lotes y procesos.

## Trabajo de campo

### Caracterización del lactosuero para yogur

A la muestra de lactosuero se le realizaron pruebas fisicoquímicas para determinar de qué composición partíamos para la formulación de yogur. Se realizó una medición por triplicado para conocer el pH de las muestras, como se observa en el Anexo A. Posteriormente se realizó una caracterización instrumental por medio de un analizador de leche marca Aczet, modelo Ultrasonic Milk Analyzer (Milk Pro+), como se observa en el Anexo B.

### Desarrollo de productos alimenticios

La metodología utilizada para el desarrollo de los productos se hizo bajo la aplicación de protocolos estandarizados. En este caso se utilizó el protocolo USA, el cual se muestra en la Figura 2.

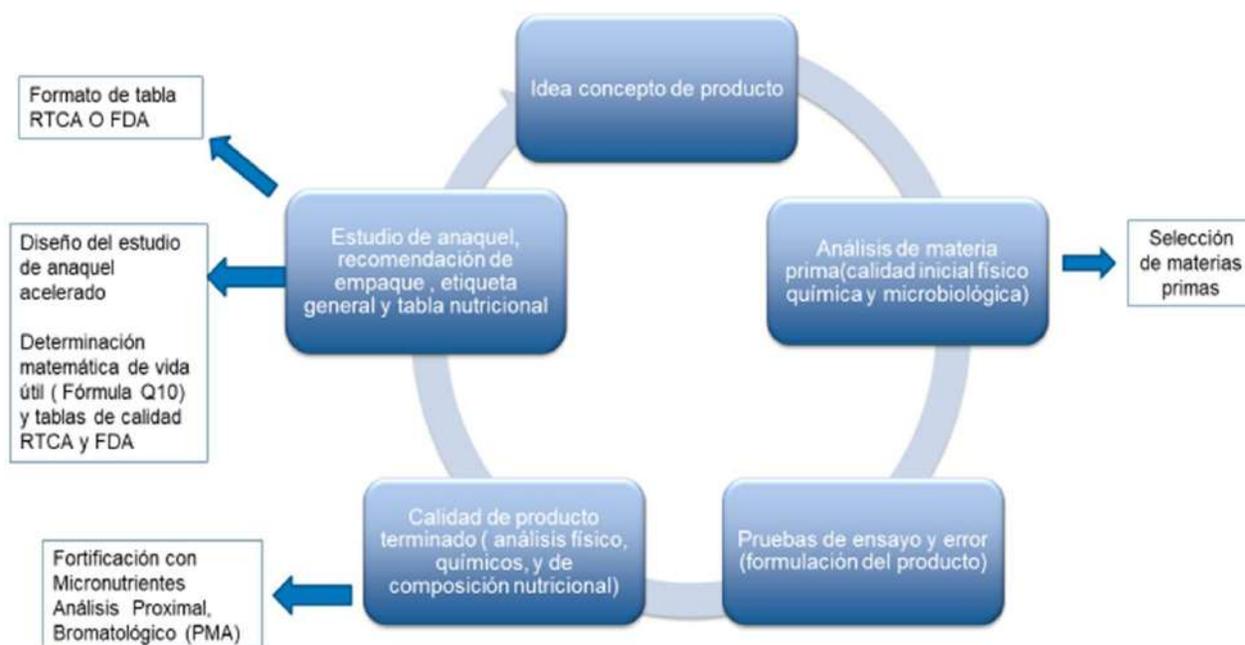


Figura 2. Metodología para el desarrollo de nuevos productos. [CEICA, 2023]

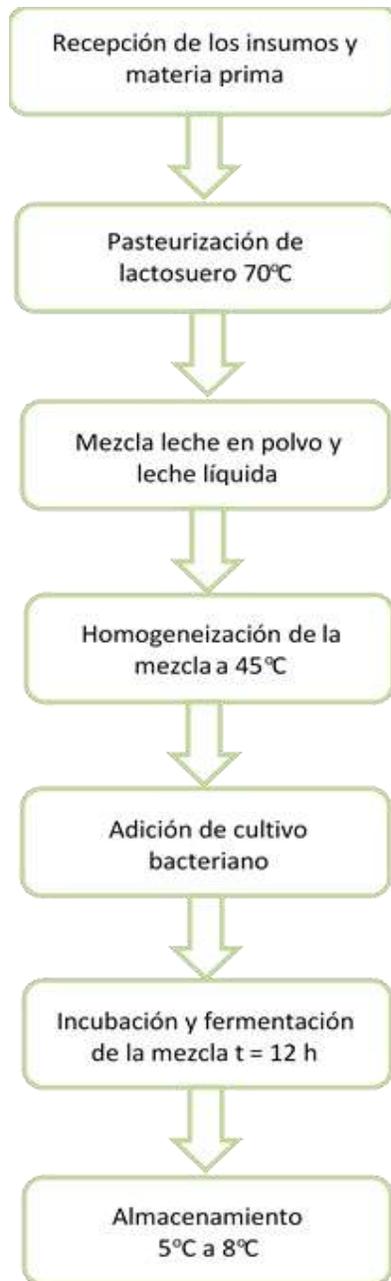
## 6.5. PRODUCTO 1: YOGUR

Para el desarrollo de yogur nos basamos en la formulación genérica para preparación de yogur. El objetivo era sustituir la mayor cantidad de leche líquida de la fórmula original, por lactosuero dulce, sin generar cambios en las características organolépticas del mismo. Se probaron tres formulaciones de yogur:

- Formulación 1: Integración de 40% de lactosuero en fórmula.
- Formulación 2: Integración de 60% de lactosuero en fórmula.
- Formulación 3: Integración de 50% de lactosuero en fórmula.

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de yogur son: leche líquida, leche en polvo y cultivo bacteriano (se utilizó el cultivo Selection Mild 1, la composición y preparación del cultivo se detalla en el Anexo C).

El diagrama de la Figura 3, muestra el proceso general de preparación y desarrollo de los tres prototipos de yogur y en el Anexo D se evidencia la ejecución del mismo.



**Figura 3.** Diagrama de proceso para la elaboración de yogur con lactosuero. [Elaboración propia]

### Formulación #1

Para este prototipo se sustituyó cierta cantidad de leche líquida por aproximadamente 40% de lactosuero en fórmula. Se inició con esta proporción para probar la aceptación y estabilidad del lactosuero en la fórmula.

En la Tabla 5, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 1.

Tabla 5. Formulación de yogur con 40% de lactosuero. [Elaboración propia]

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero	411.0 g
Leche entera líquida	515.4 g
Leche en polvo	100.0 g
Cultivo bacteriano	1.0 g

El yogur obtenido cumplía el aspecto de un yogur natural y la sensación organoléptica fue aceptable.

### Formulación #2

Para este prototipo se sustituyó aproximadamente 60% de lactosuero en fórmula. Se decidió aumentar la dosificación de lactosuero para evidenciar si un aumento considerable de lactosuero lograba mantener la estabilidad del producto. En la Tabla 6, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 2.

Tabla 6. Formulación de yogur con 60% de lactosuero. [Elaboración propia]

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero	616.5 g
Leche entera líquida	309.2 g
Leche en polvo	100.0 g
Cultivo bacteriano	1.0 g

El yogur obtenido cumplía el aspecto de un yogur natural y la sensación organoléptica fue aceptable, pero se decidió que este valor sería el máximo asimilable por la fórmula; debido a que el producto comenzaba a tener mayor sabor a crema y mayor sensación astringente. Por lo tanto, se probó una tercera fórmula disminuyendo un 10% de lactosuero en fórmula.

### Formulación #3

Para este prototipo se sustituyó aproximadamente 50% de lactosuero en fórmula. En la Tabla 7, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 3.

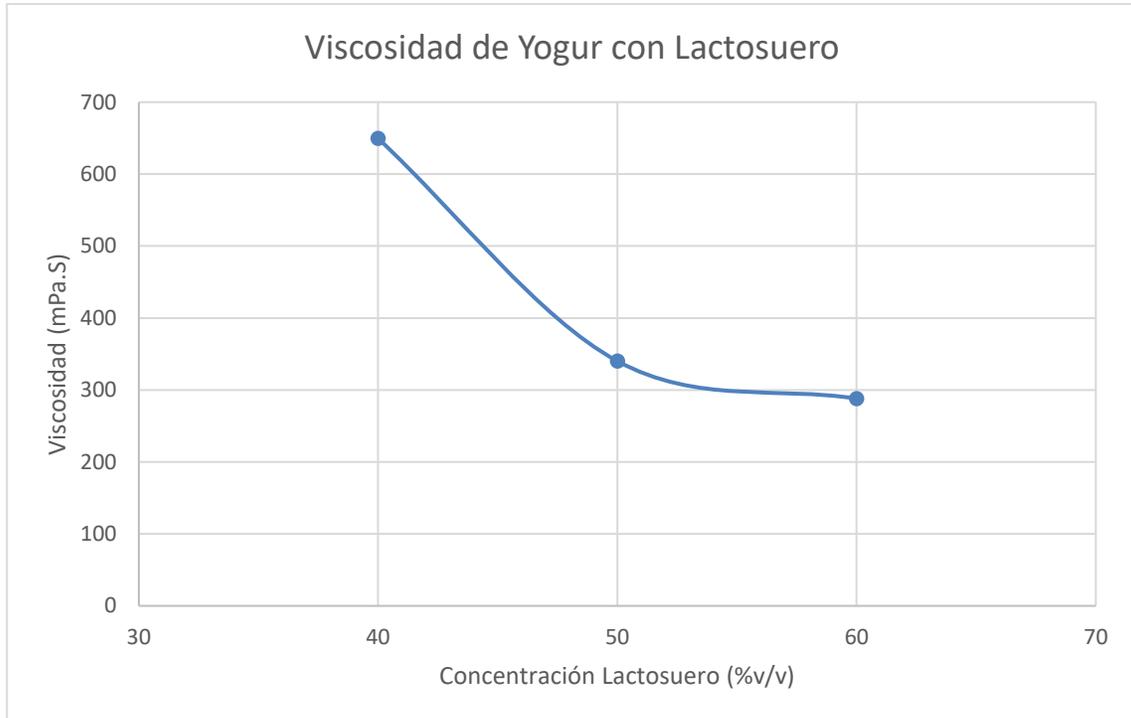
Tabla 7. Formulación de yogur con 50% de lactosuero. [Elaboración propia]

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero	513.8 g
Leche entera líquida	412.3 g
Leche en polvo	100.0 g
Cultivo bacteriano	1.0 g

El yogur obtenido cumplía el aspecto de un yogur natural y la sensación organoléptica fue aceptable.

### Caracterización del yogur

Los tres prototipos desarrollados fueron analizados en un Viscosímetro Brookfield DVE, para observar la relación de viscosidad con el contenido de lactosuero en fórmula se utiliza la gráfica de la Figura 4. En el Anexo E se evidencia el reporte de la prueba realizada.



**Figura 4.** Gráfica de relación concentración de lactosuero y viscosidad. [CEICA, 2023]

### Panel sensorial para prototipos de yogur

Se utilizó una prueba de aceptabilidad afectiva con escala hedónica de 5 puntos para la evaluación de los atributos: sabor, aroma, textura, color y apariencia; de las muestras a analizar. Las categorías con su respectiva puntuación se observan en la Tabla 8.

Tabla 8. Categorías y puntos de evaluación de atributos. [Elaboración propia]

Puntuación	Categoría
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me desagrada
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

La codificación de las muestras evaluadas se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Codificación de muestras para análisis sensorial. [Elaboración propia]

Código de muestra	Atributo
A	40% de lactosuero en yogur
B	50% de lactosuero en yogur
C	60% de lactosuero en yogur
D	Marca de yogur comercial

### Caracterización del lactosuero para sorbete

A la muestra de lactosuero se le realizaron pruebas fisicoquímicas para determinar de qué composición partíamos para la formulación de sorbete.

- Se realizó la medición de pH de la muestra de lactosuero usando un potenciómetro portátil.
- Se midieron los grados Brix de la muestra de lactosuero usando un refractómetro portátil.

## 6.6. PRODUCTO 2: SORBETE

Para el desarrollo de sorbete nos basamos en la formulación genérica para preparación de sorbete. El objetivo era sustituir la mayor cantidad de leche líquida de la fórmula original, por lactosuero dulce, sin generar cambios en las características organolépticas del mismo. Se probaron tres formulaciones de sorbete:

- Formulación 1: Sustitución de 50% de leche líquida en fórmula por lactosuero
- Formulación 2: Sustitución de 60% de leche líquida en fórmula por lactosuero
- Formulación 3: Sustitución de 100% de leche líquida en fórmula por lactosuero

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de sorbete son: leche líquida, leche en polvo, yema de huevo, azúcar, saborizante y estabilizador (se utilizó el estabilizador para sorbete HERMEL F1146-L).

El diagrama de la Figura 5, muestra el proceso general de preparación y desarrollo de los tres prototipos de sorbete y en el Anexo F se evidencia la ejecución del mismo.



Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de sorbete con lactosuero. [Elaboración propia]

### Formulación #1

Para este prototipo se sustituyó aproximadamente 50% de leche líquida en fórmula por lactosuero. Se inició con esta proporción para probar la aceptación y estabilidad del lactosuero en la fórmula. En la Tabla 10, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 1.

Tabla 10. Formulación de sorbete con 50% de lactosuero. [Elaboración propia]

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
Lactosuero	257.5 g
Leche entera líquida	257.5 g
Leche en polvo descremada	23.8 g
Crema de leche	46.9 g
Yema de huevo	20.0 g
Azúcar	75.0 g
Saborizante (fresa)	5.4 g
Estabilizador	1.9 g

El sorbete obtenido cumplía el aspecto de un sorbete comercial y la sensación organoléptica fue aceptable, no se presentaron problemas de cristalización.

### **Formulación #2**

Para este prototipo se sustituyó aproximadamente 60% de lactosuero en fórmula. Se decidió aumentar la dosificación de lactosuero para evidenciar si un leve aumento de lactosuero lograba mantener la estabilidad del producto.

En la Tabla 11, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 2.

Tabla 11. Formulación de sorbete con 60% de lactosuero. [Elaboración propia]

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
Lactosuero	309.0 g
Leche entera líquida	206.0 g
Leche en polvo descremada	23.8 g
Crema de leche	46.9 g
Yema de huevo	20.0 g
Azúcar	75.0 g
Saborizante (fresa)	5.4 g
Estabilizador	1.9 g

El sorbete fue estable y organolépticamente aceptable, no se presentaron problemas de cristalización. Se hizo una prueba con saborizante de vainilla, pero se decidió realizar todas las pruebas con saborizante de fresa ya que es un sabor más estándar para el consumidor. Al observar la estabilidad del producto se decidió desarrollar un sorbete sustituyendo el 100% de leche líquida por lactosuero. Por lo tanto, se probó una tercera fórmula con 100% de lactosuero en fórmula y 0% de leche líquida.

### **Formulación #3**

Para este prototipo se sustituyó 100% de lactosuero en fórmula. En la Tabla 12, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 3.

Tabla 12. Formulación de sorbete con 100% de lactosuero. [Elaboración propia]

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero	515.0 g
Leche en polvo	23.8 g
Crema de leche	46.9 g
Yema de huevo	20.0 g
Azúcar	75.0 g
Saborizante (fresa)	5.4 g
Estabilizador	1.9 g

El sorbete formulado fue estable y organolépticamente aceptable.

### Panel sensorial

Se utilizó una prueba de aceptabilidad afectiva con escala hedónica de 5 puntos para la evaluación de los atributos: sabor, aroma, textura, color y apariencia; de las muestras a analizar. Las categorías con su respectiva puntuación se observan en la Tabla 13.

Tabla 13. Categorías y puntos de evaluación de atributos. [Elaboración propia]

Puntuación	Categoría
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me desagrada
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

La codificación de las muestras evaluadas se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Codificación de muestras para análisis sensorial. [Elaboración propia]

Código de muestra	Atributo
A	50% de sustitución de leche líquida por lactosuero en sorbete
B	60% de sustitución de leche líquida por lactosuero en sorbete
C	100% de sustitución de leche líquida por lactosuero en sorbete
D	0% de sustitución de leche líquida por lactosuero en sorbete

### Caracterización del lactosuero para bebida hidratante

A la muestra de lactosuero se le realizaron pruebas fisicoquímicas para determinar de qué composición partíamos para la formulación de una bebida hidratante.

- Se realizó la medición de pH de la muestra de lactosuero usando un potenciómetro portátil.
- Se midieron los grados Brix de la muestra de lactosuero usando un refractómetro portátil.

## 6.7. PRODUCTO 3: BEBIDA HIDRATANTE

Para el desarrollo de las bebidas hidratantes partimos de la riqueza de componentes nutricionales del lactosuero para desarrollar una bebida hidratante con base de lactosuero. El objetivo era integrar los sabores más estables y adecuados a la naturaleza del lactosuero ácido. Se probaron tres formulaciones de bebidas:

- Formulación 1: Integración de 50% de lactosuero en fórmula
- Formulación 2: Integración de 70% de lactosuero en fórmula
- Formulación 3: Integración de 80% de lactosuero en fórmula

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de bebidas hidratantes son: agua, azúcar, saborizante, colorante y lactosuero.

El diagrama de la Figura 6, muestra el proceso general de preparación y desarrollo de los tres prototipos de bebida hidratante y en el Anexo G se evidencia la ejecución del mismo.



**Figura 6.** Diagrama de proceso para la elaboración de bebida hidratante con base de lactosuero.  
[Elaboración propia]

### Formulación #1

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 50% de lactosuero en fórmula. Se inició con esta proporción para probar la aceptación y estabilidad del lactosuero en la fórmula. En la Tabla 15, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 1.

Tabla 15. Formulación de bebida hidratante con 50% de lactosuero. [Elaboración propia]

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
Lactosuero	500.0 mL
Agua	400.0 mL
Azúcar	50.0 g
Saborizante (mandarina)	2.0 g
Colorante (amarillo)	0.32 g
Colorante (rojo)	0.06 g

La bebida formulada fue estable y organolépticamente aceptable, no se presentaron problemas de separación de fases o generación de coloides o precipitado. Para esta primera formulación también se realizó una prueba con saborizante de coco (4 mL), con la finalidad de tener opciones de sabor y seleccionar el mejor aceptado.

Aprovechando el lactosuero se formularon dos bebidas saborizadas, con el objetivo de evaluar la posibilidad de formular bebidas de esta naturaleza con base de lactosuero. En este caso se probó formulando una bebida saborizada de fresa y una bebida chocolatada. En la Tabla 16 se muestra la formulación de ambas bebidas.

Tabla 16. Formulación de bebidas saborizadas con 50% de lactosuero. [Elaboración propia]

<b>Ingrediente</b>	<b>Bebida saborizada de fresa</b>	<b>Bebida chocolatada</b>
Lactosuero	500.0 mL	500.0 mL
Agua	400.0 mL	400.0 mL
Azúcar	50.0 g	50.0 g
Leche en polvo	15.0 g	25.0 g
Saborizante (fresa)	6.0 mL	-
Colorante (rojo)	0.06 g	-
Cocoa	-	5.0 g

## Formulación #2

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 70% de lactosuero en fórmula. Se decidió aumentar la dosificación de lactosuero para evidenciar si un leve aumento de lactosuero lograba mantener la estabilidad del producto. En la Tabla 17 se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 2.

Tabla 17. Formulación de bebida hidratante con 70% de lactosuero. [Elaboración propia]

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
Lactosuero	700.0 mL
Agua	200.0 mL
Azúcar	50.0 g
Saborizante (mandarina)	2.0 g
Colorante (amarillo)	0.32 g
Colorante (rojo)	0.06 g

La bebida formulada fue estable y organolépticamente aceptable.

### Formulación #3

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 80% de lactosuero en fórmula. Es la máxima integración que se buscó para evitar perder características organolépticas propias de una bebida hidratante. En la Tabla 18, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 3.

Tabla 18. Formulación de bebida hidratante con 80% de lactosuero. [Elaboración propia]

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero	800.0 mL
Agua	100.0 mL
Azúcar	50.0 g
Saborizante (mandarina)	2.0 g
Colorante (amarillo)	0.32 g
Colorante (rojo)	0.06 g

La bebida formulada fue estable y organolépticamente aceptable, pero sí se percibía una sensación ligeramente gustosa y un retrogusto ligeramente lácteo.

### Panel sensorial

Se utilizó una prueba de aceptabilidad afectiva con escala hedónica de 5 puntos para la evaluación de los atributos: sabor, aroma, textura, color y apariencia; de las muestras a analizar. Las categorías con su respectiva puntuación se observan en la Tabla 19.

Tabla 19. Categorías y puntos de evaluación de atributos. [Elaboración propia]

Puntuación	Categoría
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me desagrada
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

La codificación de las muestras evaluadas se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Codificación de muestras para análisis sensorial. [Elaboración propia]

Código de muestra	Atributo
A	70% de lactosuero en fórmula
B	80% de lactosuero en fórmula
C	50% de lactosuero en fórmula

### Caracterización del lactosuero para jabón líquido

A la muestra de lactosuero se le realizaron pruebas fisicoquímicas para determinar de qué composición partíamos para la formulación de jabón líquido.

- Se realizó la medición de pH de la muestra de lactosuero usando un potenciómetro portátil.

Posteriormente se realizó una caracterización instrumental por medio de un analizador de leche marca Aczet, modelo Ultrasonic Milk Analyzer (Milk Pro+).

## 6.8. PRODUCTO 4: JABÓN LÍQUIDO

Para el desarrollo de los prototipos de jabón líquido partimos de las características del lactosuero (dulce y ácido) para desarrollar un jabón líquido con base de lactosuero. El objetivo era integrar los componentes que con el tiempo proporcionaran mejor estabilidad al producto. Se probaron formulaciones con lactosuero dulce y lactosuero ácido:

Los ingredientes de la fórmula base para la preparación de jabón líquido son: lauril sulfato de sodio, fragancia, hidantoína, TEA (trietanolamina), solución de NaCl al 20%.

El diagrama de la Figura 7, muestra el proceso general de preparación y desarrollo de los prototipos de jabón líquido y en el Anexo H se evidencia la ejecución del mismo.



**Figura 7.** Diagrama de proceso para la elaboración de jabón líquido con base de lactosuero. [Elaboración propia]

### Base lactosuero dulce

#### Prototipo #1

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 20% de lactosuero en fórmula. Se inició con esta proporción para probar la aceptación y estabilidad del lactosuero en la fórmula. En la Tabla 21, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 1.

**Tabla 21.** Formulación de jabón líquido con 20% de lactosuero dulce. [Elaboración propia]

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero dulce	5.0 g
Agua destilada	5.0 mL
Lauril sulfato de sodio	2.5 g
Fragancia (manzana)	0.22 g
Hidantoína	0.12 g
TEA	0.2 mL
NaCl 20%	20.0 mL

Se hidrató el lauril sulfato de sodio en 10 mL de agua destilada durante una hora. Luego, se agitó y se disolvieron el lactosuero (pH = 5.6), la fragancia y la hidantoína. Después de mezclar, se agregaron 4 gotas de TEA; el pH subió a 8.1 y la mezcla se mantuvo fluida. Se procedió a añadir 20 mL de solución de NaCl al 20% p/v, y espesó inmediatamente. Se agitó manualmente durante 10 minutos.

### Prototipo #2

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 30% de lactosuero en fórmula. Se decidió aumentar la dosificación de lactosuero y eliminar la TEA de la formulación; ya que el prototipo 1 si cumplía en aspecto visual pero el pH era muy elevado. En la Tabla 22, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 2.

**Tabla 22. Formulación de jabón líquido con 30% de lactosuero dulce. [Elaboración propia]**

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero dulce	10.0 g
Agua destilada	10.0 mL
Lauril sulfato de sodio	2.5 g
Fragancia (manzana)	0.22 g
Hidantoína	0.12 g
NaCl 20%	15.0 mL

Se hidrató el lauril sulfato de sodio en 10 mL de agua destilada durante una hora. Luego se agitó y se disolvieron el lactosuero (pH = 5.8), la fragancia y la hidantoína. Todo se agitó manualmente. Al final, se midió el pH, el cual resulto ser de 5.4. Luego, se llevó a un volumen de 40 mL con agua destilada, y se formó una película. Se agregaron 15 mL de solución de NaCl al 20% p/v; pero la mezcla no espesó y el pH bajó a 5.0.

### Prototipo #3

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 40% de lactosuero en fórmula. En la Tabla 23, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 3.

**Tabla 23. Formulación de jabón líquido con 40% de lactosuero dulce. [Elaboración propia]**

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero dulce	15.0 g
Agua destilada	10.0 mL
Lauril sulfato de sodio	2.5 g
Fragancia (manzana)	0.20 g
Hidantoína	0.12 g
NaCl 20%	10.0 mL

Se hidrató el lauril sulfato de sodio en 10 mL de agua destilada durante una hora. Luego, se agitó y se disolvieron el lactosuero (pH = 5.7), la fragancia y la hidantoína. El pH de la mezcla fue de 5.5; luego se llevó a un volumen de 40 mL con agua destilada. También se añadieron 10 mL de solución de NaCl al 20% p/v, pero el jabón no espesó. Su pH final fue de 4.9.

#### Prototipo #4

Para este prototipo se utilizó “fermento de lactosuero” aproximadamente 50% en fórmula. Para la generación del fermento de lactosuero se tomaron 200 mL de lactosuero pasteurizado. Se depositó en un frasco ámbar y se dejó reposar por 24 horas. Posteriormente se filtró y se le midieron parámetros en el analizador de leche. En la Tabla 24, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 4.

**Tabla 24. Formulación de jabón líquido con 50% de fermento de lactosuero. [Elaboración propia]**

Ingrediente	Cantidad
Fermento de lactosuero	25.5 g
Agua destilada	15.0 mL
Lauril sulfato de sodio	4.5 g
Comperland KD	2.0 g
Glicerina	1.0 g
Metilparaben	0.2 g
Propilparaben	0.1 g
NaCl 25%	7.0 mL

Primero se preparó la solución de cloruro de sodio. Se calentaron 15 mL de agua destilada a 40°C y se disolvieron 2.5 gramos de cloruro de sodio. De esta solución se tomaron aproximadamente 7 mL y se agregaron a la mezcla de Texapon y Comperland, y se disolvió todo inmediatamente. Luego, se añadieron los parabenos disueltos en 5 ml de agua destilada. Posteriormente se añadió el fermento de suero disuelto en agua. La mezcla espesó y tenía buena consistencia hasta que se agregaron 30 mL del fermento, pero se siguió añadiendo y perdió viscosidad. Se adicionó la glicerina y se agito manualmente durante 10 minutos. A las dos horas se midió el pH dando un valor de 7.3, no se observó separación.

#### Prototipo #5

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 40% de lactosuero en fórmula, utilizando otra formulación con nuevos componentes. En la Tabla 25, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 5.

**Tabla 25. Formulación de jabón líquido con 40% de lactosuero en fórmula. [Elaboración propia]**

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero dulce	15.0 g
Agua destilada	10.0 mL
Lauril sulfato de sodio	4.5 g
Comperland KD	2.0 g
Glicerina	0.98 g
Hidantoína	0.11 g
NaCl 25%	5.0 mL

Se mezcló el lauril sulfato con el Comperland y se le agregaron 5 mL de cloruro de sodio al 25% hasta disolución completa. Se añadió la hidantoína disuelta en agua destilada y se agitó. Se disolvieron 15 g

de lactosuero en 10 mL de agua destilada y se agregaron a la mezcla, la cual espesó, se agito fuertemente y se añadió la glicerina. Se siguió agitando por 10 minutos.

### Base lactosuero ácido

#### Prototipo #6

Para este prototipo se utilizó aproximadamente 45% de lactosuero ácido en fórmula. Se inició con esta proporción para probar la aceptación y estabilidad del lactosuero en la fórmula. En la Tabla 26, se muestra la proporción de los ingredientes para el prototipo 6.

**Tabla 26. Formulación de jabón líquido con 45% de lactosuero en fórmula. [Elaboración propia]**

Ingrediente	Cantidad
Lactosuero dulce	13.0 g
Agua destilada	20.0 mL
Lauril sulfato de sodio	4.5 g
Comperland KD	5.0 g
Glicerina	3.0 g
Hidantoína	0.33 g
NaCl 25%	15.0 mL

Se tomó del suero ácido pasteurizado. Se filtró varias veces por la abundante nata y sólidos presentes. Se mezcló el lauril sulfato con el Comperland y se agregaron 5 mL de NaCl al 25% hasta la disolución completa. Añadimos la hidantoína disuelta en agua destilada y se agitó. Se disolvieron 45 g de lactosuero en 20 mL de agua destilada y se agregaron a la mezcla, la cual quedó fluida, y se agitó fuertemente. Se añadieron 10 mL de solución de NaCl al 25% p/v para espesar. Por último, se agregó la glicerina y se agitó por 10 minutos. Se midió el pH después de dos horas de reposo, no se observó separación, pero si un olor rancio. Sin embargo, el fuerte olor a rancio, cantidad de sedimentos y turbidez hicieron que se descartara este prototipo.

## 7. RESULTADOS

Los resultados para este estudio están basados en la caracterización de las muestras de lactosuero, el desarrollo de los productos en el laboratorio y el panel sensorial con consumidores de los productos alimenticios.

### 7.1. PRODUCTO YOGUR

- **pH:** Los resultados de la muestra de lactosuero para la formulación de yogur se presentan en la Tabla 27.

**Tabla 27. Medición de pH de lactosuero para yogur. [Elaboración propia]**

Medición 1	6.11
Medición 2	6.50
Medición 3	6.32
<b>Promedio</b>	<b>6.31</b>

De esta primera valoración de lactosuero proporcionado entra en la categoría de lactosuero dulce. Este tipo de lactosuero beneficia la integración, se podrá reemplazar en mayor proporción en la formulación de yogur.

- **Parámetros fisicoquímicos:** Los resultados en el analizador de leche de la muestra de lactosuero para yogur se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Medición de parámetros fisicoquímicos de lactosuero para yogur. [Elaboración propia]

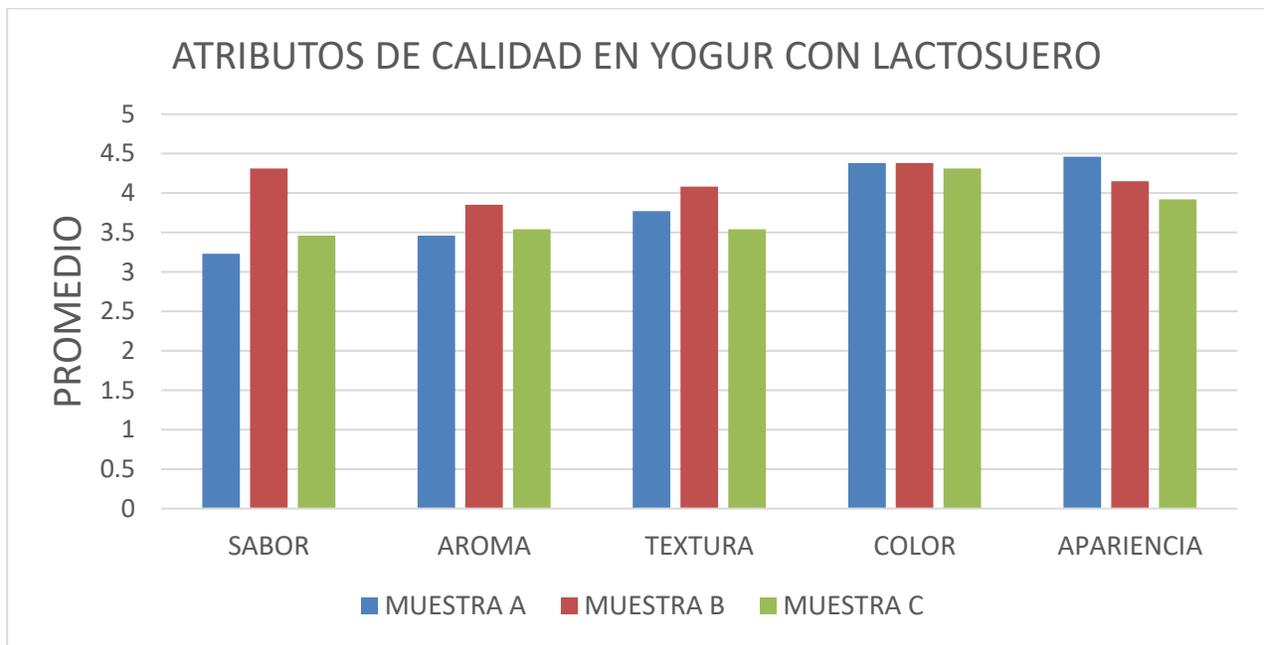
Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Grasa (F)	0.1%	0.0%	0.05%
Sólidos No Grasos (SNG)	7.87%	9.30%	8.59%
Densidad (D)	1029 kg/m <sup>3</sup>	1040.8 kg/m <sup>3</sup>	1034.9 kg/m <sup>3</sup>
Lectura Lactométrica Corregida (CLR)	31.4	37.2	34.2
Proteína (P)	2.8%	3.4%	3.1%
Lactosa (L)	4.3%	5.1%	4.7%
Contenido de Agua Añadida (W)	3.9%	0.0%	1.95%
Temperatura (Temp)	18.54 °C	22.02 °C	20.28 °C
Punto de congelación (Fp)	-0.478 °C	-0.568 °C	-0.523 °C
Sales (SI)	0.60%	0.70%	0.65%

- **Caracterización de las formulaciones de yogur:** En la Tabla 29 se evidencia la relación de concentración de lactosuero respecto a la viscosidad, la cual es inversamente proporcional.

Tabla 29. Resultados de viscosidad para tres prototipos de yogur. [CEICA, 2023]

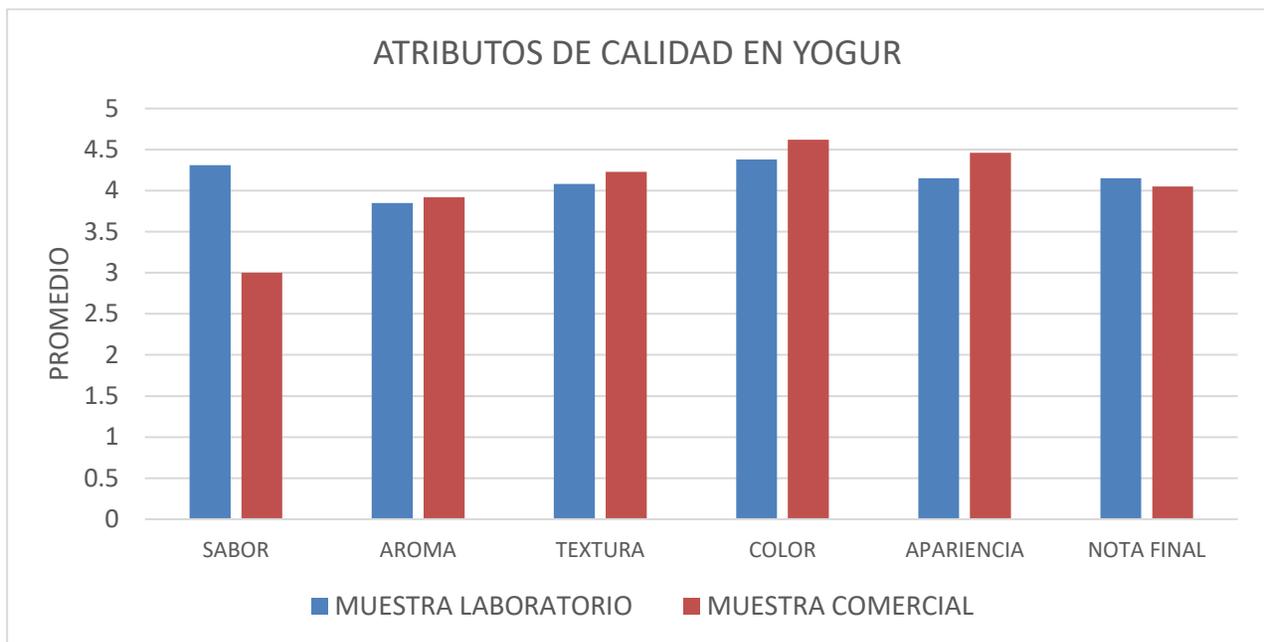
Concentración de Lactosuero (%v/v)	Viscosidad (mPa.S)
40	649.5
50	340.2
60	288.0

- **Panel sensorial:** En la Figura 8 se muestra los resultados de las comparativas de las formulaciones de yogur evaluadas por los consumidores.



**Figura 8.** Gráfica comparativa de atributos sensoriales para las tres muestras de yogur formuladas. [Elaboración propia]

La formulación de yogur mejor evaluada es la Muestra B, cuyo contenido es de 50% de lactosuero en fórmula, por lo tanto, en la Figura 9 se observa la gráfica de atributos sensoriales comparativos entre esta muestra con una muestra de yogur comercial.



**Figura 9.** Gráfica comparativa de los atributos de la muestra de yogur seleccionada contra una muestra de yogur comercial. [Elaboración propia]

La muestra de yogur con 50% de lactosuero en fórmula cumplía y en algunos aspectos superaba a la muestra comercial, lo cual indica que es la muestra mejor aceptada para el desarrollo del producto.

## 7.2. PRODUCTO SORBETE

- **Caracterización de lactosuero:** Los resultados de la caracterización de la muestra de lactosuero para la formulación de sorbete se presentan en la Tabla 30.

**Tabla 30. Caracterización de lactosuero para formulación de sorbete. [Elaboración propia]**

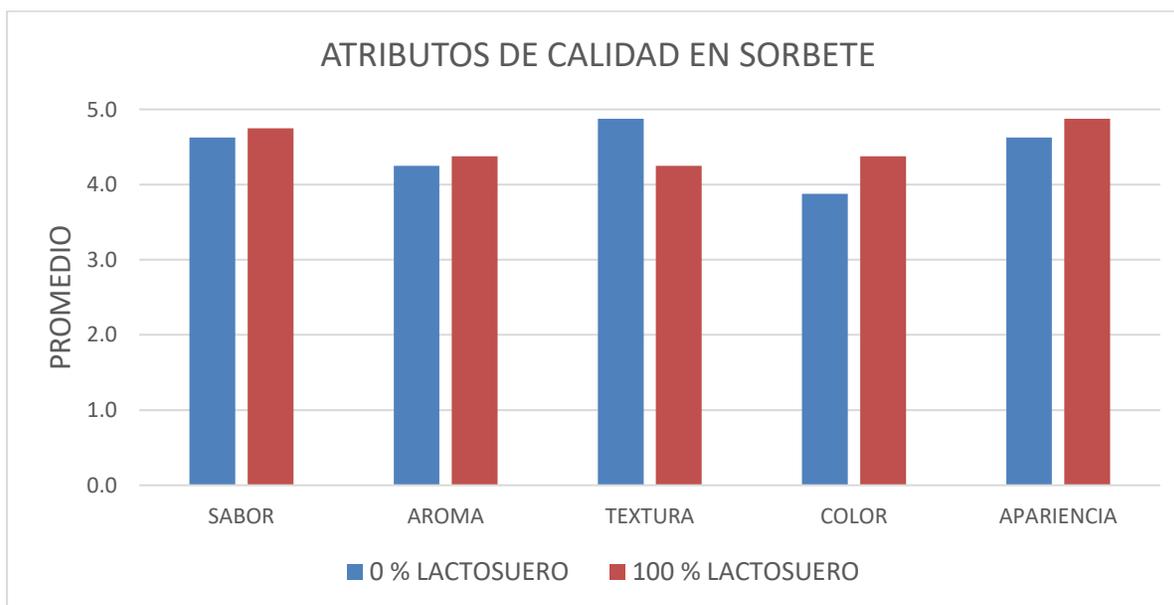
Variable	Valor
pH	6.7
Grados Brix	5.2

- **Caracterización del producto:** De las formulaciones generadas se optó por seleccionar la muestra con formulación de 100% de sustitución de leche líquida por lactosuero; ya que era la que tenía mejor consistencia y mejores parámetros sensoriales. Esta muestra se contrastó con una elaboración de sorbete sin la inclusión de lactosuero en fórmula, en la Tabla 31 se evidencian los resultados de los parámetros medidos.

**Tabla 31. Caracterización de sorbetes formulados. [Elaboración propia]**

Muestra	pH	Grados Brix
Sorbete sin lactosuero en fórmula	6.85	33.27
Sorbete con sustitución de 100% de leche por lactosuero	6.20	22.63

- **Panel sensorial:** En la Figura 10 se muestran los resultados de los atributos sensoriales de las muestras de sorbete evaluadas por los consumidores.



**Figura 10.** Gráfica comparativa de los atributos de la muestra de sorbete seleccionada y sorbete sin lactosuero. [Elaboración propia]

La fórmula de sorbete con sustitución del 100% de leche líquida por lactosuero fue aceptada por los panelistas, obteniendo un producto con atributos muy similares y en algunos casos hasta mejores que la muestra libre de lactosuero.

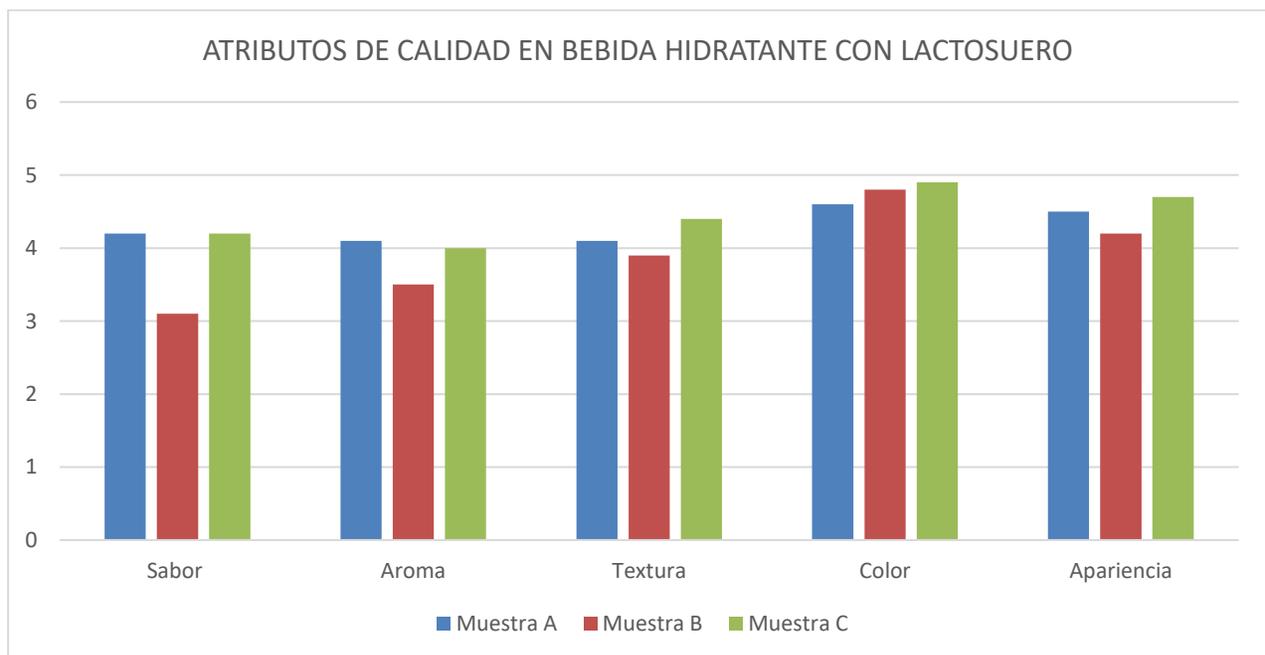
### 7.3. PRODUCTO BEBIDA HIDRATANTE

- **Caracterización de lactosuero:** Los resultados de la caracterización de la muestra de lactosuero para la formulación de una bebida hidratante se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Caracterización de lactosuero para formulación de bebida hidratante. [Elaboración propia]

Variable	Valor
pH	4.47
Grados Brix	7.7

- **Panel sensorial:** En la Figura 11 se muestran los resultados de los atributos sensoriales de las muestras de bebida hidratante sabor mandarina por los consumidores.



**Figura 11.** Gráfica comparativa de los atributos sensoriales de las tres formulaciones de bebida hidratada sabor mandarina. [Elaboración propia]

La muestra mejor puntuada por los consumidores fue la fórmula de la muestra C, la cual corresponde a la formulación con 50% de lactosuero en fórmula.

#### 7.4. PRODUCTO JABÓN LÍQUIDO

- **Caracterización de lactosuero dulce:** Los resultados de la caracterización de las muestras de lactosuero pasteurizado (1 y 2) y del fermento de lactosuero para la formulación de jabón líquido se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Resultado de análisis fisicoquímicos a muestras de lactosuero dulce. [Elaboración propia]

Parámetro	Pasteurizado 1	Pasteurizado 2	Fermento de lactosuero
pH	5.3	5.4	5.3
Grasa	0 %	0 %	0.01 %
Sólidos no grasos	8.13 %	8.01 %	8.39 %
Lactosa	4.4 %	4.4 %	4.6 %
Punto de congelamiento	0.495 °C	0.487 °C	0.512 °C
Densidad	1.0301 g/mL	1.0296 g/mL	1.031 g/mL
Proteína	2.9 %	2.9 %	3.0 %
Sales	32.5 %	32 %	33.5 %
Agua	0.7 %	2.2 %	0 %

- **Caracterización de jabón líquido con base de lactosuero dulce:** En la Tabla 34 se muestran los resultados de los parámetros de calidad medidos de los diferentes prototipos de jabón líquido.

Tabla 34. Resultado de pruebas de calidad de prototipos base lactosuero dulce. [Elaboración propia]

Prueba	Prototipo #1	Prototipo #2	Prototipo #3	Prototipo #4	Prototipo #5
pH	7.9 - 8.1	5.0 - 5.5	5.1 - 5.4	4.8 - 7.3	7.6 - 7.7
Espumabilidad	Abundante	Poca	Poca	Buena	Buena
Untuosidad	Buena	Mala	Buena	Buena	Buena
Aspecto	Líquido viscoso, translúcido	Líquido fluido, con presencia de natas y ligas	Líquido viscoso, con presencia de natas y ligas	Líquido turbio, viscoso	Líquido viscoso, translúcido, sin presencia de natas o sedimentos
Olor	Característico	Característico	Característico	Rancio	Característico

- **Caracterización de lactosuero ácido:** Los resultados de la caracterización de las muestras de lactosuero pasteurizado ácido para la formulación de jabón líquido se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35. Resultado de análisis fisicoquímicos a muestras de lactosuero dulce. [Elaboración propia]

Parámetro	Pasteurizado ácido
pH	5.0
Grasa	0.1 %
Sólidos no grasos	8.96 %
Lactosa	4.9 %
Punto de congelamiento	0.55 °C
Densidad	1.0331 g/mL
Proteína	3.2 %
Sales	35.8 %
Agua	0.0 %

- **Caracterización de jabón líquido con base de lactosuero ácido:** En la Tabla 36 se muestran los resultados de los parámetros de calidad medidos de los diferentes prototipos de jabón líquido.

Tabla 36. Resultado de pruebas de calidad de prototipos base lactosuero ácido. [Elaboración propia]

Prueba	Prototipo #6
pH	6.7
Espumabilidad	Buena
Untuosidad	Buena
Aspecto	Líquido viscoso, opaco, con sedimento
Olor	Fuerte olor a rancio

De los prototipos formulados, el prototipo #5 fue el que presentó mejores condiciones y estabilidad para poder ser desarrollado.

## 8. CONCLUSIONES

1. El lactosuero, considerado un residuo problemático, ha experimentado una transformación notable gracias a las tendencias tecnológicas actuales. Este informe destaca la importancia de su aprovechamiento en campos como la nutrición, salud y biotecnología, resaltando sus propiedades nutricionales. La revisión de literatura especializada y el trabajo de laboratorio desarrollado confirma la diversificación de aplicaciones y la oportunidad de aprovechamiento de este subproducto lácteo como un recurso valioso en la industria alimentaria salvadoreña.
2. La incorporación de lactosuero dulce en la formulación de yogur natural demostró ser aceptable tanto desde el punto de vista de la fórmula como del panel sensorial, logrando un equilibrio efectivo en una proporción del 50%. El prototipo resultante exhibió las características deseadas, comparables a las de un yogur comercial estándar, evidenciando un desarrollo satisfactorio de las cepas lácticas involucradas. Aunque se observó que el período de fermentación fue ligeramente prolongado en comparación con el proceso convencional de yogur sin lactosuero, este ajuste es manejable y no compromete significativamente la viabilidad del producto.

3. La capacidad de sustituir por completo la leche líquida por lactosuero dulce en fórmula sin comprometer la calidad ni las propiedades sensoriales del sorbete emerge como una estrategia de gran relevancia, no solo desde el punto de vista económico al reducir significativamente los costos en la formulación y desarrollo del producto, sino también por haber logrado una estabilidad en la mantecación y obtener un sorbete que cumplía con todas las características organolépticas deseadas. Este hallazgo no solo representa un avance significativo en la optimización de recursos en la producción de sorbetes, sino que también abre una vía aplicable y promisorio en las industrias lácteas para el aprovechamiento eficiente del lactosuero.
4. La elección estratégica de sabores que contrarresten la naturaleza láctea del lactosuero no solo mejora la aceptación sensorial del producto, sino que también diversifica las opciones disponibles en el mercado de bebidas hidratantes. Además, el valor nutricional agregado derivado de los nutrientes presentes en el lactosuero lo posiciona como una alternativa atractiva y funcional para los consumidores de estas bebidas. En términos económicos, su bajo costo de producción proporciona una ventaja competitiva, lo que representa una oportunidad valiosa para incursionar y destacar en el mercado de bebidas hidratantes.
5. A pesar de la expectativa inicial de desarrollar un jabón líquido a partir de lactosuero ácido, se observó que la formulación más estable se lograba con lactosuero dulce. Este enfoque resultó en la creación de un producto aceptable para el público, destacando tanto por su estabilidad fisicoquímica como por su aceptación sensorial. La adaptación de la formulación para aprovechar las propiedades específicas del lactosuero contribuyó al éxito del proyecto, subrayando la importancia de considerar la naturaleza intrínseca de los ingredientes en la formulación de productos innovadores.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mantener una cadena de frío efectiva durante el almacenamiento del lactosuero. La preservación de bajas temperaturas es de vital importancia para prevenir la descomposición del lactosuero, asegurando así su calidad y permitiendo su utilización prolongada en la formulación y pruebas de laboratorio durante el desarrollo de los productos requeridos. Garantizar condiciones de almacenamiento adecuadas no solo preserva las propiedades fisicoquímicas del lactosuero, sino que también contribuye a la consistencia y reproducibilidad de los resultados en el proceso de desarrollo de productos.
2. Se recomienda realizar la caracterización individual de cada muestra de lactosuero, ya que es fundamental comprender la naturaleza específica de este insumo. Aunque las muestras provengan de la misma industria o proceso, las transformaciones que experimenta pueden variar. Por lo tanto, se sugiere llevar a cabo pruebas y análisis específicos según la aplicación prevista para el lactosuero. Esta práctica permitirá una comprensión más precisa de las propiedades y composición de cada muestra, facilitando la toma de decisiones informadas en el diseño y desarrollo de productos específicos. La individualización en la caracterización contribuirá a optimizar el uso y aprovechamiento del lactosuero en diversas aplicaciones industriales.

3. Se recomienda realizar investigaciones centradas en la reducción del tiempo de fermentación en el desarrollo de yogur cuando se incluye el lactosuero en la fórmula. La optimización de este proceso es crucial, ya que representa un punto clave para mejorar la eficiencia y rentabilidad del producto final. La investigación específica sobre cómo acortar el tiempo de fermentación no solo contribuirá a aumentar la eficacia del proceso de producción, sino que también puede tener un impacto significativo en la viabilidad económica del proyecto. La búsqueda de alternativas para agilizar este paso específico del proceso de yogur con lactosuero puede ser fundamental para maximizar los beneficios en términos de tiempo y recursos.
4. Se recomienda realizar un seguimiento continuo al desarrollo de bebidas saborizadas a partir de lactosuero dulce, ya que representan una opción potencialmente beneficiosa como productos alimenticios de bajo costo. Este monitoreo permitirá evaluar la aceptación del mercado, ajustar las formulaciones según sea necesario y explorar oportunidades adicionales para la mejora y diversificación del producto. Dada la naturaleza económica de la propuesta, mantenerse informado sobre las tendencias del mercado y las preferencias del consumidor puede ser esencial para maximizar el impacto y la viabilidad comercial de las bebidas saborizadas con lactosuero dulce.
5. Se recomienda llevar a cabo una cuidadosa selección de los productos químicos utilizados en la formulación de jabón líquido, asegurándose de elegir aquellos que sean compatibles con el lactosuero. Esta consideración es esencial para obtener el producto deseado con estabilidad y propiedades fisicoquímicas óptimas. Se sugiere realizar pruebas y análisis específicos para determinar la compatibilidad de los ingredientes químicos con el lactosuero, contribuyendo así a la formulación de un jabón líquido estable y aceptable desde el punto de vista del consumidor.

## 10. GLOSARIO

**Caseína.** Proteína que se encuentra en la leche, que representa el 80% del valor proteico de dicho alimento y que se encarga de ayudar al organismo en la absorción del calcio.

**Codex Alimentarius.** Es un conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas aprobados por la Comisión del Codex Alimentarius. La Comisión, conocida también como CAC, constituye el elemento central del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias y fue establecida por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) con la finalidad de proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio alimentario.

**DBO.** La demanda bioquímica de oxígeno determina la cantidad de oxígeno disuelto (OD) consumida por los microorganismos para descomponer (en condiciones aeróbicas) la materia orgánica presente en una muestra durante un período de tiempo y temperatura específicos.

**DQO.** Sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno. DQO se expresa en mg/L O<sub>2</sub>.

**FDA.** La Administración de Alimentos y Medicamentos (Food and Drug Administration, FDA, es la agencia del Gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos (tanto para personas como para animales), medicamentos (humanos y veterinarios), cosméticos, aparatos médicos (humanos y animales), productos biológicos y derivados sanguíneos.

**Lactosuero.** Sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso.

**Prototipo.** Primer modelo de un producto o servicio que se lleva intención de testear; o bien, lanzar al mercado como algo totalmente novedoso o porque se trata una versión mejorada de lo ya que había.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. S. Ramírez Navas, «Aprovechamiento Industrial de Lactosuero Mediante,» *Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*, vol. 6, 2016.
- [2] J. P. G. F. R. C. V. E. M. S. Y. & M. M. M. A. Callejas Hernández, «Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo.,» *Acta Universitaria*, vol. 22, nº 1, pp. 11-18, 2012.
- [3] «Think USA Dairy,» U.S. Dairy Export Council , 2017. [En línea]. Available: <https://www.thinkusadairy.org/es/inicio/productos-lacteos-estadounidenses/ingredientes-y-proteina-de-suero-lacteo/categorias-de-suero-lacteo/suero-lacteo-desmineralizado>. [Último acceso: 12 enero 2024].
- [4] «EccoFeed,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.eccofeed.com/es/product/suero-de-leche-desproteinizado/>. [Último acceso: 12 enero 2024].
- [5] «Think USA Dairy,» U.S. Dairy Export Council, 2017. [En línea]. Available: <https://www.thinkusadairy.org/es/inicio/productos-lacteos-estadounidenses/ingredientes-y-proteina-de-suero-lacteo/categorias-de-suero-lacteo/concentrado-de-proteinas-del-suero-lacteo-al-80%C2%A0-wpc-80>. [Último acceso: 12 enero 2024].
- [6] J. S. S. Y. S. P. S. K. L. T. R. D. a. S. R. Y. Yadav, «Cheese whey: Apotential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides.Biotechnology Advances.,» *Biotechnology Advances*, vol. 33, nº 6, pp. 756-774, 2015.
- [7] S. Geoffrey, «Whey and whey proteins—From ‘gutter-to-gold’,» *International Dairy Journal* , vol. 18, nº 7, pp. 695-704, 2008.
- [8] M. Á. Mazorra-Manzano y J. M. Moreno-Hernández, «Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal,» *CienciaUAT*, vol. 14, nº 1, 2019.

- [9] A. Abaigar, «El lactosuero en la alimentación del ganado porcino,» ITG Ganadero, Navarra, 2009.
- [10] U. D. E. Council, «Think USA Dairy,» Dairy Management, 2017. [En línea]. Available: <https://www.thinkusadairy.org/es/inicio/productos-lacteos-estadounidenses/ingredientes-y-proteina-de-suero-lacteo/categorias-de-suero-lacteo/suero-lacteo-desmineralizado>. [Último acceso: 16 enero 2024].
- [11] E. LLC, «EccoFeed,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.eccofeed.com/es/product/suero-de-leche-desproteinizado/>. [Último acceso: 16 enero 2024].
- [12] R. a. G. A. Ben-Hassan, « Continuous propagation of *Kluyveromyces fragilis* in cheese whey for pollution potential reduction.,» *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol. 47, pp. 89-105, 1994.
- [13] D. S. J. a. P. P. Fournier, «Effect of different heterogeneous inocula in acidogenic fermentation of whey permeate.,» *Biotechnology Letters*, vol. 15, pp. 627-632, 1993.
- [14] I. H. S. S. Ahlem Saddoud, «Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey,» *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 2102-2108, 2007.
- [15] R. B. M. & B. L. López, «Caracterización físico-química y microbiológica del lactosuero del queso Paipa,» *Ciencia y Agricultura*, vol. 2, nº 15, pp. 99-106, 2018.
- [16] M. Á. & M.-H. J. M. Mazorra-Manzano, «Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal.,» *CienciaUAT*, vol. 14, nº 1, pp. 133-144, 2019.

## 12.ANEXOS

### 12.1. ANEXO A: PROCESO DE MEDICIÓN DE PH EN MUESTRA DE LACTOSUERO



**12.2. ANEXO B: CARACTERIZACIÓN INSTRUMENTAL DE LACTOSUERO DULCE POR MEDIO DE UN ANALIZADOR DE LECHE MARCA ACZET, MODELO ULTRASONIC MILK ANALYZER (MILK PRO+)**



### 12.3. ANEXO C: PREPARACIÓN DE CULTIVO PARA YOGUR



Colonias de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

## 12.4. ANEXO D: PROCESO GENERAL DE PREPARACIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRES PROTOTIPOS DE YOGUR

Para el desarrollo del yogur se utilizó el cultivo (Selection Mild 1). El cultivo produce un yogur con un aroma muy suave, extra-alta viscosidad y muy baja post-acidificación, adecuado para la fabricación de yogur firme, batido y líquido.

**Composición del cultivo:** *Lactobacillus delbrueckii* subsp y *Bulgaricus Streptococcus thermophilus*.

**Preparación del cultivo para yogur:** Esterilizar todos los instrumentos y cristalería a utilizar para la preparación de la solución. Verter todo el sobre (pack size 5U) en 250 mL de agua a temperatura ambiente. Mezclar por 15 minutos para disolver todo el cultivo.

**Aplicación del cultivo:** Utilizar 1 mL de solución de cultivo por 1 litro de yogur a preparar.

### Proceso de preparación de yogur



## 12.5. ANEXO E: REPORTE DE PRUEBA DE VISCOSIDAD A LAS MUESTRAS DE YOGUR

### REPORTE DE ANÁLISIS

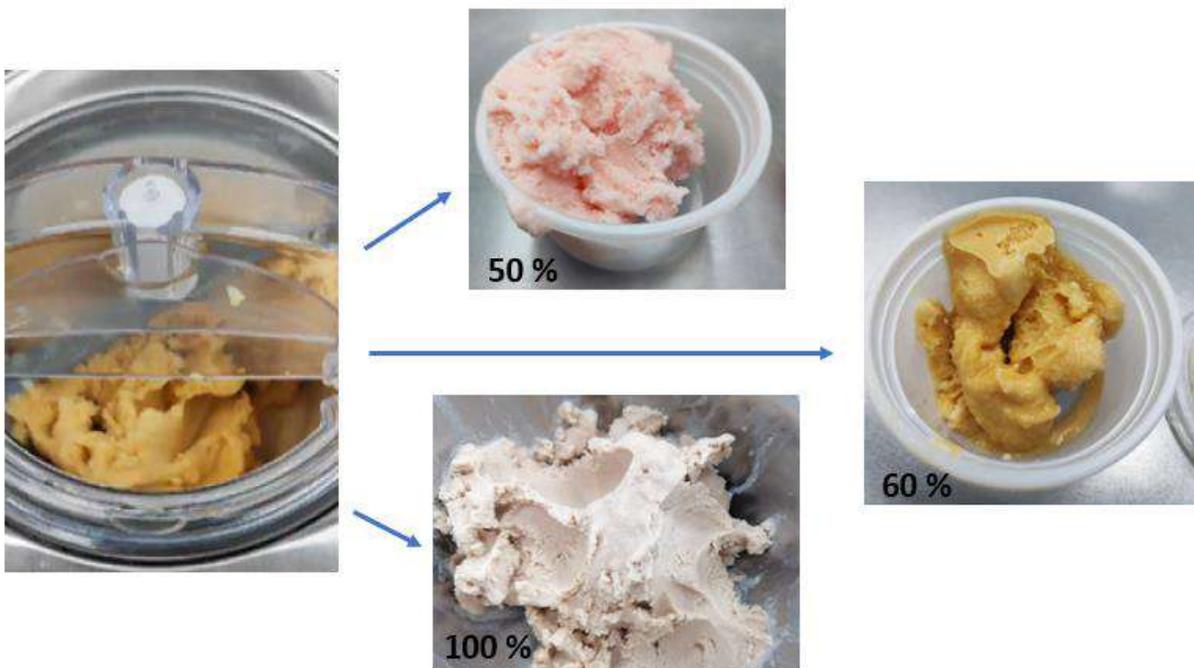
CLIENTE:	LABORATORIO DE ALIMENTOS	CÓDIGO:	LQA-23-07-006-LA
IDENTIFICACIÓN	50/50	Lote:	NA
		Fecha de Ingreso:	12-07-2023
		Muestreo:	CLIENTE
		Reporte:	31-julio-2023
DETERMINACIÓN	COMENTARIOS	RESULTADO	
VISCOSIDAD	MUESTRA DE YOGURT 50/50	340.2 mPa.S	

#### Referencias:

1. Gee V.L. et al. Viscosity of model yogurt system enriched with berley  $\beta$ -glucan as influenced by starter cultures. Inter. Dai. J., Vol. 17, pp. 1083-1088 (2007). Modificado por el laboratorio.



## 12.6. ANEXO F: PROCESO DE PREPARACIÓN Y MUESTRA DE LOS PROTOTIPOS DE SORBETE FORMULADOS



## 12.7. ANEXO G: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE BEBIDAS HIDRATANTES Y BEBIDAS SABORIZADAS FORMULADAS



## 12.8. ANEXO H: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE JABÓN LÍQUIDO



Filtración de lactosuero



Mezcla de tensoactivos



Incorporación de lactosuero



Pruebas de control de calidad a producto final



## 12.9. ANEXO I: EVIDENCIA DEL DESARROLLO DE LOS DIFERENTES PANELES SENSORIALES





## Prototipo de bebida hidratante sabor melocotón



## Prototipo de bebida hidratante sabor banano - fresa



## Formulario para evaluación sensorial de alimentos



### EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS

Nombre \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Sexo: femenino/masculino

Instrucciones: Evalúe el alimento en cuanto a los atributos: sabor, textura, aroma, color y apariencia. Utilice la categoría que va de acuerdo a su gusto, colocando la puntuación correspondiente por muestra y en todos los atributos. GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN.

Puntuación	Categoría
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Muestras/atributos	SABOR	AROMA	TEXTURA	COLOR	APARIENCIA
<b>MUESTRA A</b>					
<b>MUESTRA B</b>					
<b>MUESTRA C</b>					
<b>MUESTRA D</b>					

¿Cuál de las muestras fue su preferida? Marque solo una:

A \_\_\_\_\_ B \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_ D \_\_\_\_\_

Comentarios adicionales sobre el producto:

Formulario llenado por participante del panel sensorial



EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS

Nombre Agustín Abeno Edad 45 Sexo: femenino/masculino

Instrucciones: Evalúe el alimento en cuanto a los atributos: sabor, textura, aroma, color y apariencia. Utilice la categoría que va de acuerdo a su gusto, colocando la puntuación correspondiente por muestra y en todos los atributos. GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN.

Puntuación	Categoría
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Muestras/atributos	SABOR	AROMA	TEXTURA	COLOR	APARIENCIA
MUESTRA A	1	3	5	4	5
MUESTRA B	4	3	4	4	5
MUESTRA C	4	3	3	4	5
MUESTRA D	4	3	5	5	5

¿Cuál de las muestras fue su preferida? Marque solo una:

A \_\_\_\_\_ B \_\_\_\_\_ C  \_\_\_\_\_ D \_\_\_\_\_

Comentarios adicionales sobre el producto:

A = Salada y astringente.  
 B = ligeramente ácido, muy poca sensación astringente.  
 C = sabores más equilibrados, aunque muy líquidos.  
 D = color muy agradable, pero sabor ligeramente astringente y ácido.





## SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### 1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.  
Tel.: (503) 2132-7400

### 2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procvia.  
Tel.: (503) 2440-4348

### 3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.  
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

### 4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tel.: (503) 2669-2298

### 5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión  
Tel.: (503) 2668-4700