

BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA LA PRODUCCIÓN DE **LACTOSUERO** Y SUS USOS POTENCIALES

Adriana Marcela Valero Posada
Martha Elizabeth Benavides Roza



**BUENAS PRÁCTICAS
DE MANUFACTURA PARA
LA PRODUCCIÓN DE**

LACTOSUERO

Y SUS USOS POTENCIALES

**Adriana Marcela Valero Posada
Martha Elizabeth Benavides Rozo**



Buenas prácticas de manufactura para la producción de lactosuero y sus usos potenciales
| Valero Posada; Adriana Marcela | Benavides Rozo; Martha Elizabeth - Tunja Colombia

ISBN: 978-628-7845-50-3

Libro producto de investigación

46 páginas. Tamaño 21.5 x 27.9 cm

Comité editorial

Fr. José Fernando MANCIPE, O.P.

Rector

Fr. José Gregorio HENÁNDEZ TARAZONA, O.P.

Vicerrector Académico

Fr. José Arturo RESTREPO RESTREPO, O.P.

Vicerrector Administrativo y Financiero

Fr. Sergio Andrés MENDOZA VARGAS, O.P.

Decano de División de Arquitectura e Ingenierías

Santiago M. Borda-Malo E.

Corrector de Estilo



Ediciones Usta

Universidad Santo Tomás

2021

Departamento Ediciones Usta Tunja

Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja

Diseño e Impresión:



Búhos Editores Ltda.

Calle 57 N°. 9-36

Tunja – Boyacá

www.buhoseditores.com

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

Se permite la reproducción parcial con la autorización del titular del derecho de autor.

Este libro es registrado en depósito legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 del 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA LA PRODUCCIÓN DE

LACTOSUERO

Y SUS USOS POTENCIALES

Adriana Marcela Valero Posada¹
Martha Elizabeth Benavides Rozo²

1. Universidad Santo Tomás-Sede Tunja. Dirección de Ciencias Básicas. adriana.valero@usantoto.edu.co
2. Universidad Santo Tomás-Sede Tunja. Dirección de Ciencias Básicas. martha.benavidesr@usantoto.edu.co

Contenido

1. Introducción	11
2. Objetivos	13
3. Metodología y Recursos.....	15
3.1 Calidad de la leche y del lactosuero como materia prima	16
3.1.1 Factores físico-químicos de la leche.....	16
3.1.2 Calidad microbiológica de la leche	17
3.1.3 Consideraciones para elaboración de lactosuero	18
3.2 Marco normativo de elaboración de productos lácteos	20
4. Aplicaciones de buenas prácticas en procesos de uso del lactosuero.....	21
4.1 Flujo general del proceso de gestión y aprovechamiento del lactosuero.....	21
4.2 Buenas prácticas esenciales durante el manejo del lactosuero.....	22
4.2.1 Recepción y almacenamiento	22
4.2.2 Higiene del personal y equipos.....	23
4.2.3 Control de calidad fisicoquímica y microbiológica.....	24
4.2.4 Transformación y usos potenciales.....	25
4.3 Registros y trazabilidad	27
4.4 Consideraciones ambientales y sostenibilidad.....	27
5. Usos Comerciales del Lactosuero	31
5.1 Elaboración de productos a base de lactosuero.....	31
5.1.1 Bebidas para la Industria cervecera	34
5.1.2 Bebidas frutales a base de lactosuero	34
5.1.3 Bebidas para deportista.....	35
5.1.4 Jarabe de lactosuero.....	35
5.1.5 Bebidas que no requieren proceso térmico.....	35
6. Consideraciones y Recomendaciones	37
Listado de siglas	39
Referencias.....	41

Resumen

Este Manual de *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la Producción de Lactosuero* y sus usos Potenciales, presenta los lineamientos técnicos, operativos y sanitarios necesarios para garantizar la calidad e inocuidad del lactosuero obtenido como subproducto del proceso de elaboración de quesos artesanales e industriales. Su propósito es ofrecer a operarios y productores locales una guía práctica, que permita estandarizar procesos, reducir pérdidas y promover el aprovechamiento sostenible del lactosuero dentro de la cadena láctea.

El documento integra conceptos actualizados de normatividad sanitaria, control de calidad, y gestión de inocuidad, con una descripción del proceso productivo desde la recepción de la leche hasta la obtención del lactosuero. Además, propone alternativas para su aprovechamiento comercial mediante la elaboración de productos derivados con valor agregado.

Entre los principales resultados se resalta la validación de procedimientos de limpieza, desinfección y control sanitario en empresas aliadas del sector lácteo de la región de Boyacá, como *Lácteos Belén* y *ARAMA*, en el marco del proyecto *FODEIN*: “Aprovechamiento del lactosuero para la generación de valor agregado en la cadena productiva de leche en veredas Tunjanas”.

El manual busca fortalecer la competitividad de pequeños productores, reducir el impacto ambiental del vertimiento del lactosuero y promover la sostenibilidad en la industria láctea, ajustándose con las políticas nacionales de inocuidad alimentaria (Resolución 2674 de 2013) y los estándares internacionales de calidad (*ISO 22000*, 2018) tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC; *FAO / OMS*, 2024) the actual number of HF hospitalizations remains >1 million annually. More than 80% of patients who are hospitalized are initially seen in the emergency department (ED



1. Introducción

La producción de leche y sus derivados constituye uno de los sectores agroindustriales más relevantes para la economía colombiana, tanto por su aporte a la seguridad alimentaria como por su generación de empleo y encadenamientos productivos rurales. Sin embargo, la implementación de políticas sanitarias y de inocuidad impuestas por entidades como el *Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA)* y el *Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*, representa un reto considerable para los pequeños productores, quienes enfrentan altos costos de cumplimiento y limitaciones tecnológicas (Acuña-Rodríguez *et al.*, 2022).

La leche, considerada uno de los alimentos más completos, es también una materia prima altamente sensible a la contaminación, por lo que su calidad depende de un manejo higiénico cuidadoso desde el ordeño hasta el procesamiento. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, los parámetros de calidad de la leche cruda incluyen: pH (6,6–6,8), acidez titulable (0,14–0,16 % de ácido láctico), densidad (1,028–1,032 g/cm³), grasa (mínimo 3 %) y proteína (mínimo 3,2 %). En Colombia, estos estándares se regulan por él, Decreto 616 de 2006, que establece las condiciones para garantizar la inocuidad y aptitud del producto para consumo humano.

El cumplimiento de estas normas sanitarias es esencial no solo para el mercado interno, sino también para los procesos de exportación, en los cuales los costos asociados a certificaciones, inspecciones y control microbiológico suelen limitar la participación de pequeños productores. En consecuencia, muchos de ellos suelen conformarse con el autoconsumo o el comercio local, perdiendo la posibilidad de transformar el lactosuero en productos con mayor valor comercial.

Durante el proceso de elaboración de queso, por cada 10 litros de leche se obtiene aproximadamente 1 kilogramo de queso y 9 litros de lactosuero. Este subproducto, tradicionalmente considerado un residuo, contiene una valiosa proporción de nutrientes: proteínas solubles (0,8–1 %), lactosa (4,5–5 %), grasas (0,3–0,5 %), minerales (0,6 %) y agua (93 %). Cuando no se aprovecha, el lactosuero representa una fuente de contaminación orgánica, presentando una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 40.000 y 60.000 mg/L y una demanda química de oxígeno

(DQO) >60,000 mg/L, (Aponte Colmenares *et al.*, 2023); afectando las fuentes hídricas locales. (Chanfrau *et al.*, 2017; Mazorra-Manzano & Moreno-Hernández, 2019) sin embargo, una alta proporción del volumen generado se sigue tirando, provocando pérdida de nutrientes y problemas de contaminación. El objetivo del presente trabajo fue proveer información sobre las propiedades nutricionales, funcionales y biológicas del lactosuero, generado por la industria quesera artesanal, así como evidencias científicas recientes que sustentan, bajo distintos enfoques tecnológicos, el potencial de aprovechamiento, mediante su transformación o recuperación para adicionarle valor. Las oportunidades en la valorización del lactosuero, a través de la elaboración de diversos productos lácteos, como el requesón (queso de suero; Pineda, 2023)

Frente a este panorama, el presente manual busca ofrecer herramientas de fácil aplicación para transformar el lactosuero en una oportunidad económica y ambiental, mediante la aplicación de *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)* que aseguren la calidad del producto, reduzcan los riesgos sanitarios y fomenten su reutilización en la industria alimentaria.

Este documento fue elaborado en el marco del *Proyecto FODEIN CB.2022-005*, financiado por la Universidad Santo Tomás, Sede Tunja, con el apoyo del grupo de investigación *GCA*T y la colaboración de las empresas *ARAMA* y *Lácteos Belén*. Busca fomentar en los productores una cultura de calidad e inocuidad que contribuya a un sector lácteo sostenible y al mejor uso de los subproductos del proceso.



2. Objetivos

- Identificar los riesgos sanitarios asociados al manejo inadecuado del lactosuero y los puntos críticos de control en su procesamiento.
- Aplicar correctamente los procedimientos de limpieza y desinfección en las áreas y equipos utilizados en la producción de lactosuero.
- Registrar de manera adecuada los controles de calidad exigidos en cada etapa del procesamiento, conforme a los lineamientos de BPM.
- Evaluar el cumplimiento de las normas de higiene personal y operativa en el entorno de trabajo.



3. Metodología y Recursos

La metodología aplicada para implementar las *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)* en la producción de lactosuero se basó en un enfoque práctico. Este enfoque prioriza la mejora continua de los procesos y la formación constante del personal.

Se utilizaron los lineamientos de la Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social, en concordancia con el sistema *HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)*. A partir de ello, se diseñaron protocolos de limpieza, desinfección y control del proceso adaptados a la escala productiva local

Diagnóstico de las condiciones actuales de producción

En esta fase se realizó la observación directa de los procedimientos de recepción, manejo, transformación y almacenamiento de la leche en las plantas vinculadas. Se identificaron los *puntos críticos de control (PCC)* y los riesgos sanitarios asociados al manejo inadecuado del lactosuero.

Estandarización de las Buenas Prácticas de Manufactura

Se implementaron lineamientos conforme a la Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social, en concordancia con el sistema *HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)* (Carro & González, 2017). Esta etapa permitió diseñar protocolos de limpieza, desinfección, manipulación y control de proceso, adaptados a la escala productiva local (Resolución 2674, 2013)

Validación y registro de los procedimientos

Las prácticas se validaron en las empresas *Lácteos Belén* y *ARAMA*. Para ello, se aplicaron controles fisicoquímicos y microbiológicos al lactosuero obtenido y se compararon los resultados con los parámetros de calidad definidos por la normativa nacional e internacional-

Recursos empleados:

- **Infraestructura:** planta piloto, áreas de recepción, pasteurización, coagulación, desuerado y almacenamiento.
- **Equipos básicos:** caldera de acero inoxidable, termómetro digital, moldes para queso, centrífuga de higienización, prensa, balanzas de precisión y recipientes sanitizados.
- **Reactivos y materiales:** cuajo (renina), cloruro de calcio, fermentos lácticos, detergentes neutros, desinfectantes autorizados por *INVIMA*, paños de quesería y envases de almacenamiento.
- **Recursos humanos:** técnicos en producción láctea, operarios de planta, personal de control de calidad e investigadores del grupo *GCAT*.

3.1 Calidad de la leche y del lactosuero como materia prima

3.1.1 Factores físico-químicos de la leche

La leche se caracteriza por su aspecto blanco opaco y textura homogénea. Posee un sabor ligeramente dulce y un aroma fresco, atributos que reflejan su buena calidad (Pineda, 2023). En la tabla No 1 se observan los parámetros fisicoquímicos acorde a la normatividad vigente en Colombia.

La leche y sus derivados posee una relevancia significativa desde las perspectivas nutricional, tecnológica y económica. En cuanto a la nutrición, es ampliamente recomendada como un alimento esencial para los niños; desde el punto tecnológico, se producen una gran variedad de derivados de esta materia prima, como el queso, el arequipe, el yogurt, kumis, entre otros (Pineda, 2023)

La calidad de la leche determina en gran medida la calidad del lactosuero obtenido. Por ello, el control riguroso de la materia prima desde el ordeño es indispensable. De acuerdo con el (Decreto 616 de 2006), la leche cruda destinada a transformación debe cumplir con los siguientes valores promedio, representados en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y normativos de la leche cruda utilizada en la elaboración de productos lácteos y obtención de lactosuero.

Parámetro	Rango óptimo o mínimo	Unidad	Referencia normativa
Temperatura de recepción	≤ 4	°C	(Decreto 616 de 2006)
pH	6.6 – 6.8	—	(Decreto 616 de 2006)
Acidez titulable	0.14 – 0.16	% ácido láctico	(FAO/WHO, 2011)

Parámetro	Rango óptimo o mínimo	Unidad	Referencia normativa
Densidad	1.028 – 1.032	g/cm ³	(FAO/WHO, 2011)
Grasa	≥ 3.0	%	(Decreto 616 de 2006)
Proteína	≥ 3.2	%	(ICONTEC.399, 2002)
Sólidos no grasos	≥ 8.5	%	(Decreto 616 de 2006)

Nota: El incumplimiento de cualquiera de estos parámetros puede comprometer la estabilidad del queso y la calidad del lactosuero, debido a alteraciones en la acidez, la coagulación o la proliferación microbiana.

Igualmente, se identificaron las principales fuentes de contaminación durante el ordeño y almacenamiento:

3.1.2 Calidad microbiológica de la leche

La calidad microbiológica de la leche y sus derivados ha sido objeto de numerosos estudios, por su impacto directo en la salud de la población. En el caso de la leche cruda, su evaluación microbiológica permite determinar la presencia de microorganismos que pueden comprometer la seguridad del producto y reducir su vida útil (Mosso-Arias J, Alfonso-Vargas N, 2024)

En Colombia, la leche cruda debe ajustarse a los parámetros establecidos en el Decreto 616 de 2006, expedido por el Ministerio de Salud y Protección Social, el cual busca promover el uso de buenas prácticas durante el ordeño y garantizar la obtención de una materia prima inocua. La contaminación microbiana puede originarse en infecciones de la glándula mamaria o del conducto del pezón, lo que facilita la entrada de patógenos al producto (Tirloni *et al.*, 2027)

Adicionalmente, la leche puede verse afectada por microorganismos presentes en el entorno cuando ocurren fallas en las etapas de limpieza a lo largo de la cadena productiva. Un ejemplo relevante es *Listeria spp.*, cuya transmisión al ser humano ocurre por el consumo de alimentos de origen animal contaminados durante la manipulación o el procesamiento. También se ha encontrado la presencia de bacterias coliformes, asociadas a prácticas inadecuadas de ordeño, como la falta de limpieza de los pezones, de las manos del operario o de las pezoneras, lo que favorece el contacto con material fecal y la consecuente contaminación del producto (Bucur *et al.*, 2018L. monocytogenes is extremely difficult to control along the entire food chain from production to storage and consumption. Frequent and recent outbreaks of L. monocytogenes infections illustrate that current measures of decontamination and preservation are suboptimal to control L. monocytogenes in food. In order to develop efficient measures to prevent contamination during processing and control growth during storage of food it is crucial to understand the mechanisms utilized by L. monocytogenes to tolerate the stress conditions in food matrices and food processing environments. Food-related stress conditions encountered by L. monocytogenes along the food chain are acidity, oxidative and osmotic stress, low or high temperatures, presence of bacteriocins

and other preserving additives, and stresses as a consequence of applying alternative decontamination and preservation technologies such high hydrostatic pressure, pulsed and continuous UV light, pulsed electric fields (PEF; Hnini *et al.*, 2018)

Estudios en la ciudad de Tunja, Colombia, donde se analizaron 293 tanques de almacenamiento de leche cruda, revelando que el 32% de las muestras estaban contaminadas con *Listeria monocytogenes* (Urbano-Cáceres, *et al.*, 2018; Rodríguez-Auad, 2018). En resumen, se pueden evidenciar los diversos factores de contaminación microbiana en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores de contaminación microbiana en el manejo de la leche y medidas correctivas según las Buenas Prácticas de Manufactura.

Mala práctica	Microorganismo asociado	Consecuencia en la calidad	Medida correctiva
Ordeño sin lavado de pezones	<i>Staphylococcus aureus</i>	Mastitis, acidez alterada	Higienización previa con solución desinfectante
Falta de refrigeración inmediata	<i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Fermentación y riesgo sanitario	Enfriar la leche a ≤ 4 °C inmediatamente
Uso de utensilios contaminados	<i>Pseudomonas</i> spp.	Olores y sabores anómalos	Limpieza con detergente neutro y enjuague con agua caliente
Manipulación sin guantes o cofias	<i>Streptococcus agalactiae</i>	Contaminación cruzada	Capacitación y cumplimiento de BPM
Transporte sin control de temperatura	<i>Enterobacter</i> spp. <i>Bacillus cereus</i>	Aumento de la carga microbiana	Inspección de tanques y registros de temperatura

Adaptación: (Cf. Tirloni *et al.*, 2017; Freitas, *et al.*, 2018; Alvarado C. *et al.*, 2019)

3.1.3 Consideraciones para elaboración de lactosuero

En promedio, para obtener 1 kg de queso se requieren 10 litros de leche, de los cuales se generan aproximadamente 9 litros de lactosuero. El rendimiento y composición del lactosuero dependen de la calidad inicial de la leche y de las condiciones de coagulación y desuerado. Conocer estos intervalos es clave para mantener el control de calidad del lactosuero y garantizar su aprovechamiento o industrialización posterior.

En la Tabla 3, se determinó las características fisicoquímicas del lactosuero siguiendo los métodos oficiales establecidos por la AOAC International (930.15, 985.35, 986.25 y 989.05), que describen los procedimientos estandarizados para la medición de humedad, cenizas, carbohidratos y grasa, respectivamente. Estos análisis permitieron obtener los valores de referencia, correspondientes a las muestras de lactosuero dulce y ácido proporcionadas por Lácteos Belén (2023)

Tabla 3. *Propiedades fisicoquímicas comparativas del lactosuero dulce y ácido de Lácteos Belén (2023).*

Parámetro	Lactosuero dulce (referencias 2019–2024)	Lactosuero ácido (referencias 2019–2024)	Lácteos Belén (Queso pera, 2023)	Unidad	Método / Referencia
pH	6.0 – 6.5	4.2 – 5.0	6.3 ± 0.05	—	Parra (2019); Chanfrau <i>et al.</i> (2017)
Densidad	1.020 – 1.030	1.025 – 1.035	1.029 ± 0.001	g/cm ³	(AOAC., 2019)
Proteína total	0.8 – 1.0	0.7 – 0.9	0.812 ± 0.027	g/100g	Método Kjeldahl
Grasa	0.3 – 0.5	0.2 – 0.4	0.935 ± 0.031	g/100g	(AOAC., 2019)
Cenizas totales	0.5 – 0.6	0.6 – 0.7	0.622 ± 0.015	g/100g	(AOAC., 2019)
Lactosa	4.5 – 5.0	4.0 – 4.6	—	%	Mazorra-Manzano <i>et al.</i> (2019)
Carbohidratos totales	4.0 – 5.0	3.8 – 4.6	4.17 (estimado)	g/100g	(AOAC., 2019)
Calcio (Ca)	40 – 80	50 – 120	118 ± 7.5	mg/100g	(AOAC., 2019)
Sodio (Na)	20 – 30	25 – 35	25.4 ± 0.6	mg/100g	(AOAC., 2019)
Humedad	92 – 94	93 – 95	93.4 ± 1.0	g/100g	(AOAC., 2019)
Calorías	25 – 30	22 – 28	28.3 (calculado)	kcal/100g	Factor Atwater
Sólidos totales	6 – 8	5 – 7	6.6 ± 0.3 (estimado)	%	Cálculo indirecto

Nota: Los resultados obtenidos se ubicaron dentro de los rangos típicos reportados para el lactosuero dulce y ácido, lo que confirma la adecuación de la materia prima empleada y su conformidad con las condiciones exigidas para el procesamiento.

Fuentes científicas y normativas: (Parra, 2019; Mazorra-Manzano et al., 2019; Chanfrau et al., 2017; AOAC., 2019; FAO/OMS, 2024) *the actual number of HF hospitalizations remains >1 million annually. More than 80% of patients who are hospitalized are initially seen in the emergency department (ED).*

3.2 Marco normativo de elaboración de productos lácteos

En Colombia, la regulación de la calidad e inocuidad de la leche y sus derivados se fundamenta en las directrices del *Codex Alimentarius*, complementadas por las disposiciones nacionales que orientan la producción y el control sanitario, garantizando la trazabilidad y seguridad de los productos lácteos. Estas normas definen los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sanitarios necesarios para asegurar materias primas seguras y la correcta aplicación de las *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)* en toda la cadena productiva. De igual forma, los lineamientos emitidos por el *Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA)* y la *FAO / OMS* promueven la unificación de estándares internacionales, impulsando el aprovechamiento sostenible del lactosuero como subproducto con potencial alimentario e industrial. A continuación, se presenta la Tabla 4, que reúne el marco normativo aplicable a la producción y valorización del lactosuero en Colombia.

Tabla 4. Marco normativo y requisitos de calidad e inocuidad de la leche y el lactosuero.

Norma / Documento	Entidad	Aspectos regulados
(Resolución 2674, 2013)	Ministerio de la Protección Social	Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y procedimientos para la inocuidad alimentaria.
(Decreto 616 de 2006, 2006)	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Reglamento técnico sobre producción, transporte y comercialización de leche cruda.
(Resolución 2270 Del 2023)	Ministerio de la Protección Social	Requisitos sanitarios para lactosueros en polvo como materia prima alimentaria.
Informe de vigilancia sanitaria de CMP (2020–2023)	(INVIMA, 2021)	Detección y cuantificación de la caseína macro péptida (CMP) en leche.
(Resolución 2270 Del 2023)	Ministerio de la protección social e INVIMA	Lineamientos técnicos para el manejo y aprovechamiento del lactosuero.
CODEX STAN 192-1995.	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)	Norma general sobre aditivos y contaminantes alimentarios.

Fuente: *Adaptado de: (INVIMA, 2021; FAO/OMS, 2024; Resolución 2674, 2013; Decreto 616 de 2006).*

4. Aplicaciones de buenas prácticas en procesos de uso del lactosuero

El aprovechamiento del lactosuero bajo principios de *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)* establecen normas sobre el proceder de los operarios y el personal en general además que incluye la distribución de las áreas de trabajo y el uso adecuado de agua y desinfectantes. Estas prácticas se ciñen a protocolos establecidos de higiene y manipulación. (Guzmán Cupaja & Urbina Angarita, 2021) legumbres, hortalizas y tubérculos para consumo humano, mediante el proceso de deshidratación; esta empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Villavicencio (Colombia

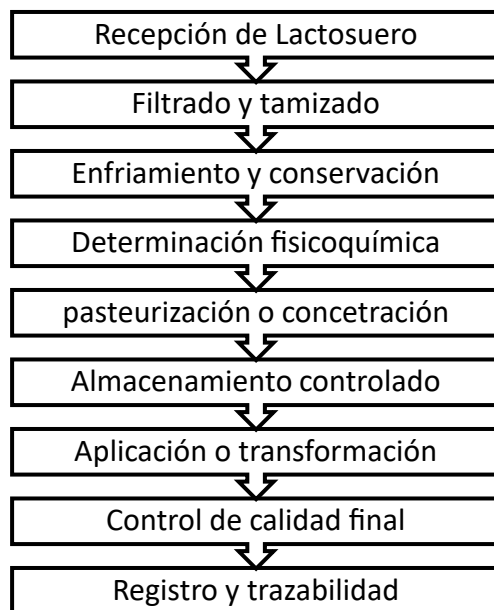
El aprovechamiento del lactosuero bajo principios de *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)* constituye una estrategia clave para la sostenibilidad ambiental y económica del sector lácteo. Su correcta gestión evita impactos negativos derivados del vertimiento de materia orgánica y, al mismo tiempo, permite transformar un residuo en un insumo de alto valor agregado, aprovechable en alimentos, bebidas y derivados.

Las *BPM* aplicadas al uso del lactosuero deben garantizar condiciones de inocuidad, trazabilidad y control de calidad en cada etapa del proceso, desde la recolección hasta la obtención de productos derivados y establecen normas sobre el proceder de los operarios y el personal en general (Guzmán Cupaja & Urbina Angarita, 2021) legumbres, hortalizas y tubérculos para consumo humano, mediante el proceso de deshidratación; esta empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Villavicencio (Colombia. Estas prácticas se orientan bajo los lineamientos establecidos en la Resolución 2674 de 2013 (*INVIMA*), el Decreto 616 de 2006 del Ministerio de Agricultura, la (Resolución 2997 de 2007, 2007) Ministerio de Salud y las guías del *Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2024)* the actual number of HF hospitalizations remains >1 million annually. More than 80% of patients who are hospitalized are initially seen in the emergency department (ED

4.1 Flujo general del proceso de gestión y aprovechamiento del lactosuero

El Gráfico 1 corresponde al diagrama de flujo que resume las etapas operativas para la elaboración del Lactosuero:

Gráfico 1. Diagrama de flujo de Lactosuero.



Fuente: Elaboración propia.

Cada etapa requiere la aplicación de medidas preventivas de higiene, monitoreo y documentación, conforme a los principios *HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)*, dentro de un programa de *Gestión de la Calidad o Sistema ISO 22000*. Establece los requisitos para garantizar la seguridad alimentaria (*ISO 22000, 2018*). Estas políticas internacionales se desarrollan como parte de los esfuerzos por unificar criterios de control y calidad, con el propósito de garantizar que los alimentos sean cada vez más seguros para el consumo (Carro & González, 2017).

4.2 Buenas prácticas esenciales durante el manejo del lactosuero

4.2.1 Recepción y almacenamiento

- El lactosuero debe ser recolectado inmediatamente después del proceso de desuerado, evitando la exposición a temperaturas ambientales.
- Mantener el producto a $\leq 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ para prevenir la fermentación y el crecimiento microbiano.
- Los tanques y conductos deben estar fabricados en acero inoxidable grado alimentario, con un diseño que facilite el drenaje y la limpieza.

En la *Figura 1* se observa una vista general de la planta Lácteos Belén, espacio en el que se desarrollan las operaciones de recepción y tratamiento del lactosuero bajo condiciones controladas de limpieza y seguridad alimentaria.

Figura 1. Equipos y utensilios.



Fuente: Autores (lácteos Belén).

4.2.2 Higiene del personal y equipos

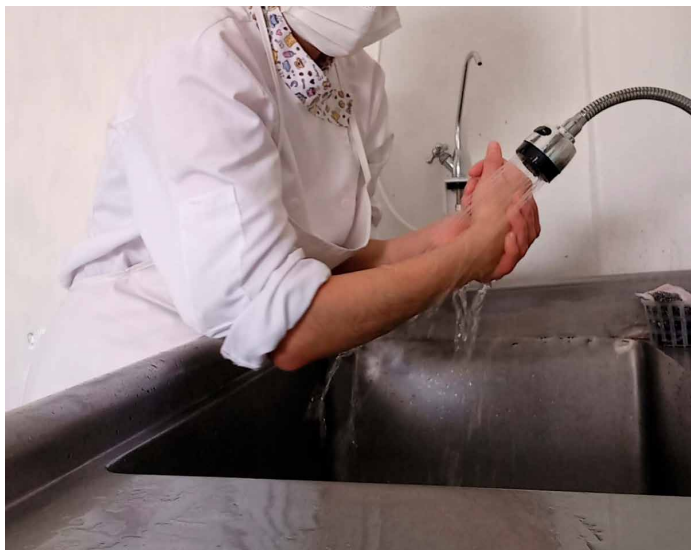
El personal debe usar ropa exclusiva de la zona de procesamiento, con cofias, guantes y mascarillas.

Implementar un plan de limpieza y desinfección validado (PLD), registrando cada operación en bitácoras diarias.

Evitar la reutilización de utensilios sin lavado completo, siguiendo las recomendaciones de (INVIMA, 2023)

En las Figuras 2 a 4 se observan las medidas de limpieza, desinfección y bioseguridad aplicadas en la *Planta ARAMA*, que incluyen la desinfección de utensilios, el aseo del personal y el uso correcto de los *elementos de protección personal (EPP)*, esenciales para asegurar la inocuidad del proceso.

Figura 2. Aseo de los Operarios.



Fuente: Autores (Empresa ARAMA).

Figura 3. Desinfección en el proceso operativo.



Figura 4. Aseo de equipos.



Fuente: Autores (Empresa ARAMA)

4.2.3 Control de calidad fisicoquímica y microbiológica

Según Tirloni y colaboradores (2017), la presencia de *Bacillus cereus* en productos lácteos representa un riesgo microbiológico relevante, ya que sus esporas pueden resistir la pasteurización y desarrollarse en condiciones de pH neutro o almacenamiento inadecuado, generando toxinas responsables de intoxicaciones alimentarias. La acidez natural y la presencia de bacterias lácticas actúan como barreras biológicas efectivas para inhibir su crecimiento (Tirloni *et al.*, 2017).

Se deben realizar análisis de pH, proteína, grasa, cenizas, calcio, sodio y humedad conforme a los métodos (AOAC, 2019)

Para control microbiológico, los recuentos deben mantenerse en niveles aceptables:

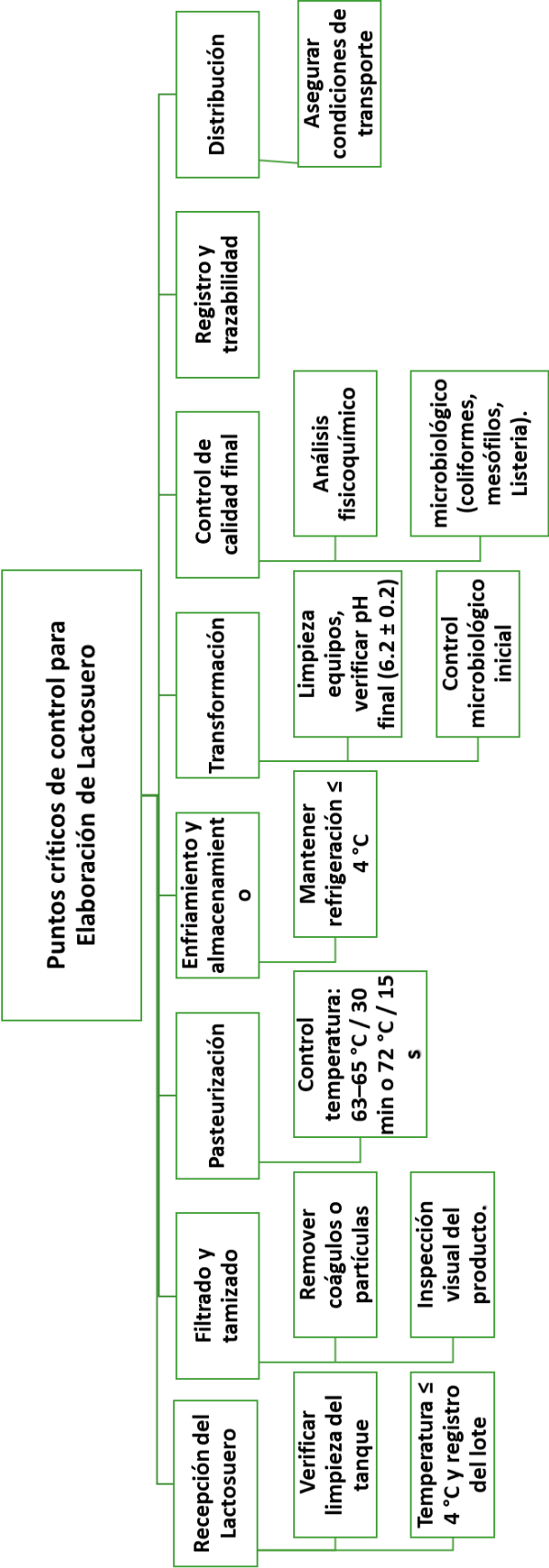
- Coliformes totales < 10 UFC/mL
- Ausencia de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella spp.*
- Mesófilos aerobios < 10⁵ UFC/mL

4.2.4 Transformación y usos potenciales

- El lactosuero puede emplearse en la elaboración de bebidas lácteas fermentadas, concentrados proteicos, alimentos para ganado y productos de panadería.
- La pasteurización o concentración térmica es obligatoria antes de su incorporación en procesos alimentarios.
- En usos industriales o agrícolas, el manejo debe cumplir con la Guía de gestión de lactosueros del (INVIMA, 2023), garantizando la disposición segura del excedente.

En el *Gráfico 2* se presentan los principales puntos de control que deben supervisarse durante la producción de lactosuero, con el propósito de asegurar que el proceso se mantenga dentro de los parámetros de higiene y calidad establecidos.

Gráfico 2. Puntos de control del proceso de elaboración del lactosuero.



Fuente: Elaboración propia.

Cada etapa representa un *punto crítico de control (PCC)* donde se deben establecer límites medibles, acciones correctivas y evidencia documental, de acuerdo con los lineamientos de *HACCP* y la Resolución 2674 de 2013 y la verificación de *INVIMA*, los cuales son:

- En la recepción, el peligro principal es la contaminación cruzada o el incremento microbiano por fallas de refrigeración.
- Durante el filtrado y tamizado, se controla la presencia de coágulos o residuos sólidos que pueden alterar la calidad o servir de sustrato microbiano.
- En el tratamiento térmico, el riesgo se asocia a una pasteurización deficiente, que permitiría la supervivencia de patógenos como *Listeria monocytogenes* o *Bacillus cereus*.
- Durante el enfriamiento y almacenamiento, puede ocurrir contaminación **post** pasteurización si no se mantiene el sellado hermético y la refrigeración constante. En la aplicación o transformación, el peligro radica en la higiene inadecuada de los equipos o desviaciones de pH que favorecen el crecimiento microbiano.
- En el control final de calidad, se debe verificar la ausencia de coliformes, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella spp.*, asegurando parámetros fisicoquímicos estables.
- Finalmente, en la distribución, el riesgo principal es la ruptura de la cadena de frío o uso de envases contaminados, lo que exige un estricto control de trazabilidad y transporte refrigerado. (Resolución 2997 de 2007) (Tirloni *et al.*, 2017)

4.3 Registros y trazabilidad

La documentación de cada etapa del proceso es una exigencia de las *BPM* y del sistema *HACCP*. Debe incluir:

- Formato de recepción del lactosuero (fecha, origen, volumen, temperatura).
- Registro de limpieza y desinfección de equipos.
- Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos.
- Bitácora de almacenamiento y distribución.

La trazabilidad garantiza que cualquier producto derivado pueda ser identificado desde su origen hasta su destino final, permitiendo acciones correctivas rápidas en caso de desviaciones o alertas sanitarias.

4.4 Consideraciones ambientales y sostenibilidad

El manejo responsable del lactosuero contribuye a reducir la carga contaminante de la industria láctea. Cada litro de suero vertido sin tratamiento puede generar una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 40.000–60.000 mg/L, lo cual afecta gravemente los ecosistemas acuáticos (Parra, 2019; Chanfrau *et al.*, 2017)

Por tanto, la implementación de *BPM* debe acompañarse de planes de aprovechamiento o valorización, como:

- Producción de bebidas probióticas o fermentadas.
- Obtención de concentrados proteicos (*WPC/WPI*).
- Elaboración de fertilizantes o suplementos agrícolas.
- Producción de biogás mediante biodigestores.

Implementar buenas prácticas de manufactura y cumplir con regulaciones específicas asegura la inocuidad del producto, lo que también es clave para reducir el impacto ambiental del lactosuero al reutilizarlo o tratarlo adecuadamente. La *Tabla 5*, resume la ficha de control sanitario que se debe tener en cuenta en todos los procesos de producción.

Tabla 5. *Ficha Técnica de Control Sanitario de la Leche para Producción de Lactosuero.*

“Buenas Prácticas de Manufactura para la Producción y Aprovechamiento del Lactosuero”

Programa:	Manual de BPM para la Producción y Aprovechamiento del Lactosuero
Modalidad:	Semipresencial (teoría virtual y práctica en planta piloto)
Nombre del proveedor:	Ubicación de origen:
Número de lote:	Fecha de recolección:
Hora de llegada a planta:	Responsable de recepción:

Parámetros fisicoquímicos:

Parámetro	Valor medido	Rango o límite recomendado	Observaciones
Temperatura de recepción	_____ °C	≤ 4 °C	
pH	_____	6.6 – 6.8	
Densidad	_____ g/cm ³	1.028 – 1.032	
Acidez titulable	_____ % ácido láctico	≤ 0.16 %	
Grasa	_____ %	≥ 3.0 %	
Proteína	_____ %	≥ 3.2 %	
Sólidos no grasos	_____ %	≥ 8.5 %	

Parámetros microbiológicos:

Análisis	Resultado	Límite máximo permitido	Cumple (Sí/No)
Recuento total de mesófilos	_____ UFC/mL	≤ 100,000 UFC/mL	
Recuento de coliformes totales	_____ UFC/mL	≤ 10 UFC/mL	
Presencia de antibióticos	Sí / No	Debe ser “No”	
Células somáticas	_____ células/mL	≤ 400,000 células/mL	

Pruebas sensorialesColor: Blanco Blanco amarillento Otro: _____Olor: Fresco Rancio Otro: _____Sabor: Lácteo suave Ácido Otro: _____**Verificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM):**

Aspecto evaluado	Cumple (Sí/No)	Observaciones
Limpieza del tanque de transporte	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Higiene del personal de recepción	<input type="checkbox"/> Adecuada <input type="checkbox"/> Inadecuada	
Equipos y utensilios sanitizados	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Registro en bitácora de control	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	

Destino de la leche Aceptada para producción de queso y generación de lactosuero Rechazada (fuera de especificación)

Observaciones adicionales:

Firma y validación:

Responsable de recepción: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Nota: Los datos provienen de mediciones directas realizadas con termómetro digital, pH-metro, lactodensímetro, titulador y analizador rápido de grasa/proteína.

Fuente: Adaptación desarrollada a partir de los lineamientos del INVIMA e ICONTEC.

Tabla 6. Ejemplo de diligenciamiento de la ficha “Parámetros fisicoquímicos”.

Parámetro	Valor medido	Rango o límite recomendado	Observaciones
Temperatura de recepción	3.5 °C	≤ 4 °C	Cumple
pH	6.7	6.6 – 6.8	Aceptable
Densidad	1.030 g/cm ³	1.028 – 1.032	Dentro del rango
Acidez titulable	0.15 %	≤ 0.16 %	Normal
Grasa	3.4 %	≥ 3.0 %	Cumple
Proteína	3.3 %	≥ 3.2 %	Cumple
Sólidos no grasos	8.7 %	≥ 8.5 %	Conforme

5. Usos Comerciales del Lactosuero

5.1 Elaboración de productos a base de lactosuero

El lactosuero se origina durante la producción de quesos, a partir de la separación de la cuajada. Está constituido principalmente por agua, lactosa, proteínas solubles, minerales y pequeñas fracciones de grasa (FAO / OMS, 2024). Aunque durante mucho tiempo fue considerado un desecho, hoy se valora como una materia prima de gran interés por su alto contenido nutricional y su potencial para generar productos innovadores. Su aprovechamiento adecuado fortalece la sostenibilidad del sector lácteo y contribuye al desarrollo de modelos basados en economía circular.

En la industria alimentaria, el lactosuero se utiliza en la elaboración de bebidas refrescantes, fermentadas, energéticas y alcohólicas, así como en productos de panadería, confitería y suplementos proteicos. Los concentrados de proteína de suero (WPC), los aislados (WPI) y los hidrolizados proteicos se destacan como subproductos de alto valor agregado por su excelente digestibilidad y funcionalidad tecnológica, mejorando la textura, color y estabilidad de los alimentos (Parra, 2019; Schaan, 2022).

Alaska. The 1970 shipment consisted of 31 otter which were to be released on the southern Oregon Coast near the town of Port Orford. Two of these animals died in holding pens and 29 were successfully released to the wild on 18 July 1970. A second shipment of 64 sea otter was divided into two groups. On 24 June 1971, 24 otter were released at Port Orford and 40 more were released near Cape Arago. Total documented mortality of the translocated sea otter consisted of eight animals, seven of these were found within 1 week of the releases. During the study period reports of sea otter were distributed from Tillamook Head to Brookings, Oregon, a distance of approximately 276 miles. A single report was received from Tolvana Beach, Oregon, 181 miles north of the nearest release site. Concentrations of otter were established at two locations during 1972, Simpson and Blanco reefs. The number of animals that could be observed at either of these sites seemed to be related to the season, with most otter using Simpson Reef during the winter months, subsequently moving to Blanco Reef 35 miles to the south as the weather subsided. The use patterns for 1972-73 were similar to those for 1971-72; however, the number of otter using Simpson Reef during the winter of 1972-73 was less than for the previous winter,

suggesting that a portion of the herd may have remained in the vicinity of Cape Blanco during winter 1972-73. It is estimated that 30-35 sea otter were on the coast at the termination of this study (5 October 1973)

De igual forma, el lactosuero dulce proveniente de quesos frescos tipo pera o campesino, por su pH cercano a la neutralidad y su alta concentración de lactosa, resulta ideal para la formulación de yogures líquidos, bebidas fermentadas y postres lácteos, donde puede ser parcialmente sustituido por leche, reduciendo costos y manteniendo calidad sensorial (Asas *et al.*, 2021)

En el sector biotecnológico, el lactosuero funge como una materia prima rica en carbohidratos fermentables, utilizada para obtener ácido láctico, etanol, biogás, biopolímeros, biosurfactantes y biomasa microbiana, mediante procesos fermentativos controlados (Banaszewska *et al.*, 2014). Estos subproductos tienen aplicaciones industriales en la producción de plásticos biodegradables, combustibles y aditivos ecológicos, promoviendo la sustitución de fuentes fósiles y reduciendo la huella ambiental (Quille *et al.*, 2021).

Igualmente, la lactosa contenida en el suero puede hidrolizarse para producir jarabes de glucosa y galactosa, empleados en la industria alimentaria y farmacéutica, o fermentarse para la obtención de ácido butírico y ácido succínico, precursores de bioplásticos y solventes industriales (Pineda, 2023).

En el ámbito farmacéutico y cosmético, los péptidos bioactivos derivados del suero presentan propiedades antioxidantes, antimicrobianas e inmunomoduladores, por lo que se integran en suplementos dietéticos, bebidas funcionales y productos dermatológicos. Estos compuestos contribuyen a la recuperación muscular, la regeneración tisular y el fortalecimiento del sistema inmune

Por su parte, en el sector agrícola, el lactosuero se aprovecha como biofertilizante líquido, enmienda orgánica y fuente de nutrientes microbianos, generando subproductos como compost enriquecidos, lixiviados probióticos o bioinsumos líquidos. Su aplicación controlada en suelos agrícolas favorece la microbiota benéfica y mejora la disponibilidad de nutrientes, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos (Quille *et al.*, 2021)

La *Tabla 7* resume los subproductos que pueden generarse a partir del lactosuero, organizados por tipo de aplicación y potencial de aprovechamiento en diferentes industrias.

Tabla 7. Subproductos del lactosuero por categoría.

De uso biotecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido láctico y etanol: Resultantes de fermentaciones controladas, empleados en bioplásticos y biocombustibles. • Biogás: Generado por digestión anaerobia del suero; fuente renovable de energía térmica y eléctrica. • Biopolímeros y biosurfactantes: Sustituyen derivados del petróleo en empaques y detergentes biodegradables.
-----------------------	--

Usos farmacéuticos y cosméticos	<ul style="list-style-type: none"> • Péptidos bioactivos y aminoácidos funcionales: Propiedades antioxidantes, antimicrobianas y regeneradoras. • Suplementos dietéticos: Promueven el fortalecimiento inmunológico y recuperación muscular. • Cremas y emulsiones naturales: Incorporan proteínas del suero con efectos hidratantes y protectores.
Usos agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> • Biofertilizantes líquidos y compost enriquecido: Mejoran la estructura y microbiota del suelo. • Sustratos de riego o soluciones probióticas: Favorecen el crecimiento vegetal y la fijación biológica de nitrógeno.
Usos alimentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrados y aislados proteicos (WPC, WPI): Incrementan el valor nutricional y funcional de productos lácteos, panificados y suplementos deportivos. • Bebidas y yogures fermentados: Aprovechan la lactosa y proteínas del suero como base fermentable. • Postres y confitería: Mejoran textura, sabor y retención de humedad.

Elaboración propia basado en (Parra, 2019, Quille *et al.* 2021).

Con el fin de determinar el potencial de aprovechamiento del lactosuero, se efectuó un proceso de liofilización a las muestras recolectadas en la planta de Lácteos Belén (2023).

El análisis evidenció una composición con elevado contenido de proteínas y carbohidratos, así como un notable valor energético. Estos resultados respaldan la posibilidad de utilizar el lactosuero como insumo base en la formulación de suplementos y productos alimenticios funcionales, los datos obtenidos ofrecen un referente técnico relevante para estudios posteriores, como se observa en la *Tabla 8*.

Tabla 8. Composición fisicoquímica del lactosuero liofilizado (Lácteos Belén, 2023).

Parámetro	Resultado	Unidad
Grasa total	13.7 ± 0.46	g/100 g
Proteína total	11.9 ± 0.41	g/100 g
Carbohidratos totales	64.5	g/100 g
Calcio	1770 ± 113	mg/100 g
Energía (calculada)	429	kcal/100 g

Fuente: Lácteos Belén (2023). Informe de resultados: Lactosuero liofilizado. Laboratorio LabQuímica Boyacá, Tunja.

Los hallazgos obtenidos evidencian que el lactosuero, en su forma líquida o liofilizada, posee características que lo convierten en un recurso estratégico para la innovación alimentaria. Su composición permite desarrollar productos con valor nutricional y funcional, contribuyendo a una industria más sostenible. A continuación, se presentan algunos ejemplos representativos de los productos que pueden obtenerse a partir del lactosuero.

5.1.1 Bebidas para la Industria cervecera

El suero ácido se origina en la producción de quesos blandos y frescos como resultado de la acidificación natural o inducida mediante ácidos orgánicos (Alava Viteri *et al.*, 2014); Este tipo de suero conserva compuestos de valor biotecnológico que pueden aprovecharse en procesos fermentativos, por ejemplo, para la elaboración de cervezas artesanales de tipo agrio, donde su acidez contribuye a desarrollar perfiles sensoriales distintivos. (Lawton & Alcaine, 2019).

Por su parte, el suero dulce derivado de la coagulación enzimática de la leche —utilizada en quesos duros como cheddar o suizo— contiene lactosa que puede ser fermentada para la producción de etanol. Este proceso representa una alternativa sostenible tanto técnica como ambientalmente, ya que utiliza microorganismos capaces de metabolizar los azúcares presentes en el suero (Vargas & Abelardo, 2017; Aráuz Solís, 2020).

Según Aráuz Solís (2020), la obtención de etanol a partir de lactosuero puede realizarse mediante rutas catalíticas o biotecnológicas, siendo esta última la más empleada. En ella, microorganismos fermentativos transforman sustratos como lactosa, xilosa o almidón en alcoholes. Factores como la cepa de levadura, el tiempo y la temperatura de fermentación, el contenido de azúcares y el nitrógeno disponible determinan la eficiencia del proceso. (Mohd Akmal Azhar, 2019; Hill & Stewart, 2019)

De igual manera, el lactosuero residual procedente de la elaboración de quesos puede transformarse en una bebida fermentada de bajo contenido alcohólico mediante un proceso sencillo y económico (Cardona-Soberao *et al.*, 2021). En este caso, se concentra el suero desproteinizado y se adicionan azúcares fermentables; algunas variantes combinan fermentaciones láctica y alcohólica, utilizando cultivos iniciadores como granos de kéfir o yogur y levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae* (Mazorra-Manzano & Moreno-Hernández, 2019).

Además, el lactosuero puede sustituir hasta el 50 % del líquido en la maceración de la malta para producir cerveza, resultando en una bebida de alta calidad sensorial y nutricional, con un contenido alcohólico similar al de las cervezas tradicionales (Nayeem *et al.*, 2015)

5.1.2 Bebidas frutales a base de lactosuero

Las bebidas elaboradas con lactosuero se producen habitualmente a partir de su pasteurización, seguida de ajustes en color, sabor y aroma antes del embotellado. En algunos casos, se incorporan sal, dióxido de carbono o concentrados de frutas para potenciar su aceptación sensorial (Sady, *et al.*, 2013).

La combinación de lactosuero con jugos de frutas resulta especialmente atractiva por su equilibrio entre valor nutricional, sabor agradable y beneficios funcionales, características que han impulsado su uso como bebida refrescante y nutritiva (Mazorra-Manzano & Moreno-Hernández, 2019) sin embargo, una alta proporción del volumen generado se sigue tirando, provocando pérdida de nutrientes y problemas de contaminación. El objetivo del presente trabajo fue proveer información sobre las propiedades nutricionales, funcionales y biológicas del lactosuero, generado por la industria quesera artesanal, así como evidencias científicas recientes que sustentan, bajo

distintos enfoques tecnológicos, el potencial de aprovechamiento, mediante su transformación o recuperación para adicionarle valor. Las oportunidades en la valorización del lactosuero, a través de la elaboración de diversos productos lácteos, como el requesón (queso de suero).

5.1.3 Bebidas para deportista

Las proteínas del suero han adquirido gran relevancia en el ámbito de la nutrición deportiva por su capacidad de mejorar la regulación glucémica, aumentar la sensación de saciedad y favorecer la recuperación muscular tras la actividad física. Se ha demostrado, además, que las dietas con alto contenido proteico contribuyen a mantener un peso corporal saludable y reducir la masa grasa (Mehmood *et al.*, 2019)

En este contexto, las bebidas formuladas con lactosuero —total o parcialmente desproteínizado— representan una alternativa eficaz para la rehidratación post-ejercicio. Estas preparaciones suelen complementarse con minerales esenciales como sodio y potasio, y con mezclas de carbohidratos simples (glucosa, fructosa y sacarosa) que favorecen la reposición energética (Valadao *et al.*, 2016)

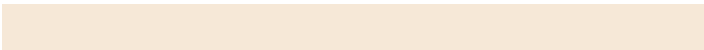
5.1.4 Jarabe de lactosuero

El jarabe de lactosuero posee un alto poder edulcorante, lo que permite utilizarlo como sustituto parcial de los sólidos lácteos en diversas formulaciones. Su bajo costo y buena disponibilidad lo convierten en un ingrediente atractivo para la industria alimentaria. Se obtiene mediante la hidrólisis enzimática de la lactosa con β -galactosidasa producida por *Kluyveromyces lactis*, proceso que se desarrolla a una temperatura aproximada de 40 °C y pH 6,4 durante una hora, con agitación constante y adición controlada de insumos (Parada, *et al.*, 2019)

5.1.5 Bebidas que no requieren proceso térmico

En la elaboración de productos derivados del lactosuero pueden presentarse desafíos tecnológicos, como la cristalización de la lactosa durante el almacenamiento en frío o la desnaturalización de las proteínas causada por el calor, lo que afecta su textura, sabor y valor nutritivo (Chavan *et al.*, 2015; Barukčić *et al.*, 2019)

Para superar estas limitaciones, se han desarrollado métodos no térmicos, como la microfiltración y la ultrafiltración, que permiten estabilizar microbiológicamente el producto sin alterar las proteínas del suero. La aplicación de membranas con poros de 0,5 μm a temperaturas controladas (20 °C) evita la formación de sedimentos y mejora la calidad sensorial de las bebidas. (Barukčić *et al.*, 2019)





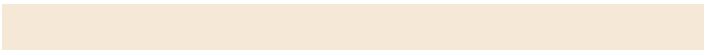
6. Consideraciones y Recomendaciones

Aplicar *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)* en el manejo y aprovechamiento del lactosuero es esencial. Estas prácticas garantizan la inocuidad, la calidad del producto y la sostenibilidad del proceso lácteo.

Los resultados obtenidos durante el proceso de evaluación y caracterización de lactosuero, en conjunto con los aportes técnicos de empresas como *Lácteos Belén (2023)*, demuestran que este subproducto posee un alto potencial de valorización y puede transformarse en diversas líneas de productos alimentarios, biotecnológicos, farmacéuticos y agrícolas.

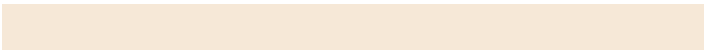
La aplicación sistemática de *BPM* reduce la contaminación microbiológica y optimiza los recursos. Además, impulsa un modelo de producción más limpia y eficiente en el sector lácteo colombiano. El aprovechamiento integral del lactosuero contribuye no solo a disminuir la carga contaminante de los vertimientos, sino también a fortalecer la economía circular, mediante la conversión de residuos en insumos útiles para otras industrias.

Finalmente, este manual demuestra que cumplir con la normatividad sanitaria vigente (*INVIMA, FAO, Codex Alimentarius*) y adoptar prácticas de control de calidad son pilares esenciales. Gracias a ello, se garantiza la seguridad alimentaria, la trazabilidad y la sostenibilidad de los sistemas productivos lácteos.



Listado de siglas

- FAO** – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
*Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
Agencia especializada de la ONU que lidera los esfuerzos internacionales para erradicar el hambre y mejorar la seguridad alimentaria mundial.
- WHO / OMS** – *World Health Organization / Organización Mundial de la Salud*
Entidad de las Naciones Unidas responsable de la coordinación de políticas de salud pública a nivel global y de la emisión de estándares sanitarios internacionales.
- INVIMA** – *Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos*
Autoridad sanitaria colombiana encargada de la regulación, inspección y control de la calidad e inocuidad de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos.
- ICONTEC** – *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación*
Organismo nacional de normalización en Colombia, encargado de la elaboración y certificación de normas técnicas (NTC) y sistemas de gestión de calidad.
- AOAC International** – *Association of Official Analytical Collaboration International*
Organización científica internacional que establece métodos oficiales de análisis químico, microbiológico y físico para alimentos, productos agrícolas y farmacéuticos.



Referencias

- Acuña-Rodríguez, O. Y., Acuña-Rodríguez, B. O., Cobo-Mejía, E. A., Pinzón-Camargo, L. C., & Albesiano-Fernández, L. E. (2022). Producción láctea y quesera, municipio de Paipa en el contexto de la “seguridad alimentaria.” *Sociedad y Economía*, 47, e10211382. <https://doi.org/10.25100/sye.v0i47.11382>
- Alava Viteri, C., Gómez de Illera, M., & Maya Pantoja, J. A. (2014). Caracterización fisicoquímica del suero dulce obtenido de la producción de queso casero en el municipio de Pasto. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 1, 22. <https://doi.org/10.23850/24220582.110>
- Alvarado C., W., González M., J., Quilcate P., C., Saucedo U., J., & Bardales D., J. (2019). Factores de prevalencia de mastitis subclínica en vacas lecheras del distrito de Florida, Región Amazonas, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(2), 923–931. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16088>
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed.). Gaithersburg. <http://www.eoma.aoac.org/>
- Aponte Colmenares, A. P., Prieto Suárez, G. A., Castellanos Báez, Y. T., Muvdi Nova, C. de J., & Yurievich Sakharov, I. (2023). Review. Aplicaciones del lactosuero y sus derivados proteínicos. *Ciencia En Desarrollo*, 14(2), 139–155. <https://doi.org/10.19053/01217488.v14.n2.2023.15002>
- Aráuz Solís, M. S. (2020). Fermentación de lactosuero para la obtención de etanol y su uso en cervezas y bebidas saborizadas Revisión de Literatura. 31, 1–26.
- Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J., & Verdezoto, D. (2021). Whey: environmental impact, uses and applications via biotechnology mechanisms. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105–116. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.13>

- Banaszewska, A., Cruijssen, F., Claassen, G. D. H., & van der Vorst, J. G. A. J. (2014). Effect and key factors of byproducts valorization: The case of dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 1893–1908. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7283>
- Barukčić, I., Jakopović, K. L., & Božanić, R. (2019). Whey and Buttermilk—Neglected Sources of Valuable Beverages. In *Natural Beverages: Volume 13: The Science of Beverages*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816689-5.00008-0>
- Bucur, F. I., Grigore-Gurgu, L., Crauwels, P., Riedel, C. U., & Nicolau, A. I. (2018). Resistance of *Listeria monocytogenes* to Stress Conditions Encountered in Food and food processing environments. *Frontiers in Microbiology*, 9(NOV), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02700>
- Cardona-Soberao, Y. R., Cruz-Carbonell, M. E., González-Zambrano, J. M., & Paneque-Díaz, Y. (2021). Caracterización De La Fermentación Alcohólica Del Lactosuero a Escala de Laboratorio. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada “Yachasun,”* 5(9 Edición especial octubre), 75–91. <https://doi.org/10.46296/yc.v5i9ucedespsoct.0124>
- Carro, R., & González, D. (2017). Normas HACCP Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control. *Nacional Mar de La Plata*, 6(2), 23–35.
- Chanfrau, J. M. P., Pérez, J. N., Fiallos, M. V. L., Intriago, L. M. R., Toledo, L. E. T., & Guerrero, M. J. C. (2017). Milk whey valorization: An overview from Biotechnology. *Bionatura*, 2(4), 468–476. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.11>
- Chavan, R.S., Nalawade, T., Kumar, A. (2015). Studies on the development of whey based mango beverage. *J. Food Dairy Technol*, 3(1), 1–6.
- FAO / OMS. (2024). Norma general para los aditivos alimentarios. *CODEX STAN 192-1995*. In *Codex Alimentarius. Normas internacionales de los Alimentos* (pp. 167–186).
- FAO / WHO. (2011). Milk and Milk Products Second edition Milk and Milk Products (Second edi). *CODEX ALIMENTARIUS*. <https://www.fao.org/4/i2085e/i2085e00.pdf>
- Freitas, C.H.; Méndez, J.F.; Villareal, P.V.; Santos, P.R.; Goncalves, C.L.; Gonzales, H. L. . N. (2018). Identification and antimicrobial susceptibility profile of bacteria causing bovine mastitis from dairy farms in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 78(4), 661–666. [https://doi.org/urnal of Biology](https://doi.org/urnal%20of%20Biology), v. 78, n. 4, 2018, p. 661-666. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.170727>
- Guzmán Cupaja, D. F., & Urbina Angarita, A. Y. (2021). Buenas prácticas de manufactura para procesamiento y conservación de vegetales. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 12(1), 117–136. <https://doi.org/10.22579/22484817.741>
- Hill, A. E., & Stewart, G. G. (2019). Free amino nitrogen in brewing. *Fermentation*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/fermentation5010022>

- Hnini, R., Ouhida, L., Chigr, M., Merzouki, M., Bahi, L., El Hansali, M., Najimi, M., & Chigr, F. (2018). Evaluation of the Microbiological Quality of Moroccan Cow Raw Milk in Dairy Herds Located in the Beni Mellal Region. *World Journal of Research and Review*, 7(6), 19–23. <https://doi.org/10.31871/wjrr.7.6.12>
- ICONTEC. (2002). Norma Técnica Colombiana 399: Productos lácteos. Leche cruda. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. https://es.scribd.com/doc/75270407/NTC399#fullscreen&from_embed
- INVIMA. (2021). Gestión realizada por el INVIMA respecto a la problemática en Colombia por el uso indebido de lactosueros en leche. 1–10.
- INVIMA. (2023). Guía de gestión del lactosuero y control sanitario en plantas procesadoras. Vigilancia de Caseinomacropéptido (CMP) de la leche en centros de acopio, plantas procesadoras y producto terminado en plantas. Vigencia 2020 - 2. [https://www.invima.gov.co/sites/default/files/alimentos-y-bebidas-alcoholicas/Otros-alimentos-y-bebidas/Vigilancia/planes/if_cmp_20-23_1_\(1\).pdf](https://www.invima.gov.co/sites/default/files/alimentos-y-bebidas-alcoholicas/Otros-alimentos-y-bebidas/Vigilancia/planes/if_cmp_20-23_1_(1).pdf)
- ISO. International Organization for Standardization (2018). Norma internacional ISO 22000, 60. <https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/norma-iso-22000.pdf>
- Lácteos Belén. (2023). Informe de resultados 005-06-2023: Lactosuero liofilizado. Laboratorio LabQuímica Boyacá. Documento no publicado.
- Lawton, M. R., Alcaine, S. D. (2019). Leveraging endogenous barley enzymes to turn lactose-containing dairy by-products into fermentable adjuncts for *Saccharomyces cerevisiae*-based ethanol fermentations. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2044–2050.
- Mazorra-Manzano (SNI I), M. Á., & Moreno-Hernández, J. M. (2019). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *CienciaUAT*, 14(1), 133. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1134>
- Mehmood, A. M. M. T., Iyer, A. B., Arif, S., Junaid, M., Khan, R. S., Nazir, W., & Khalid, N. (2019). Whey protein-based functional energy drinks formulation and characterization. In *Sports and Energy Drinks: Volume 10: The Science of Beverages*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815851-7.00005-X>
- Ministerio de la Protección Social. (2006). Decreto 616 de 2006, Ministerio de la Protección Social 32 (2006). <https://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006D616.aspx>
- Ministerio de La Protección Social. (2023). Resolución 2270 del 2023, <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=152578>
- Ministerio de La Protección Social. (2007) Resolución 2997 de 2007, https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCIÓN_2997_DE_2007.pdf

- Ministerio de La Protección Social. (2013). Resolución 2674 del 2013. Alimentos que se fabriquen, envasen o importen para su comercialización en el territorio nacional (p. 37).
- Mohd Akmal Azhar, M. S. A. M. (2019). Identification and Evaluation of Probiotic Potential in Yeast Strains Found in Kefir Drink Samples from Malaysia. *International Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/ijfe-2018-0347>
- Mosso-Arias J, Alfonso-Vargas N, A.-B.-B. (2024). Microbiological quality of raw bovine milk from Paipa, Colombia. *Duazary*, 20(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.21676/2389783X.5933>
- Nayeem, M., Singh, A., Broadway A. A., and Singh, M. (2015). Technology for manufacturing of whey beer by incorporating malt wort. *The Allahabad Farmer*, 7(1), 34–37.
- Parada, Mabel. Tapia, Zoila., Llerena, Evelyn., Carreras, Francisco., Manobanda, P. (2019). Hidrólisis enzimática con β -galactosidasa DE *Kluyveromyces lactis* para la obtención de jarabe de lactosuero. *Peerfiles*, 1(21).
- Parra, H. R. A. (2019). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4967–4982.
- Pineda, E. (2023). Caracterización química y técnica del lactosuero ácido para su aprovechamiento como materia prima en la industria de alimentos [UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/55170/empineda.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Quille, L., Luque Vilca, O. M., Pilar, F., & Ordoñez, A. (2021). Potencialidades del lactosuero generado por la industria quesera y su valorización Potentialities of the whey generated by the cheese industry and its valorization Potencialidades do soro geradas pela indústria queijeira e sua valorização. *Revista Científica I+D Aswan Science*, 2021(2), 4.
- Rodríguez-Auad, J. P. (2018). Panorama de la infección por *Listeria monocytogenes*. *Revista Chilena de Infectología*, 35(6), 649–657. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182018000600649>
- Sady, M., Jaworska, G., Grega, T., Bernas, E., and D., & J. (2013). Application of acid whey in orange drink production. *Food Technology and Biotechnology*, 51(2), 266–277.
- Schaan, K. (2022). Sweet Whey Fermentation: An Exploration of Optimizing the Alcohol Production of *Kluyveromyces marxianus* and Measuring the Nitrogen Content of Sweet Whey. [Oregon State University]. In Young (Issue 1). https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/2n49t8918
- Tirloni, E., Ghelardi, E., Celandroni, F., Bernardi, C., & Stella, S. (2017). Effect of dairy product environment on the growth of *Bacillus cereus*. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7026–7034. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12978>
- Urbano-Cáceres, E., Aguilera-Becerra, A., Jaimes-Bernal, C., & Pulido-Medellín, M. (2018). *Listeria* sp., en cantinas de almacenamiento de leche cruda de vaca en Tunja – Boyacá. *Revista MVZ Córdoba*, 23(3), 6871–6877. <https://doi.org/https://doi.org/10.21897/rmvz.1375>

- Valadao, N., Andrade, M., Jory, J., Gallo, F., and P., & R. (2016). Development of a Ricotta Cheese Whey-based Sports Drink. *Journal of Advanced Dairy Research*, 4(3), 156–162.
- Vargas, G., Abelardo, P. (2017). Evaluación de la preservación del encurtido de rocoto (*Capsicum pubescens*), mediante la utilización de lactosuero ácido como líquido de gobierno. Universidad Nacional del Altiplano.

ISBN: 978-628-7845-50-3



9 786287 845503



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
TUNJA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1732