

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADOS

INFORME DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOSURFACTANTES POR  
BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS UTILIZANDO SUERO DE LECHE COMO MEDIO  
DE CULTIVO

AUTORES:

ING. JENNY PHER STEFANIA FONSECA RAMOS

ING. HENRY JOEL ESCUDERO LÓPEZ

TUTORA:

Dra. DELIA DOLORES NORIEGA VERDUGO

Milagro, 2024

## Derechos de autor

Sr. Dr.  
Fabricio Guevara Viejó  
Rector de la Universidad Estatal de Milagro Presente.

Yo, **Fonseca Ramos Jennypher Stefania** y **Escudero Lopez Henry Joel** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedemos los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizado como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magister en Biotecnología**, como aporte a la línea de Investigación **PROMOCIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO: ECONOMÍA VERDE**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 19 de agosto del 2024



Firmado electrónicamente por:  
JENNYPHER STEFANIA  
FONSECA RAMOS

**Fonseca Ramos Jennypher Stefania**

**0202507166**



Firmado electrónicamente por:  
HENRY JOEL ESCUDERO  
LOPEZ

**Escudero Lopez Henry Joel**

**0202506259**

## Aprobación del tutor del Trabajo de Titulación

Yo, Delia Dolores Noriega Verdugo en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por Jennypher Fonseca y Henry Escudero, cuyo tema es ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOSURFACTANTES POR BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS UTILIZANDO SUERO DE LECHE COMO MEDIO DE CULTIVO, que aporta a la Línea de Investigación PROMOCIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO: ECONOMÍA VERDE, previo a la obtención del Grado Magister en biotecnología, Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 19 de agosto del 2024



Firmado electrónicamente por:  
DELIA DOLORES  
NORIEGA VERDUGO

**DELIA DOLORES NORIEGA VERDUGO**

**0917222218**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**FACULTAD DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. FONSECA RAMOS JENNY PHER STEFANIA**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOSURFACTANTES POR BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS UTILIZANDO SUERO DE LECHE COMO MEDIO DE CULTIVO", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	58.93
SUSTENTACIÓN	38.63
<b>PROMEDIO</b>	<b>97.57</b>
<b>EQUIVALENTE</b>	<b>Excelente</b>



Firmado y certificado por:  
MARÍA JOSÉ ANDRADE  
ALBAN

**ANDRADE ALBAN MARÍA JOSÉ**  
**PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



Firmado y certificado por:  
CHRISTIAN MIGUEL  
VILLAVICENCIO YANOS

**Mgs VILLAVICENCIO YANOS CHRISTIAN MIGUEL**  
**VOCAL**



Firmado y certificado por:  
JOSE HUMBERTO VERA  
RODRIGUEZ

**Msc. VERA RODRIGUEZ JOSE HUMBERTO**  
**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO FACULTAD DE POSGRADO CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. ESCUDERO LOPEZ HENRY JOEL**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOSURFACTANTES POR BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS UTILIZANDO SUERO DE LECHE COMO MEDIO DE CULTIVO", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	58.93
SUSTENTACIÓN	39.97
PROMEDIO	98.90
EQUIVALENTE	Excelente



Escanea y verifica la autenticidad por:  
MARIA JOSE ANDRADE  
ALBAN

ANDRADE ALBAN MARÍA JOSÉ  
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Escanea y verifica la autenticidad por:  
CHRISTIAN MIGUEL  
VILLAVICENCIO YANOS

Mgs VILLAVICENCIO YANOS CHRISTIAN MIGUEL  
VOCAL



Escanea y verifica la autenticidad por:  
JOSE HUMBERTO VERA  
RODRIGUEZ

Msc. VERA RODRIGUEZ JOSE HUMBERTO  
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

## **DEDICATORIA**

“Este trabajo de investigación dedico en primera instancia a Dios quien con su fortaleza me ha guiado en cada paso de este importante viaje. A mis queridos padres, Edwin Fonseca y Amada Ramos, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido el pilar fundamental en este camino. A mis hermanos, sobrinas y amigos, cuya compañía y aliento nunca han faltado, brindándome fuerza y motivación en cada desafío. A mis ángeles en el cielo, Marita y Alicia quienes son mi inspiración de continuar esforzándome día a día, dejando siempre huellas de amor y sabiduría. Este trabajo final es un tributo a su amor, apoyo y presencia constante a lo largo de esta travesía”.

**Con cariño, Jennypher.**

"Dedico este trabajo de investigación a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino académico. A mi querida madre, mi mayor inspiración y sostén, cuyo amor incondicional y sabias palabras han sido mi luz en los momentos más difíciles. A mi abuela, cuya presencia amor y sabiduría han dejado una huella indeleble en mi vida. Y en el cielo, a mi abuelo, cuyo legado de trabajo duro y valores perdura en mi corazón y en este logro alcanzado.

A todos ellos, mi profundo agradecimiento por su amor, apoyo y sacrificio, que han hecho posible este importante logro en mi formación profesional. Gracias."

**Henry Joel Escudero López**

## AGRADECIMIENTOS

“Quisiera expresar mis sinceros agradecimientos a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo de investigación. En primer lugar, agradezco a la Dra. Delia Norero, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de todo este proceso. Su sabiduría y consejos fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Además, mi profundo agradecimiento a la Universidad de Milagro por brindar el entorno académico propicio para el desarrollo de esta investigación. El apoyo institucional y los recursos proporcionados fueron fundamentales para llevar a cabo este proyecto. A Ana Ruiz por su entrega y apoyo absoluto.

Quiero expresar mi gratitud a Dios por guiarme y darme fuerzas a lo largo de este viaje académico, a mi familia por su constante apoyo y aliento durante este desafiante pero gratificante proceso. Su amor incondicional ha sido mi mayor inspiración. Este logro no habría sido posible sin su generosidad, apoyo y confianza en mí.

Por último y no menos importante quiero agradecer a mi mejor amigo y compañero de esta travesía académica, Henry Escudero, quien ha sido más que un amigo, un pilar fundamental en mi vida y en este proyecto de investigación. Su constante apoyo moral, su ánimo inquebrantable y su disposición para escuchar han sido una fuente de fortaleza en los momentos difíciles. Juntos enfrentamos desafíos, superamos obstáculos y celebramos logros, nuestro ingenio, creatividad y perspectiva han aportado un valor invaluable a este trabajo.

¡Gracias a todos quienes formaron parte de este proyecto, gracias por confiar en mí!”

**Jennypher Stefania Fonseca Ramos**



## AGRADECIMIENTOS

"En primer lugar, agradezco profundamente a la Universidad Estatal de Milagro por haberme acogido y permitirme formar parte de su distinguido cuerpo estudiantil. Gracias por abrirme las puertas de su seno educativo y brindarme la oportunidad de estudiar esta apasionante carrera a su vez a los excelentes docentes que han compartido sus conocimientos y han brindado su invaluable apoyo, guiándome día a día en mi crecimiento académico.

Este trabajo de investigación representa una labor conjunta, y de manera especial deseo agradecer a nuestra querida tutora de tesis, Dra. Delia Noriega. Su paciencia, vocación en el área de salud pública y dedicación han sido fundamentales para nuestro aprendizaje y para la culminación exitosa de este proyecto.

Asimismo, agradezco a Ana Ruiz, asistente de coordinación, por su continuo apoyo durante el transcurso de esta maestría, que ha facilitado enormemente nuestro camino académico.

No puedo dejar de mencionar a mi compañera Jennypher Fonseca, cuya colaboración y compañerismo han sido una inspiración constante en este viaje educativo, finalmente, mi más sincero agradecimiento a todos mis compañeros de clase a lo largo de todos los niveles de la universidad. Su amistad, apoyo moral y espíritu de colaboración han sido un motivador invaluable para perseverar en esta carrera profesional.

Gracias a todos por ser parte de este importante capítulo en mi vida académica y profesional."

**Henry Joel Escudero López**



## Resumen

Este estudio bibliométrico analiza la producción de biosurfactantes por bacterias ácido lácticas (BAL) utilizando suero de leche como medio de cultivo, en el contexto de la biotecnología ambiental y la ingeniería química. El objetivo es identificar tendencias, países líderes, áreas temáticas predominantes y contribuciones significativas en este campo emergente desde 2001 hasta 2024, utilizando bases de datos como Science Direct, SpringerLink, Medline, Science Journals, ProQuest y Scopus. La metodología incluye criterios específicos de búsqueda y selección de datos, apoyados en herramientas para el análisis de redes de colaboración. Los resultados revelan un aumento significativo en las publicaciones a partir de 2016, con un pico destacado en 2022, liderado principalmente por India y Brasil en la producción científica sobre el tema. Las áreas temáticas más exploradas incluyen ingeniería química, biotecnología y ciencias ambientales, reflejando el potencial de los biosurfactantes en aplicaciones industriales y de biorremediación. Este estudio proporciona una visión integral de la investigación actual en biosurfactantes derivados de suero de leche, subrayando su potencial para mejorar la sostenibilidad industrial y ambiental. Se enfatiza la necesidad de continuar explorando nuevas aplicaciones y optimizando la producción a escala comercial.

**Palabras Clave:** Biosurfactantes, bacterias ácido lácticas, suero de leche, biotecnología, sostenibilidad.

## Abstract

This bibliometric study analyzes the production of biosurfactants by lactic acid bacteria (LAB) using whey as a growth medium, within the context of environmental biotechnology and chemical engineering. The objective is to identify trends, leading countries, predominant thematic areas, and significant contributions in this emerging field from 2001 to 2024, utilizing databases such as Science Direct, SpringerLink, Medline, Science Journals, ProQuest, and Scopus. The methodology includes specific search criteria and data selection, supported by tools for collaboration network analysis. Results reveal a significant increase in publications from 2016, with a notable peak in 2022, predominantly led by India and Brazil in scientific production on the subject. Thematic areas most explored include chemical engineering, biotechnology, and environmental sciences, reflecting the potential of biosurfactants in industrial and bioremediation applications. This study provides a comprehensive overview of current research on whey-derived biosurfactants, emphasizing their potential to enhance industrial and environmental sustainability. The need to continue exploring new applications and optimizing commercial-scale production is underscored.

**Keywords:** Biosurfactants, lactic acid bacteria, whey, biotechnology, sustainability.

## Lista de Siglas / Acrónimos

- LAB - Bacterias Ácido Lácticas (Lactic Acid Bacteria)
- BAL - Bacterias Ácido Lácticas
- pH - Potencial de Hidrógeno
- CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono
- C - Grados Celsius (Temperatura)
- N - Nitrógeno
- H<sub>2</sub>O - Agua
- CH<sub>4</sub> - Metano
- O<sub>2</sub> - Oxígeno
- CH<sub>3</sub>COOH - Ácido Acético
- CFC - Clorofluorocarbonos
- LOX - Líquido Oxigenado
- PCB - Bifenilos Policlorados

## Lista de Abreviaturas

- etc. - Et cetera
- ed. - Edición
- vol. - Volumen
- v. gr. - Verbo Grameado
- e.g. - Por Ejemplo
- dir. - Dirección
- rec. - Recepción
- fut. - Futuro
- lit. - Literatura
- cons. - Considerado

## Lista de Símbolos

- % - Porcentaje
- & - Y
- \$ - Dólar
- # - Número
- @ - Arroba

## Índice / Sumario

Derechos de autor .....	ii
Aprobación del tutor del Trabajo de Titulación .....	iii
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
Lista de Siglas / Acrónimos .....	xi
Lista de Abreviaturas .....	xii
Lista de Símbolos .....	xiii
Índice / Sumario.....	xiv
Introducción .....	- 1 -
Capítulo I: El problema de la investigación .....	- 3 -
1.1 Planteamiento del problema .....	- 3 -
1.2 Delimitación del problema .....	- 3 -
1.3 Formulación del problema .....	- 3 -
1.4 Preguntas de investigación .....	- 4 -
1.5 Determinación del tema .....	- 5 -
1.6 Objetivo general .....	- 5 -
1.7 Objetivos específicos .....	- 5 -
1.8 Hipótesis .....	- 6 -
1.8.1. Hipótesis General: .....	- 6 -
1.8.2. Hipótesis Específicas:.....	- 6 -
1.9 Declaración de las variables (operacionalización) .....	- 6 -
1.10 Justificación.....	- 7 -
1.11 Alcance y limitaciones .....	- 7 -
1.11.1. Alcance:.....	- 7 -
1.11.2. Limitaciones:.....	- 8 -
CAPÍTULO II: Marco teórico referencial .....	- 9 -
2.1 Antecedentes .....	- 9 -
3.1.1. Uso del Suero de Leche .....	- 9 -
3.1.2. Producción de Biosurfactantes por Bacterias Ácido Lácticas (BAL) ...	- 9 -
3.1.3. Producción de Biosurfactantes por Otros Microorganismos .....	- 10 -
3.1.4. Aplicaciones Industriales .....	- 10 -

3.1.5.	Contribución a la Gestión de Residuos.....	- 10 -
3.1.6.	Investigaciones Recientes y Desafíos.....	- 11 -
3.1.7.	Perspectivas Futuras .....	- 11 -
2.2	Contenido teórico que fundamenta la investigación .....	- 11 -
3.2.1.	Biosurfactantes .....	- 12 -
3.2.1.1.	Definición e importancia .....	- 12 -
3.2.1.2.	Tipos y clasificación .....	- 13 -
3.2.1.3.	Propiedades de los biosurfactantes.....	- 15 -
3.2.1.4.	Métodos de producción .....	- 17 -
3.2.1.5.	Microorganismos involucrados .....	- 17 -
3.2.2.	Bacterias Ácido Lácticas (BAL).....	- 18 -
3.2.2.1.	Fermentación con bacterias ácido lácticas .....	- 18 -
3.2.2.2.	Mecanismos de acción .....	- 18 -
3.2.2.3.	Condiciones óptimas de fermentación .....	- 19 -
3.2.2.4.	Beneficios y desafíos .....	- 19 -
3.2.2.4.1.	Ventajas ambientales y económicas .....	- 19 -
3.2.2.4.2.	Desafíos y limitaciones .....	- 19 -
3.2.3.	Suero de Leche como Medio de Cultivo.....	- 20 -
3.2.4.	Metodologías para la Producción de Biosurfactantes .....	- 20 -
3.2.5.	Estudios y aplicaciones.....	- 21 -
CAPÍTULO III: Diseño metodológico .....		- 23 -
3.1	Tipo y diseño de investigación .....	- 23 -
3.2	La población y la muestra.....	- 23 -
4.2.1.	Características de la población .....	- 23 -
4.2.2.	Delimitación de la población .....	- 23 -
4.2.3.	Tipo de muestra.....	- 24 -
4.2.4.	Tamaño de la muestra .....	- 24 -
4.2.5.	Proceso de selección de la muestra .....	- 24 -
3.3	Los métodos y las técnicas .....	- 25 -
3.4	Procesamiento estadístico de la información.....	- 25 -
CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados .....		- 26 -
4.1	Análisis de los resultados .....	- 26 -
5.1.1.	Identificación de Tendencias en Publicaciones sobre Producción de Biosurfactantes a partir de Bacterias ácido lácticas (BAL) y Suero de Leche (2006-2023) .....	- 26 -



5.1.1.1.	Análisis de la Producción de Publicaciones .....	- 26 -
5.1.1.2.	Tendencias observadas en el nivel de publicaciones .....	- 26 -
5.1.2.	Países e instituciones más prolíficos en la investigación sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche; y aplicaciones potenciales .....	- 27 -
4.2	Interpretación de los resultados.....	- 28 -
5.2.1.	Tendencias anuales.....	- 28 -
5.2.2.	Aumento de la Conciencia Ambiental: .....	- 28 -
5.2.2.1.	Análisis Geográfico .....	- 29 -
5.2.3.	Aplicaciones potenciales.....	- 30 -
5.2.3.1.	Industria Alimentaria:.....	- 30 -
5.2.3.2.	Industria Farmacéutica: .....	- 30 -
5.2.3.3.	Industria Cosmética:.....	- 30 -
5.2.3.4.	Biorremediación y Recursos Naturales:.....	- 31 -
5.2.3.5.	Recobro Mejorado de Petróleo:.....	- 31 -
5.2.3.6.	Aplicaciones Industriales Diversificadas: .....	- 31 -
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones.....		- 32 -
5.1	Conclusiones.....	- 32 -
5.2	Recomendaciones.....	- 33 -
Bibliografía .....		- 34 -

## Introducción

En las últimas décadas, ha surgido un creciente interés en los biosurfactantes como alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente frente a los surfactantes químicos convencionales (Banat et al., 2010; Marchant et al., 2012). Estos compuestos, producidos por microorganismos vivos, ofrecen propiedades surfactantes comparables a sus homólogos sintéticos, pero con la ventaja de ser biodegradables y menos dañinos para el medio ambiente (Santos et al., 2016).

Uno de los grupos microbianos de particular interés en la producción de biosurfactantes son las bacterias ácido lácticas (BAL), conocidas por su papel en la fermentación y en la industria láctea (Harnett et al., 2011). Estas bacterias poseen la capacidad única de sintetizar compuestos activos con propiedades surfactantes a partir de sustratos económicos y ampliamente disponibles, como el suero de leche, un subproducto importante de la industria láctea que presenta desafíos significativos en términos de manejo ambiental debido a su carga orgánica y contenido nutricional (Bohórquez et al., 2021; Rodrigues et al., 2008).

Este estudio bibliométrico exhaustivo reveló un panorama dinámico y creciente en la investigación sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche. Se observó un incremento notable en el número de publicaciones durante las últimas décadas, reflejando un interés creciente en esta área de investigación. Países como China, India e Irán destacan por su producción científica, mientras que instituciones como la Universidad de Putra Malasia y la Universidad Nacional de Seúl figuran entre las más prolíficas. Entre los autores más destacados se encuentran R. Chandran, Y.N. Solaiman y A.A. Pessoa Jr., quienes han realizado contribuciones significativas al avance del conocimiento en este campo.

Las metodologías predominantes para la producción de biosurfactantes involucran el cultivo de BAL en suero de leche suplementado con diversas fuentes de carbono y nitrógeno, seguido de la extracción y purificación del biosurfactante (Rodrigues et al., 2006). Las aplicaciones potenciales de los biosurfactantes obtenidos incluyen la biorremediación, la limpieza industrial, la industria alimentaria y la cosmética, subrayando su potencial para promover prácticas más ecológicas en diversas industrias (Gudiña et al., 2015).

Este estudio bibliométrico proporciona una visión integral del panorama actual de la investigación sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche. Los hallazgos identifican a los principales actores, las tendencias clave y las áreas de enfoque dentro de este campo (Martínez et al., 2020). La información obtenida contribuye al conocimiento científico y sirve como base para futuras investigaciones y desarrollos en esta área prometedora.

La producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche representa una estrategia sostenible y ecoamigable con un amplio potencial de aplicación en diversos sectores industriales (Rodrigues et al., 2006). El análisis bibliométrico presentado aquí destaca el dinamismo y el crecimiento de esta área de investigación, proporcionando información valiosa para guiar futuros esfuerzos hacia la optimización de procesos, la exploración de nuevas aplicaciones y la promoción de prácticas más ecológicas en la industria.

## **Capítulo I: El problema de la investigación**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La producción de biosurfactantes mediante bacterias ácido lácticas (BAL), utilizando suero de leche como medio de cultivo, ha despertado un interés considerable en la investigación reciente. Este enfoque no solo busca aprovechar un subproducto abundante de la industria láctea, sino también promover alternativas sostenibles a los surfactantes químicos convencionales. Sin embargo, para avanzar en este campo, es crucial sustentar la situación problemática en estudios previos y clarificar la situación actual del problema identificado.

La revisión y sustentación en estudios previos permitirá comprender completamente el estado actual del conocimiento y los desarrollos tecnológicos en la producción de biosurfactantes. Esto incluye identificar tendencias emergentes, metodologías predominantes y los desafíos técnicos y científicos que deben abordarse para optimizar los métodos de producción existentes y explorar nuevas aplicaciones.

### **1.2 Delimitación del problema**

Este análisis bibliométrico se centrará en la producción de biosurfactantes a partir de bacterias ácido lácticas (BAL) utilizando suero de leche como medio de cultivo.

Se analizarán las diferentes metodologías empleadas para la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche, incluyendo las condiciones de cultivo, las fuentes de carbono y nitrógeno, y los métodos de extracción y purificación.

Se explorarán las diversas aplicaciones potenciales de los biosurfactantes obtenidos, incluyendo la biorremediación, la limpieza industrial, la industria alimentaria y la cosmética.

### **1.3 Formulación del problema**

La producción de biosurfactantes mediante bacterias ácido lácticas (BAL) utilizando suero de leche como medio de cultivo representa un área de investigación en ascenso,

impulsada por su potencial para ofrecer alternativas sostenibles a los surfactantes químicos convencionales. A pesar del creciente interés y los avances significativos en esta disciplina, la situación problemática aún necesita ser sustentada en estudios previos de manera exhaustiva y sistemática.

Es crucial identificar claramente la situación actual del problema identificado en el contexto de la producción de biosurfactantes. Esto implica entender a fondo las tendencias emergentes, metodologías predominantes y los desafíos técnicos y científicos que aún deben abordarse. La revisión detallada de la literatura no solo permitirá optimizar los métodos de producción existentes, sino también explorar nuevas aplicaciones potenciales en campos como la biorremediación, limpieza industrial, industria alimentaria y cosmética.

El análisis bibliométrico propuesto busca llenar esta brecha de conocimiento, proporcionando una visión integral de las contribuciones significativas de investigadores e instituciones en este campo. Además, facilitará la identificación de las mejores prácticas en la caracterización, extracción y purificación de biosurfactantes derivados de BAL y suero de leche. Asimismo, orientará futuras investigaciones al destacar áreas prioritarias que requieren atención, promoviendo así colaboraciones interdisciplinarias y prácticas industriales más sostenibles.

#### **1.4 Preguntas de investigación**

¿Cuál es la tendencia en el número de publicaciones sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche?

¿Cuáles son los países e instituciones más prolíficos en esta área de investigación?

¿Quiénes son los autores más destacados en este campo y cuáles son sus contribuciones principales?

¿Qué metodologías se utilizan comúnmente para la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche?

¿Cuáles son las aplicaciones potenciales de los biosurfactantes obtenidos a partir de BAL y suero de leche?

¿Cuáles son los desafíos y las oportunidades futuras en la investigación y el desarrollo de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche?

### **1.5 Determinación del tema**

Tendencias de Investigación en la Obtención de Biosurfactantes a partir de Bacterias Ácido Lácticas y Suero de Leche.

### **1.6 Objetivo general**

Realizar un análisis bibliométrico exhaustivo de la producción de biosurfactantes a partir de bacterias ácido lácticas (BAL) utilizando suero de leche como medio de cultivo, con el fin de comprender el panorama actual de investigación, las tendencias emergentes y las áreas de enfoque dentro de este campo.

### **1.7 Objetivos específicos**

- Identificar las tendencias en el número de publicaciones sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche durante el período (establecen un periodo de acuerdo a lo q encuentren).
- Determinar los países e instituciones más prolíficos en la investigación sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche.
- Explorar las aplicaciones potenciales de los biosurfactantes obtenidos a partir de BAL y suero de leche.
- Proporcionar información para guiar futuras investigaciones y desarrollos en este campo prometedor.

## **1.8 Hipótesis**

### **1.8.1. Hipótesis General:**

La producción de biosurfactantes por bacterias ácido lácticas utilizando suero de leche como medio de cultivo se ve influenciada significativamente por la ubicación geográfica, la cantidad de publicaciones científicas y la colaboración entre autores e instituciones.

### **1.8.2. Hipótesis Específicas:**

Existe una correlación positiva entre la ubicación geográfica y la cantidad de publicaciones científicas sobre la producción de biosurfactantes por bacterias ácido lácticas utilizando suero de leche.

Los países con mayor producción científica en este campo muestran un alto grado de colaboración entre autores e instituciones.

Las tendencias en la producción de biosurfactantes por bacterias ácido lácticas reflejan un aumento en el interés y la inversión en biotecnología ambiental y sostenible.

## **1.9 Declaración de las variables (operacionalización)**

### **Variable Independiente:**

- Ubicación geográfica (países y regiones)

### **Variables Dependientes:**

- Número de Publicaciones Científicas
- Autores y Colaboraciones
- Propósito
- Instituciones más Prolíficas
- Propósito



- Palabras Clave

## **1.10 Justificación**

Este análisis bibliométrico es crucial para comprender el estado actual de la investigación sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche. La información obtenida permitirá a los investigadores, científicos y tomadores de decisiones identificar áreas de enfoque prioritarias, evaluar el potencial de esta tecnología y contribuir al desarrollo de estrategias sostenibles para la producción de biosurfactantes ecoamigables. La variable independiente, la ubicación geográfica, se considera fundamental ya que puede influir en la cantidad y la calidad de las publicaciones científicas, reflejando diferencias en recursos, enfoques de investigación y aplicaciones potenciales según el país o la región estudiada.

## **1.11 Alcance y limitaciones**

### **1.11.1. Alcance:**

Este estudio se enfoca en la producción de biosurfactantes por bacterias ácido lácticas utilizando suero de leche como medio de cultivo. Los objetivos específicos incluyen identificar las principales tendencias de investigación, determinar los países y regiones líderes, analizar las aplicaciones industriales y ambientales, y evaluar las metodologías utilizadas en los estudios revisados.

La revisión sistemática abarca publicaciones desde 2007 hasta 2024, recopiladas de diversas bases de datos académicas, incluyendo Science Direct, SpringerLink, Medline, Science Journals, ProQuest y Scopus. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda incluyeron términos en inglés y español como "Lactobacillus spp", "bacterias del ácido láctico", "biosurfactante", "medios de cultivo", "suero lácteo" y "bioprocesos".

Además, se llevó a cabo un análisis detallado de estudios seleccionados, que proporcionan una comprensión profunda de la eficiencia y las aplicaciones potenciales de los biosurfactantes producidos en este contexto.

### 1.11.2. Limitaciones:

**Dependencia de las Bases de Datos:** La investigación depende de las publicaciones disponibles en las bases de datos seleccionadas (Science Direct, SpringerLink, Medline, Science Journals, ProQuest y Scopus). Esto podría excluir estudios relevantes no indexados en estas fuentes.

**Criterios de Selección:** La selección de artículos se basó en criterios específicos que podrían haber excluido investigaciones valiosas que no cumplieran exactamente con estos criterios pero que aún podrían haber sido relevantes para el estudio.

**Variabilidad en los Métodos de Producción:** Las diferentes metodologías y condiciones experimentales utilizadas en los estudios revisados pueden afectar la comparabilidad de los resultados. Esto incluye variaciones en el tipo de bacterias ácido lácticas, las condiciones de fermentación (pH, temperatura, tiempo) y la composición del suero de leche.

**Limitación Temporal:** La revisión cubre publicaciones desde 2006, por lo que investigaciones importantes antes de esta fecha no fueron consideradas.

**Recursos Limitados:** El análisis bibliométrico y la revisión sistemática están sujetos a las herramientas y recursos disponibles, como los programas de análisis bibliométrico y software de gestión de referencias.

## CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

### 2.1 Antecedentes

La investigación sobre la obtención de biosurfactantes utilizando suero de leche como medio de cultivo ha ganado relevancia debido a la necesidad de encontrar alternativas sostenibles y ecoamigables a los surfactantes químicos convencionales. Los biosurfactantes son compuestos producidos por microorganismos que presentan propiedades tensoactivas similares a los surfactantes sintéticos, pero con la ventaja de ser biodegradables y menos dañinos para el medio ambiente (Marchant et al., 2012).

#### 3.1.1. Uso del Suero de Leche

El suero de leche es un subproducto de la industria láctea, generado en grandes cantidades durante la producción de queso y otros derivados lácteos. Este subproducto contiene lactosa, proteínas y otros nutrientes, lo que lo convierte en un medio de cultivo atractivo para la producción de biosurfactantes. Sin embargo, la gestión inadecuada del suero de leche puede causar problemas ambientales significativos debido a su alto contenido de materia orgánica y nutrientes (Smithers et al., 2008).

#### 3.1.2. Producción de Biosurfactantes por Bacterias Ácido Lácticas (BAL)

Las bacterias ácido lácticas (BAL) han sido identificadas como microorganismos prometedores para la producción de biosurfactantes a partir de suero de leche. Estas bacterias, conocidas por su papel en la fermentación y en la industria láctea, poseen la capacidad de sintetizar compuestos activos con propiedades surfactantes utilizando sustratos económicos y ampliamente disponibles, como el suero de leche (Kosaric, et al., 1992).

El estudio de biosurfactantes producidos por bacterias como *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus* spp. muestra que estas BAL pueden utilizar el suero de leche como fuente de carbono para producir biosurfactantes efectivos en diversas

aplicaciones industriales. Por ejemplo, los surfactantes biológicos producidos por *Streptococcus thermophilus* han demostrado ser eficaces en la remediación de aguas contaminadas, eliminando aceites y otros contaminantes de las aguas residuales (Martínez-Toledo et al., 2020).

### **3.1.3. Producción de Biosurfactantes por Otros Microorganismos**

Además de las BAL, otros microorganismos como *Bacillus subtilis* también han mostrado un potencial significativo en la producción de biosurfactantes utilizando suero de leche. En un estudio, *Bacillus subtilis* DS03 fue capaz de producir biosurfactantes con propiedades adecuadas para aplicaciones de limpieza industrial en plantas de procesamiento de alimentos (Santos et al., 2016). Este tipo de producción no solo mejora la eficiencia de los procesos de limpieza, sino que también contribuye a la reducción de residuos lácteos.

### **3.1.4. Aplicaciones Industriales**

Las aplicaciones potenciales de los biosurfactantes obtenidos incluyen la biorremediación, la limpieza industrial, la industria alimentaria y la cosmética. La biorremediación utiliza biosurfactantes para limpiar contaminantes ambientales, como hidrocarburos y metales pesados, de suelos y aguas (Mulligan et al., 2005). En la industria alimentaria, los biosurfactantes pueden mejorar la textura y estabilidad de productos lácteos y otros alimentos (Banat et al., 2014). En cosmética, los biosurfactantes se utilizan en formulaciones de productos para el cuidado de la piel y el cabello debido a su suave acción limpiadora y compatibilidad con la piel (Santos et al., 2016).

### **3.1.5. Contribución a la Gestión de Residuos**

El uso de suero de leche como medio de cultivo para la producción de biosurfactantes no solo ofrece una solución para la gestión de residuos lácteos, sino que también contribuye al desarrollo de productos sostenibles con aplicaciones industriales diversas. Este enfoque transforma un subproducto de la industria láctea, que de otro

modo sería un contaminante, en una valiosa materia prima para la biotecnología (Kosaric et al., 2008).

### **3.1.6. Investigaciones Recientes y Desafíos**

Investigaciones recientes han abordado diversos aspectos de la producción de biosurfactantes a partir de suero de leche, incluyendo la optimización de las condiciones de cultivo, la selección de cepas microbianas y el desarrollo de métodos eficientes de extracción y purificación (Gudiña et al., 2015). A pesar de los avances, persisten desafíos significativos, como la variabilidad en la calidad del suero de leche y la necesidad de escalar los procesos de producción para aplicaciones industriales (Nitschke et al., 2018).

### **3.1.7. Perspectivas Futuras**

El campo de la producción de biosurfactantes a partir de suero de leche está en expansión, con un interés creciente en desarrollar bioprocesos más eficientes y sostenibles. Las futuras investigaciones podrían centrarse en la ingeniería genética de cepas microbianas para mejorar la producción de biosurfactantes y en el uso de tecnologías avanzadas de bioprocesamiento para reducir los costos y mejorar la eficiencia (Singh et al., 2013). Además, el desarrollo de aplicaciones innovadoras en sectores emergentes, como la nanotecnología y la medicina, podría abrir nuevas oportunidades para los biosurfactantes (Sarafzadeh et al., 2019).

En resumen, el uso de suero de leche como medio de cultivo para la producción de biosurfactantes por BAL y otros microorganismos representa una estrategia prometedora tanto para la gestión de residuos lácteos como para la producción de productos sostenibles con diversas aplicaciones industriales. Las investigaciones en este campo continúan evolucionando, ofreciendo nuevas perspectivas para el desarrollo de soluciones biotecnológicas innovadoras y sostenibles.

## **2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación**

### **3.2.1. Biosurfactantes**

#### **3.2.1.1. Definición e importancia**

Los biosurfactantes son agentes tensoactivos de origen natural que pueden ser generados por diversos microorganismos o plantas. Son reconocidos por su capacidad de biodegradación y su baja toxicidad, lo que los interviene en opciones viables para sustituir a los surfactantes sintéticos (Bohórquez et al., 2021). Son compuestos producidos por microorganismos que poseen propiedades anfipáticas, es decir, tienen una parte hidrofílica y una parte hidrofóbica. Estos compuestos activos pueden reducir la tensión superficial, son de baja toxicidad y son biodegradables, se obtienen a partir de fuentes renovables (Pimentel et al., 2021).

Los biosurfactantes son reconocidos por su capacidad de disminuir la tensión superficial entre líquidos que no se mezclan con el agua, lo que resulta en una reducción significativa de la energía para formar emulsiones. Además, este proceso aumenta la solubilidad de las sustancias en las emulsiones, lo que les confiere propiedades únicas en una variedad de aplicaciones industriales y ambientales (Benavides et al., 2017). Estos compuestos son metabolitos secundarios que se producen principalmente durante la fase estacionaria del crecimiento biológico (Rosas et al., 2018).

Debido a las diversas propiedades que poseen los biosurfactantes están ganando importancia en varios campos de aplicación. Están empleados como emulsionantes, agentes humectantes y espumantes, ingredientes en alimentos y bebidas, lubricantes, detergentes, productos cosméticos y farmacéuticos, así como en la industria minera y metalúrgica (Benavides et al., 2017). A diferencia de los surfactantes sintéticos, los compuestos generados por microorganismos se descomponen fácilmente y son particularmente adecuados para aplicaciones ambientales como la biorremediación (Nitschke et al., 2007).

### 3.2.1.2. Tipos y clasificación

Los biosurfactantes pueden ser clasificados en dos categorías principales: las de baja masa molecular que exhiben tensiones superficiales e interfaz sociales reducidas y polímeros de alta masa molecular que se adhieren firmemente a la superficie. (Pattanathu et al., 2008). Se clasifican en glicolípidos, lipoproteínas o lipopétidos, fosfolípidos, ácidos grasos o lípidos naturales, surfactantes poliméricos o surfactantes particulados. Entre los ramnolípidos, que pertenecen a los glicolípidos y son producidos por *Pseudomonas sp.*, que son los más estudiados y reportados para usos industriales (Niño et al., 2019).

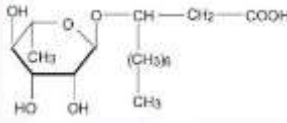
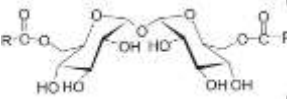
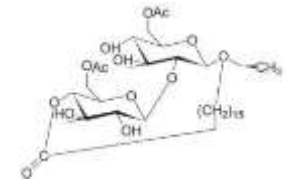
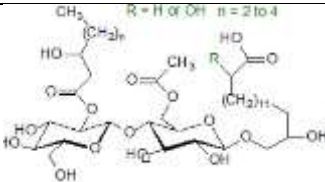
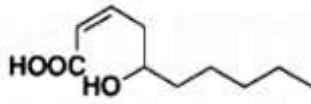
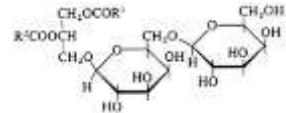
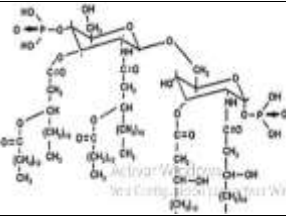
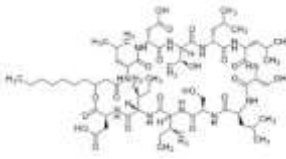
Los biosurfactantes se clasifican en función de su estructura química y la naturaleza de los microorganismos productores. Las principales clases de biosurfactantes incluyen:

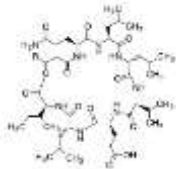
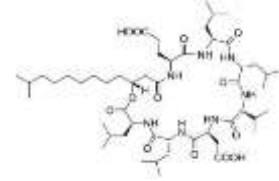
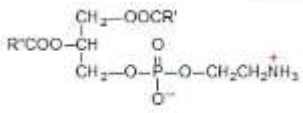
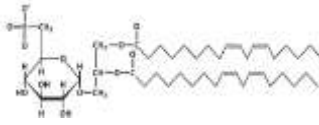
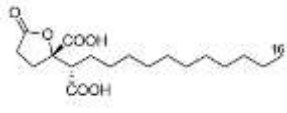
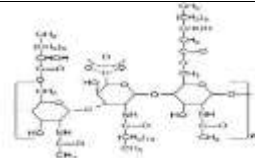
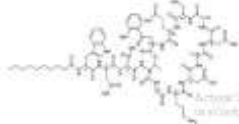
- **Glicolípidos:** Como los ramnolípidos, producidos principalmente por *Pseudomonas aeruginosa*, y los sophorolípidos, producidos por especies de levaduras como *Candida bombicola*. Estos compuestos están compuestos por un azúcar (glucosa o rhamnosa) y un lípido (ácido graso) (Marchant et al., 2012).
- **Lipopeptidos y Lipoproteínas:** Como las surfactinas producidas por *Bacillus subtilis*, que tienen aplicaciones en la biorremediación y la medicina debido a sus propiedades antimicrobianas y antitumorales (Santos et al., 2016).
- **Fosfolípidos:** Producidos por bacterias y levaduras, estos compuestos son importantes componentes de las membranas celulares y tienen aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica (Kosaric et al., 1992).
- **Polisacáridos:** Como la emulsan, producida por *Acinetobacter calcoaceticus*, que es utilizado principalmente en la industria petrolera para la recuperación mejorada de petróleo (Banat et al., 2000).

**Tabla 1** Clasificación y uso de los biosurfactantes.

BIOSURFACTANTE	MICROORGANISMO PRODUCTOR	ESTRUCTURA	APLICACIONES
----------------	--------------------------	------------	--------------



Ramrólpidos	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Serratia rubidea</i>		-Mejora en la degradación y dispersión de diferentes clases de hidrocarburos. -Emulsificación de hidrocarburos y aceites vegetales. -Remoción de metales del suelo.
Trehalólpidos	<i>Arthrobacter paraffineus</i> , <i>Corynebacterium spp.</i> , <i>Mycobacterium spp.</i> , <i>Rhodococcus erythropolis</i> , <i>Nocardia sp.</i>		Mejora de la biodisponibilidad de hidrocarburos.
Soforólpidos	<i>Candida apicola</i> , <i>Candida bombicola</i> , <i>Candida lipolytica</i> , <i>Candida bogoriensis sp.</i>		-Recuperación de hidrocarburos de lodos. -Remoción de metales pesados de sedimentos. -Recobro mejorado de petróleo.
Celobiolípidos	<i>Ustilago maydis</i>		-Efecto fungicida contra levaduras y hongos micelares.
Lípido polioles	<i>Rhodotorula glutinus</i> , <i>Rhodotorula graminus</i>		
Diglicosil digliceridos	<i>Lactobacillus fermentii</i>		
Lipopolisacáridos	<i>Acinetobacter calcoaceticus (RAG1)</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Candida lipolytica</i>		
Arthrofartín	<i>Arthrobacter sp.</i>		-Mejora en recobro mejorado de petróleo --Mejora la biodegradación de hidrocarburos y pesticidas clorinados -Remoción de metales pesados de suelos, agua y sedimentos.

Lichenysin A, Lichenysin B	Bacillus licheniformis		
Surfactin	Bacillus subtilis, Bacillus pumilus		
Fosfolípidos	Acinetobacter sp.		-Incrementa la tolerancia de bacterias a metales pesados.
Sulfonilípidos	T. thiooxidans, Corynebacterium alkanolyticum		
Ácidos grasos (ácido corinomicó lico, espiculispírico, etc.)	Capnocytophaga sp., Penicillium spiculisporum, Corynebacterium lepus, Arthrobacter paraffineus, Talaromyces trachyspermus, Nocardia erythropolis.		-Mejora de recobro de bitumen. -Remoción de iones metálicos de soluciones acuosas. -Dispersión de pigmentos hidrofílicos. -Secuestrantes metales pesados.
Emulsan, Alasan	Acinetobacter radioresistens		Estabilización de hidrocarburos en emulsiones con agua.
Streptofactin	Streptomyces tendae		
Surfactantes particulados	Acinetobacter sp. HO1-N pseudomonas sp marginalis		
Biosur PM	Pseudomonas maltophilla sp		

Fuente: (Niño , 2019)

### 3.2.1.3. Propiedades de los biosurfactantes

Las propiedades de los biosurfactantes son tomadas de (Vijayakumar et al., 2015).

- **Actividad superficial e interfacial:** La diferencia y la efectividad son características clave de un buen surfactante. La eficiencia se mide mediante la concentración micelar crítica (CMC) que en los biosurfactantes varía entre 1 y 200mg/l, mientras que la efectividad se relaciona con la reducción de la tensión superficial e interfacial (aceite/agua) se encuentra entre 1 y 30 Nn/m aproximadamente.
- **Tolerancia a la temperatura, el pH y la fuerza iónica:** Muchos biosurfactantes pueden utilizarse a temperaturas altas en un rango amplio de pH de 2 a 12. Además, toleran altas concentraciones de sal al 10% mientras que una concentración de tan solo 2% NaCl es suficiente para inactivar los surfactantes sintéticos.
- **Biodegradabilidad:** Los biosurfactantes se descomponen fácilmente por la acción de microorganismos presentes en el agua y el suelo, lo que los convierte en compuestos ideales para la biorremediación y el tratamiento de residuos.
- **Baja toxicidad:** la baja toxicidad de los biosurfactantes permite su uso en alimentos, cosméticos e industrias farmacéuticas, además de hacerlos aptos para aplicaciones ambientales. Además, los biosurfactantes pueden producirse utilizando una gran variedad de residuos industriales.
- **Especificidad:** Los biosurfactantes son moléculas complejas que contienen grupos funcionales específicos, lo que les permite tener acciones particulares.
- **Biocompatibilidad y digestibilidad:** Estas propiedades los hacen adecuados para su uso en las industrias alimentarias, farmacéutica y cosmética.
- **Formación y ruptura de emulsiones:** Pueden actuar como agentes emulsificantes o como agentes que rompen emulsiones.

Los biosurfactantes tienen menor toxicidad, mayor biodegradabilidad, mejor compatibilidad ambiental y gran estabilidad a temperaturas y pH extremos en

comparación con los surfactantes químicos. Estas características hacen de los biosurfactantes una alternativa prometedora frente a los surfactantes químicos (Mata et al., 2023).

#### **3.2.1.4. Métodos de producción**

Los biosurfactantes pueden ser obtenidos a partir de diversos microorganismos, incluyendo bacterias, levaduras y hongos. Entre estos, las bacterias ácido lácticas (BAL) son de particular interés debido a su capacidad para producir biosurfactantes utilizando subproductos agrícolas y residuos industriales. Algunos medios de cultivo frecuentemente utilizados para el crecimiento de bacterias ácido lácticas, como el extracto de levadura, la peptona y las sales, son costosos. Por ello, se han explorado alternativas más económicas (Rodrigues et al., 2006).

La producción de surfactantes microbianos se ve influenciada por diversos factores, entre ellos la fuente de carbono que pueden ser hidrocarburos, aceites vegetales, azúcares y residuos agroindustriales como el suero de leche (Smithers et al., 2008). Otra fuente de carbono comúnmente utilizada es la melaza, un subproducto de la industria azucarera, que generalmente se destina a la alimentación animal y a la producción de etanol y levadura. Además de la fuente de carbono, otros factores clave para la fermentación de las bacterias ácido lácticas incluyen la fuente de nitrógeno, el pH, la agitación, el oxígeno y la temperatura (Martínez et al., 2014).

#### **3.2.1.5. Microorganismos involucrados**

Los microorganismos son esenciales en la producción de biosurfactantes. Diversos estudios han demostrado que ciertas bacterias, como *Streptococcus thermophilus*, pueden producir biosurfactantes con propiedades tensioactivas, útiles para limpiar contaminantes en plantas procesadoras de alimentos. Además, otros microorganismos como *Pseudomonas aeruginosa* y *Bacillus subtilis* también pueden generar biosurfactantes, ampliando así el abanico de aplicaciones en la limpieza y desinfección de instalaciones de procesamiento de alimentos. Estas bacterias no solo

ayudan a remover residuos, sino que también pueden inhibir el crecimiento de microorganismos dañinos, mejorando la seguridad alimentaria (Chumi et al., 2023).

### **3.2.2. Bacterias Ácido Lácticas (BAL)**

Las bacterias ácido lácticas son un grupo diverso de microorganismos grampositivos que fermentan carbohidratos principalmente en ácido láctico. Estas bacterias son comúnmente utilizadas en la producción de alimentos fermentados y tienen un papel significativo en la industria láctea. Las BAL son capaces de producir biosurfactantes efectivos que tienen aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y en la biorremediación (Rodrigues et al., 2006).

#### **3.2.2.1. Fermentación con bacterias ácido lácticas**

La fermentación con bacterias ácido lácticas, como *Streptococcus thermophilus*, es crucial para la producción de biosurfactantes. Estas bacterias pueden utilizar fuentes de carbono, como el lactosuero, para sintetizar compuestos con actividad tensioactiva, lo que los hace muy efectivos para limpiar superficies y equipos en plantas procesadoras de alimentos. Además, este proceso puede ser más económico y sostenible si se utiliza melaza, un subproducto industrial. Al controlar bien el proceso de fermentación, ajustando el pH, la temperatura y el tiempo, se puede maximizar la producción de estos compuestos beneficiosos (Chumi Pasato & Rueda Vincés, 2023).

#### **3.2.2.2. Mecanismos de acción**

Los biosurfactantes producidos por bacterias ácido lácticas funcionan principalmente al reducir la tensión superficial de los contaminantes en las plantas procesadoras de alimentos, facilitando su solubilización y eliminación. Este mecanismo de acción mejora la eficiencia en la limpieza y desinfección de equipos y superficies, manteniendo altos estándares de higiene (Frolich et al., 2021). Además, estos biosurfactantes son especialmente buenos para eliminar residuos grasos y proteicos, que son comunes en la industria alimentaria. Solubilizar estos residuos facilita su

biodegradación en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, lo que ayuda a reducir el impacto ambiental.

### **3.2.2.3. Condiciones óptimas de fermentación**

Para lograr una producción óptima de biosurfactantes mediante la fermentación con bacterias ácido lácticas, es importante considerar factores como la temperatura, el tiempo de fermentación y la fuente de carbono utilizada. Estos factores pueden influir mucho en la cantidad y calidad del biosurfactante producido, así como en su efectividad para limpiar y desinfectar en plantas procesadoras de alimentos. Por ejemplo, mantener una temperatura de entre 30-37°C y ajustar el pH del medio puede incrementar la eficiencia de producción. También, la agitación constante durante la fermentación puede mejorar la homogeneidad del cultivo y la eficiencia de producción (Harnett et al., 2011).

### **3.2.2.4. Beneficios y desafíos**

#### **3.2.2.4.1. Ventajas ambientales y económicas**

El uso de biosurfactantes producidos por bacterias ácido lácticas en la limpieza de plantas procesadoras de alimentos ofrece muchas ventajas ambientales y económicas. Estos compuestos naturales permiten limpiar efectivamente superficies y equipos, reduciendo la presencia de residuos grasos y proteicos. Además, representan una alternativa sostenible y de bajo costo comparada con los métodos tradicionales (Rodrigues et al., 2006). La producción de biosurfactantes a partir de residuos agroindustriales, como el lactosuero, no solo reduce los costos de producción, sino que también contribuye a la economía circular y a la reducción de residuos. Además, los biosurfactantes son biodegradables y menos tóxicos, minimizando así el impacto ambiental (Rodrigues et al., 2008).

#### **3.2.2.4.2. Desafíos y limitaciones**

A pesar de sus beneficios, la aplicación de biosurfactantes en la limpieza de plantas procesadoras de alimentos también enfrenta desafíos y limitaciones. Entre estos se



encuentran la optimización de los procesos de producción para garantizar la viabilidad económica a gran escala y la evaluación de la seguridad y eficacia de los biosurfactantes en entornos de procesamiento de alimentos (Chumi et al., 2023). También es importante considerar el impacto a largo plazo en las superficies tratadas. Estos aspectos deben ser abordados para asegurar que el uso de biosurfactantes sea eficaz y seguro en la industria alimentaria. Además, es necesario desarrollar métodos para la producción a gran escala que mantengan la calidad y actividad de los biosurfactantes, así como asegurar su estabilidad durante el almacenamiento y el uso (Santos et al., 2017).

### 3.2.3. Suero de Leche como Medio de Cultivo

El suero de leche es un subproducto de la fabricación de queso y otros productos lácteos, y está compuesto principalmente por lactosa, proteínas y minerales. Este subproducto es abundante y representa un desafío ambiental significativo si no se maneja adecuadamente. Sin embargo, su composición rica en nutrientes lo convierte en un sustrato ideal para el cultivo de microorganismos productores de biosurfactantes (Smithers et al., 2008).

### 3.2.4. Metodologías para la Producción de Biosurfactantes

Las metodologías para la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche varían, pero generalmente incluyen las siguientes etapas:

- **Cultivo Microbiano:** Las BAL se cultivan en un medio de suero de leche suplementado con fuentes adicionales de carbono y nitrógeno para promover el crecimiento y la producción de biosurfactantes (Desai et al., 1997).
- **Optimización de Condiciones de Cultivo:** Variables como la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno y el tiempo de fermentación se optimizan para maximizar la producción de biosurfactantes (Mulligan et al., 2005).
- **Extracción y Purificación:** Los biosurfactantes se extraen del medio de cultivo mediante métodos como la centrifugación, precipitación con solventes y



cromatografía. La purificación puede involucrar técnicas adicionales como la filtración y la liofilización (Gudiña et al., 2015).

### 3.2.5. Estudios y aplicaciones

Gracias a su mayor biodegradabilidad en comparación con los surfactantes químicos, son más adecuados para una variedad de aplicaciones, incluyendo la biorremediación y dispersión en derrames de petróleo; mejora en la recuperación de petróleo; limpieza de residuos de petróleo en tanques de almacenamiento; formulaciones de herbicidas y pesticidas; y aplicaciones en la industria farmacéutica y cosmética (Pimentel et al., 2021)

Los biosurfactantes producidos por BAL utilizando suero de leche tienen múltiples aplicaciones:

- **Biorremediación:** Los biosurfactantes pueden mejorar la biodegradación de contaminantes hidrofóbicos como hidrocarburos y metales pesados, facilitando su eliminación del medio ambiente (Mulligan et al., 2005).
- **Industria Alimentaria:** En la industria alimentaria, los biosurfactantes se utilizan para mejorar la textura, estabilidad y calidad de productos alimenticios, así como en la fermentación de alimentos (Banat et al., 2014).
- **Industria Cosmética:** En cosméticos, los biosurfactantes se utilizan en formulaciones de productos para el cuidado de la piel y el cabello debido a sus propiedades suaves y su compatibilidad con la piel (Santos et al., 2016).
- **Limpieza Industrial:** Los biosurfactantes pueden ser utilizados en procesos de limpieza industrial, donde su capacidad para emulsionar aceites y grasas los hace ideales para la limpieza de equipos y superficies (Santos et al., 2016).

Estas moléculas también pueden influir en la estabilidad y la viscosidad de los sistemas coloidales, lo que amplía aún más su potencial de aplicación en áreas como la recuperación mejorada de petróleo, la limpieza ambiental y producción de alimentos (Benavides et al., 2017).

Los estudios sobre la producción y aplicación de biosurfactantes derivados de bacterias ácido lácticas han demostrado su eficacia en la limpieza de superficies y equipos en plantas procesadoras de alimentos. Estos compuestos naturales representan una alternativa prometedora para mantener la higiene en entornos de procesamiento de alimentos, con aplicaciones potenciales que se extienden a la mejora de la seguridad alimentaria y la eficiencia operativa. Además, la investigación sigue explorando nuevas fuentes de carbono y condiciones de fermentación para mejorar aún más la eficiencia y el alcance de estos biosurfactantes en aplicaciones industriales y de procesamiento de alimentos (Chumi et al., 2023). Los estudios han mostrado que los biosurfactantes pueden descomponer residuos orgánicos complejos, facilitando su eliminación y previniendo la acumulación de biofilms en superficies, lo cual es crucial para mantener altos estándares de higiene (Medina et al., 2014).

## **CAPÍTULO III: Diseño metodológico**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

Este estudio se clasifica como una investigación bibliométrica de tipo descriptivo y exploratorio. La investigación bibliométrica utiliza métodos cuantitativos para analizar la producción, difusión e impacto de la literatura científica en un área específica del conocimiento. En este caso, se exploran las publicaciones científicas relacionadas con la producción de biosurfactantes por bacterias ácido lácticas utilizando suero de leche como medio de cultivo. El enfoque descriptivo permite identificar patrones y características de la investigación publicada, mientras que el enfoque exploratorio busca descubrir nuevas tendencias y áreas emergentes de investigación en este campo de la biotecnología sostenible.

### **3.2 La población y la muestra**

#### **4.2.1. Características de la población**

La población de interés para este estudio comprende todas las publicaciones científicas relevantes indexadas en bases de datos. Estas publicaciones abordan temas relacionados con biosurfactantes producidos por bacterias ácido lácticas y utilizando suero de leche como medio de cultivo. Incluye artículos de revistas, conferencias, libros y otros documentos científicos que han sido evaluados y aceptados por la comunidad académica y científica.

#### **4.2.2. Delimitación de la población**

Se establecieron criterios de inclusión específicos. Se incluyeron estudios publicados desde el año 2006 hasta 2023. Se excluyeron estudios que no estaban disponibles en estas bases de datos y aquellos que no cumplían con los criterios temáticos relacionados con biosurfactantes y suero de leche. Esta delimitación asegura que la muestra seleccionada sea representativa y pertinente para los objetivos de investigación establecidos.

### **4.2.3. Tipo de muestra**

Muestra no probabilística intencional. Los artículos fueron seleccionados de manera deliberada basados en su relevancia y accesibilidad en las bases de datos. Se utilizaron palabras clave específicas y criterios de búsqueda detallados para identificar y seleccionar las publicaciones más pertinentes para el análisis bibliométrico. Se emplearon diversas herramientas para facilitar la extracción, gestión y visualización de datos bibliométricos, garantizando así la inclusión adecuada de estudios relevantes.

### **4.2.4. Tamaño de la muestra**

El tamaño total de la muestra utilizada en este estudio es de 62 publicaciones en total. Se compone de publicaciones recuperadas que cumplen con los criterios de inclusión establecidos. Este tamaño de muestra fue seleccionado para proporcionar una representación significativa y robusta de la producción científica sobre el tema de estudio, permitiendo un análisis exhaustivo de las tendencias, patrones y características clave en la investigación sobre biosurfactantes derivados de suero de leche.

### **4.2.5. Proceso de selección de la muestra**

Se inició con la definición clara de los criterios de búsqueda y la aplicación de palabras clave relevantes para recuperar las publicaciones más pertinentes en Scopus y Google Scholar. Zotero fue utilizado para gestionar y organizar las referencias bibliográficas, asegurando la consistencia y la representatividad de la muestra seleccionada. Se emplearon también herramientas como VOSviewer para la visualización y análisis de redes bibliométricas, lo que facilitó una representación gráfica y una comprensión más profunda de la estructura de colaboración en la investigación sobre biosurfactantes.

### **3.3 Los métodos y las técnicas**

Se emplearon métodos y técnicas bibliométricas avanzadas para analizar los datos recopilados en este estudio. Se utilizó análisis de frecuencia para examinar la distribución temporal de publicaciones y análisis de coocurrencia de términos para identificar relaciones y clúster temáticos dentro del conjunto de datos. Además, se aplicaron técnicas de visualización de redes de coautoría utilizando herramientas gráficas, lo que permitió una representación gráfica y una comprensión más profunda de la estructura de colaboración en la investigación sobre biosurfactantes.

### **3.4 Procesamiento estadístico de la información**

El procesamiento estadístico de la información incluyó el uso de software para organizar, categorizar y analizar datos bibliométricos. Se aplicaron métricas estándar de bibliometría para evaluar la productividad científica de países, instituciones y autores, así como para identificar tendencias emergentes y áreas de enfoque dentro del campo de estudio. Este enfoque metodológico asegura la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos en el análisis bibliométrico sobre biosurfactantes producidos por bacterias ácido lácticas utilizando suero de leche como medio de cultivo.

## CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

### 4.1 Análisis de los resultados

#### 5.1.1. Identificación de Tendencias en Publicaciones sobre Producción de Biosurfactantes a partir de Bacterias ácido lácticas (BAL) y Suero de Leche (2006-2023)

##### 5.1.1.1. Análisis de la Producción de Publicaciones

Se realizó una revisión sistemática de artículos de las bases de datos Science Direct, SpringerLink, Medline, Science Journals, ProQuest y Scopus, se seleccionaron aquellos que permitieron dar respuesta a los objetivos planteados. El intervalo de tiempo que se tuvo en cuenta fue a partir del año 2007, año de donde se ha evidenciado más publicaciones hasta el presente año. Se utilizaron diferentes palabras claves en la búsqueda de artículos, empleando las siguientes palabras: *Lactobacillus* spp, bacterias del ácido láctico, biosurfactante, medios de cultivo, suero lácteo, y bioprocesos; tanto en el idioma inglés como el español; de 62 documentos se discriminaron al menos un 50%, esto dado a la temática directa de interés en esta investigación.

La revisión de las investigaciones publicadas, para ser exactos 18 en el área de estudio, esto sugiere un creciente interés a nivel global en la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche desde mediados de la década de 2000 hasta 2023.

##### 5.1.1.2. Tendencias observadas en el nivel de publicaciones

**Crecimiento Constante:** Tras el análisis, desde el año 2006 hasta el 2023, se observa un crecimiento constante y continuo en la cantidad de publicaciones (Figura 1), con un notable aumento en los últimos cinco años. Este crecimiento puede atribuirse al creciente interés y reconocimiento de la importancia de los biosurfactantes en aplicaciones bioactivas, sostenibles y ecológicas. Es así que el número de publicación incrementó de haber 2 en el 2020 a 3 en el 2022 y 4 en el 2023.



Figura 1. Resumen de Publicaciones por Año

### 5.1.2. Países e instituciones más prolíficos en la investigación sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche; y aplicaciones potenciales

Como se parecía en la tabla 1: India y Portugal son los países destacan por un mayor número de publicaciones, lo que indica una fuerte actividad de investigación en la producción de biosurfactantes en estas regiones. La investigación sobre biosurfactantes se lleva a cabo en diversos países, reflejando un interés global en el desarrollo de estos compuestos para aplicaciones industriales.

Tabla. 1. Datos de Publicaciones por Año y País

Año	País	Aplicaciones	Autores
2007	Brasil	Biorremediación de suelos	Darlane Wellen Freitas Soares
2014	Colombia	Recobro mejorado de petróleo	Martínez Aguila
2014	Brasil	Biorremediación de suelos	Darlane Wellen Freitas Soares
2017	Portugal	Uso de biosurfactantes en cosméticos naturales	Ferreira y colaboradores
2018	España	Producción de biosurfactante con suero y vinaza	Souza Vera et al.
2018	México	Función probiótica de bacterias ácido lácticas	Guel García et al.



2019	Irán	Producción de biosurfactantes con ultrasonido	Asma Behzadnia et al.
2020	Irán	Efecto del tratamiento ultrasónico	Asma Behzadnia et al.
2020	India	Conservación de carne con biosurfactantes	Tene Mouafo et al.
2021	Egipto	Producción de biosurfactantes antimicrobianos	Ebtehag et al.
2021	India	Bebida de suero probiótica	Saurabh Kadyan et al.
2021	India	Potencial de biosurfactantes como antimicrobianos	Basavaprabhu Haranahalli Nataraj y colaboradores
2023	Grecia	Producción de biosurfactantes de bajo costo	Kachrimanidou et al.
2023	Portugal	Producción de biosurfactantes por <i>Lactococcus lactis</i>	Rodrigues et al.
2023	Estados Unidos	Biopelículas de bacterias del ácido láctico	Fedrick et al.
2023	Ecuador	Biorremediación de agua y recobro de petróleo	Chumi Pasato, A.P & Rueda Vinces, M.C

## 4.2 Interpretación de los resultados

### 5.2.1. Tendencias anuales

Se observa un aumento en el número de publicaciones en 2021 y 2023, lo cual puede estar relacionado con un mayor interés y avances en la investigación de biosurfactantes y ha mostrado un incremento significativo en el número de publicaciones científicas en los últimos años, especialmente desde 2018. Este crecimiento se puede atribuir a varios factores:

### 5.2.2. Aumento de la Conciencia Ambiental:

La necesidad de desarrollar productos más sostenibles y menos tóxicos ha llevado a un interés creciente en los biosurfactantes como alternativas a los tensioactivos sintéticos. Esto se refleja en la investigación realizada en varios países como India,



Irán y Brasil, donde se destacan los beneficios ambientales de estos compuestos (Darlane Wellen Freitas Soares, 2014; Asma Behzadnia et al., 2019 y 2020; Ebtehag et al., 2021).

### 5.2.2.1. Análisis Geográfico

**India:** India ha sido un líder en la investigación de biosurfactantes, con varias publicaciones destacadas que abordan su producción y aplicación como componente bioactivo. Estudios realizados en universidades e institutos de investigación como en la Universidad de Ciencias Agrícolas de Bangalore, han explorado tanto las propiedades bioactivas para posteriores aplicaciones en la conservación de alimentos (Tene Mouafo et al., 2020; Nataraj et al. (2021).

**Irán:** En Irán, en la Universidad de Teherán, se han realizado estudios pioneros sobre la optimización de la producción de biosurfactantes mediante el uso de ultrasonido y medios modificados. Estos estudios han mostrado resultados prometedores en términos de aumento de la eficiencia de producción y calidad de los biosurfactantes producidos (Behzadnia., 2019; Behzadnia., 2020).

**Portugal y España:** En estos dos países han explorado el uso de biosurfactantes en la industria cosmética y la optimización de su producción utilizando subproductos de la industria alimentaria, como el suero de leche. Estos estudios han demostrado la viabilidad económica y la efectividad de los biosurfactantes en formulaciones en este tipo de industria (Ferreira et al., 2017).

**Brasil y Colombia:** En estos dos países sudamericanos, los estudios se han centrado en la biorremediación y el recobro mejorado de petróleo, destacando el potencial de los biosurfactantes en aplicaciones ambientales. Estos estudios han mostrado que los biosurfactantes pueden ser producidos de manera efectiva a partir de subproductos industriales, reduciendo costos y contribuyendo a la sostenibilidad (Soares., 2014; Martínez Aguila, 2014).

**Grecia:** En este país, Kachrimanidou et al. (2023) de la Universidad Aristóteles de Tesalónica, han analizado bacterias del ácido láctico para producir biosurfactantes con residuos industriales, promoviendo la bioeconomía.

**Ecuador:** En nuestro país, Chumi Pasato, & Rueda Vences, (2023), de la Universidad de Cuenca, estudiaron sobre la producción de biosurfactantes por *Streptococcus thermophilus* para la biorremediación de agua y recobro de petróleo.

**México:** en este país realizaron exploración de componentes bioactivos en la leche entera, incluyendo bacterias ácido lácticas con aplicaciones nutraceuticas (Guel García et al., 2018).

### 5.2.3. Aplicaciones potenciales

Basándonos en los estudios mencionados sobre biosurfactantes obtenidos a partir de bacterias del ácido láctico (BAL) y suero de leche, aquí te presento algunas aplicaciones potenciales destacadas:

#### 5.2.3.1. Industria Alimentaria:

**Conservación de alimentos:** Los biosurfactantes pueden ser utilizados como conservantes naturales para prolongar la vida útil de productos alimenticios, como se demostró en el estudio de conservación de carne con biosurfactantes de *Lactobacillus*.

**Formulación de emulsiones:** En la industria alimentaria, los biosurfactantes pueden estabilizar emulsiones de aceites esenciales y antioxidantes, como se observó en el estudio de Ferreira et al. (2017) en Portugal.

#### 5.2.3.2. Industria Farmacéutica:

**Agentes antimicrobianos:** Los biosurfactantes pueden actuar como agentes antimicrobianos naturales, útiles para combatir patógenos en productos farmacéuticos y en aplicaciones médicas, como se mencionó en varios estudios que caracterizan los biosurfactantes de *Lactobacillus acidophilus* y *Lactocaseibacillus rhamnosus* (Nataraj et al., 2021; Fedrick., 2023; Ebtehag et al., 2021; Saurabh Kadyan et al., 2021; Souza Vera et al., 2018).

#### 5.2.3.3. Industria Cosmética:

**Cosméticos naturales:** Los biosurfactantes son preferidos en la formulación de cosméticos naturales debido a su biocompatibilidad y baja toxicidad, como se

evidenció en el estudio de Ferreira et al. (2017) y en la revisión sobre aplicaciones potenciales en cosmética en países de Latinoamérica.

#### **5.2.3.4. Biorremediación y Recursos Naturales:**

**Biorremediación:** Los biosurfactantes pueden utilizarse en la biorremediación de suelos y aguas contaminadas, como se investigó en estudios en Brasil y Ecuador. Estos compuestos ayudan a mejorar la solubilización y degradación de contaminantes, facilitando así la recuperación de ecosistemas afectados (Darlane Wellen Freitas Soares, 2014; Chumi Pasato, A.P & Rueda Vincés, M.C, 2023).

#### **5.2.3.5. Recobro Mejorado de Petróleo:**

**Industria petrolera:** Los biosurfactantes pueden aplicarse en técnicas de recobro mejorado de petróleo, mejorando la eficiencia de extracción en comparación con métodos convencionales, como se demostró en estudios en Colombia y Ecuador (Martínez Aguila, 2014; Chumi Pasato, A.P & Rueda Vincés, M.C, 2023).

#### **5.2.3.6. Aplicaciones Industriales Diversificadas:**

Los biosurfactantes producidos por BAL tienen aplicaciones prometedoras en diversas industrias, como la alimentaria, farmacéutica, cosmética y ambiental. Investigaciones recientes han demostrado su potencial como conservantes naturales en carne, estabilizadores en emulsiones cosméticas y agentes de biorremediación (Sneh Punia Bangar et al., 2022).

## **CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

Durante la última década, ha habido un aumento significativo en el número de publicaciones sobre la producción de biosurfactantes a partir de BAL y suero de leche. Este aumento es evidente especialmente desde 2017 hasta la fecha actual, reflejando un creciente interés en el potencial de estos compuestos en diversas industrias como la alimentaria, farmacéutica, cosmética y ambiental.

En Irán, Universidades como la Universidad de Teherán han sido prominentes en la investigación, con múltiples estudios enfocados en optimizar la producción y aplicaciones de biosurfactantes. Del mismo modo, Investigaciones significativas han sido conducidas en instituciones como la Universidad de Ciencias Agrícolas de Bangalore, explorando principalmente aplicaciones antimicrobianas y conservación de alimentos. Así también, países como Portugal, Grecia, Brasil, Ecuador y Colombia, han contribuido con estudios relevantes sobre diversas aplicaciones industriales y ambientales de los biosurfactantes derivados de BAL y suero de leche.

Los biosurfactantes derivados de BAL y suero de leche tienen aplicaciones potenciales en diversas industrias: desde conservantes naturales en alimentos hasta agentes antimicrobianos en productos farmacéuticos, también destacan en cosmética natural y en técnicas de biorremediación para la recuperación de suelos contaminados y el recobro mejorado de petróleo.

Las áreas temáticas predominantes incluyen ingeniería química, biotecnología y ciencias ambientales, con un enfoque particular en la biorremediación y aplicaciones industriales. Esto subraya el potencial de los biosurfactantes derivados de suero de leche para mejorar procesos y reducir el impacto ambiental en diversas industrias. La diversidad de aplicaciones potenciales refleja la versatilidad de los biosurfactantes y sugiere nuevas oportunidades para la optimización de sus propiedades y aplicaciones específicas en diferentes sectores industriales y ambientales.

## 5.2 Recomendaciones

Dado el panorama global de la investigación sobre los biosurfactantes derivados de BAL y suero de leche, se recomienda fomentar la colaboración entre instituciones y países para compartir conocimientos, recursos y tecnologías. Esto podría facilitar avances significativos en la optimización de la producción y las aplicaciones de los biosurfactantes.

Dado las áreas temáticas predominantes incluyen ingeniería química, biotecnología y ciencias ambientales, se sugiere promover la investigación interdisciplinaria que combine experticia en estas áreas. Esto podría conducir a una comprensión más profunda de los procesos de producción de biosurfactantes y a la identificación de nuevas aplicaciones innovadoras en diferentes industrias.

Aunque se han identificado diversas aplicaciones potenciales de los biosurfactantes derivados de suero de leche, se recomienda explorar nuevos mercados emergentes y aplicaciones innovadoras. Esto podría implicar investigar su viabilidad como ingredientes en productos de limpieza doméstica, aditivos en productos agrícolas o agentes de recuperación de suelos contaminados en industrias específicas.

Dado el creciente interés en la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad, se sugiere investigar técnicas de producción de biosurfactantes que sean más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Esto podría incluir el uso de materias primas renovables, la optimización de procesos para reducir residuos y el desarrollo de métodos de producción más eficientes energéticamente.

Debido al potencial de los biosurfactantes para mejorar procesos industriales y reducir el impacto ambiental, se recomienda fomentar la educación y la conciencia pública sobre este tema. Implica la incorporación de la producción de biosurfactantes en los planes de estudio académicos y la divulgación de información sobre sus beneficios en la industria y el medio ambiente.

## Bibliografía

- Banat, I. M., Satpute, S. K., Cameotra, S. S., Patil, R., & Nyayanit, N. V. (2014). Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production. *Frontiers in Microbiology*, 5, 697.
- Banat, I. M., Franzetti, A., Gandolfi, I., Bestetti, G., Martinotti, M. G., Fracchia, L., Smyth, T. J., & Marchant, R. (2010). Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87(2), 427-444.
- Banat, I. M., Satpute, S. K., Cameotra, S. S., Patil, R., & Nyayanit, N. V. (2014). Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production. *Frontiers in Microbiology*, 5, 697.
- Benavides , A., & Ramirez, M. (2017). Producción microbiana de biosurfactantes en lactosuero por pseudomonas aeruginosa. *Visión e Innovación Politécnica*, 17-20. doi:10.1364
- Bohórquez, A., & Castiblanco , O. (2021). Revisión del uso de biosurfactantes para su implementación en los procesos de recuperación mejorada de proceso. *Inventum*, 16(31), 4-14. doi:10.26620
- Chumi Pasato, A. P., & Rueda Vincas, M. C. (2023). Estudio de surfactantes biológicos producidos por *Streptococcus thermophilus*, usando suero de queso como fuente de carbono para remediación de aguas contaminadas con aceite de motor. [Trabajo de titulación, Universidad de Cuenca].
- Desai, J. D., & Banat, I. M. (1997). Microbial production of surfactants and their commercial potential. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 61(1), 47-64.
- Frolich, V. (2021). Evaluación del potencial uso de biosurfactantes producidos por la *Pseudomona aeruginosa* en la biorremediación de suelos destinados a la agricultura [Trabajo de grado]. Universidad de los Andes.
- Gudiña, E. J., Rangarajan, V., Sen, R., & Rodrigues, L. R. (2015). Potential therapeutic applications of biosurfactants. *Trends in Pharmacological Sciences*, 36(9), 667-675.
- Harnett, J., Davey, G., Patrick, A., Caddick, C., & Pearce, L. (2011). Lactic Acid Bacteria | *Streptococcus thermophilus*. En J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)* (Second Edition, pp. 143-148). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00268-5>



- Kosaric, N. (1992). Biosurfactants in industry. *Pure and Applied Chemistry*, 64(11), 1731-1737.
- Marchant, R., & Banat, I. M. (2012). Biosurfactants: a sustainable replacement for chemical surfactants? *Biotechnology Letters*, 34(9), 1597-1605.
- Marchant, R., & Banat, I. M. (2012). Microbial biosurfactants: challenges and opportunities for future exploitation. *Trends in Biotechnology*, 30(11), 558-565.
- Martínez Aguilar, M. (2014). Obtención de un biosurfactante para el recobro mejorado de petróleo [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53556/1014217302.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez-Toledo, M. V., González-López, J., & Rodríguez-Vázquez, R. (2020). Surfactantes biológicos producidos por *Streptococcus thermophilus* usando suero de queso como fuente de carbono para la remediación de aguas contaminadas con aceite de motor. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(4), 697-710.
- Mata, M. (2023). Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos pesados utilizando biosurfactantes y surfactantes químicos. (Tesis Maestral). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México. doi:10.24275
- Medina, J., García, F., & Paricagúan, B. (2014). Biodegradación de petróleo por microorganismos autóctonos en suelos contaminados provenientes de la bahía de Amuay del Estado Falcon. *Revista Ingeniería UC*, 21(1), 62-69.
- Mulligan, C. N. (2005). Environmental applications for biosurfactants. *Environmental Pollution*, 133(2), 183-198.
- Niño, S. (2019). (tesis masteral). Bioprospección de microorganismos presentes en hidrocarburos para determinar el potencial productor de biosurfactantes y determinación de equipos principales para su producción. Universidad EAN, Bogotá.
- Nitschke, M., & Costa, S. (2007). Biosurfactantes en la industria alimentaria. *Tendencia en ciencia y tecnología de alimentos*, 18(5), 252-259. doi:10.1016
- Nitschke, M., & Silva, S. S. (2018). Recent advances in microbial biosurfactants: from raw materials to applications. *Biotechnology Research and Innovation*, 2(1), 1-7.
- Pattanathu, K., & Gakpe, E. (2008). Producción, caracterización y aplicación de biosurfactantes- Review. *Biotechnology*, 7(2), 360-370.
- Pimentel, A., Costa, M., Almeida, E., & Durão, E. (2021). Producción de Biosurfactantes mediante Proceso de Fermentación Usando Residuos como Sustrato - Un Informe de Búsqueda de Patentes. *Biotechnology Engineering*, 4(3), 100-104.

Rodrigues, L. R., & Teixeira, J. A. (2008). Biosurfactants production from cheese whey. *Advances in Cheese Whey Utilization*, 81-104.

Rodrigues, L. R., Teixeira, J. A., & Oliveira, R. (2006). Low-cost fermentative medium for biosurfactant production by probiotic bacteria. *Biochemical Engineering Journal*, 32, 135-142.

Rodrigues, L. R., Teixeira, J. A., Van Der Mei, H. C., & Oliveira, R. (2006). Physicochemical and functional characterization of a biosurfactant produced by *Lactococcus lactis* 53. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 49(1), 79-86.

Rosas, N. (Noviembre de 2018). (Tesis doctoral). Producción, purificación, caracterización y elucidación de la estructura de biosurfactantes por cepas de *Serratia marcescens*. Cuernavaca, México.

Santos, D. K. F., Rufino, R. D., Luna, J. M., Santos, V. A., Salgueiro, A. A., & Sarubbo, L. A. (2016). Biosurfactants: multifunctional biomolecules of the 21st century. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(3), 401.

Santos, O. (2017). Detección e Identificación de Biosurfactantes y/o Bioemulsificantes producidos por Aislados Bacterianos asociados a una Fosa Petrolera de la Faja Petrolífera del Orinoco [Tesis de grado, Universidad Central de Venezuela]. <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/16817/1/TEG%20Oriana%20Santos%20Mayo%202017.pdf>

Sarafzadeh, P., Shojaosadati, S. A., Najafi, M. F., & Rezaei, S. (2019). Biosurfactant production by *Bacillus subtilis* ATCC 21332 and its application for enhanced oil recovery. *Petroleum Science and Technology*, 37(8), 932-938.

Singh, P., & Cameotra, S. S. (2013). Enhancement of metal bioremediation by use of microbial surfactants. *Biochemical Pharmacology*, 6(7), 240-249.

Smithers, G. W. (2008). Whey and whey proteins—From 'gutter-to-gold'. *International Dairy Journal*, 18(7), 695-704.

Vijayakumar, S., & Saravanan, V. (2015). Tipos, fuentes y aplicaciones de biosurfactantes. *Revista de investigación de microbiología*, 10(5), 181-192. doi:10.3923.

Hippolyte T. Mouafo, Alphonse T. Sokamte, Augustin Mbawala, Robert Ndjouenkeu, Somashekar Devappa, Biosurfactants from lactic acid bacteria: A critical review on production, extraction, structural characterization and food application, *Food Bioscience*, Volume 46, 2022, 101598, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101598>.



Asma Behzadnia, Marzieh Moosavi-Nasab, Brijesh K. Tiwari, Stimulation of biosurfactant production by *Lactobacillus plantarum* using ultrasound, *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 59, 2019, 104724, ISSN 1350-4177, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104724>.

Asma Behzadnia, Marzieh Moosavi-Nasab, Brijesh K Tiwari, Payam Setoodeh, *Lactobacillus plantarum*-derived biosurfactant: Ultrasound-induced production and characterization, *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 65, 2020, 105037, ISSN 1350-4177, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105037>.

Ferreira, A., X. Vecino, D. Ferreira, J.M. Cruz, A.B. Moldes, L.R. Rodrigues, Novel cosmetic formulations containing a biosurfactant from *Lactobacillus paracasei*, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Volume 155, 2017, Pages 522-529, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2017.04.026>.

Tene Mouafo, H., Augustin Mbawala, Kudre Tanaji, Devappa Somashekar, Robert Ndjouenkeu, Improvement of the shelf life of raw ground goat meat by using biosurfactants produced by lactobacilli strains as biopreservatives, *LWT*, Volume 133, 2020, 110071, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110071>.

Fedrick C. Mgomi, Yi-ran Yang, Gen Cheng, Zhen-quan Yang, Lactic acid bacteria biofilms and their antimicrobial potential against pathogenic microorganisms, *Biofilm*, Volume 5, 2023, 100118, <https://doi.org/10.1016/j.biofilm.2023.100118>.

Kachrimanidou, V., Maria Alexandri, Dimitra Alimpoumpa, Iliada K. Lappa, Aikaterini Papadaki, Nikolaos Kopsahelis, 17 - Biosurfactants production by LAB and emerging applications, Editor(s): Didier Montet, Ramesh C. Ray, Vasco Ariston De Carvalho Azevedo, Spiros Paramithiotis, In *Applied Biotechnology Reviews, Lactic Acid Bacteria as Cell Factories*, Woodhead Publishing, 2023, Pages 335-366, ISBN 9780323919302, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91930-2.00001-8>

Basavaprabhu Haranahalli Nataraj, Chette Ramesh, Rashmi Hogarehalli Mallappa, Characterization of biosurfactants derived from probiotic lactic acid bacteria against methicillin-resistant and sensitive *Staphylococcus aureus* isolates, *LWT*, Volume 151, 2021, 112195, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112195>.

Saurabh Kadyan, H.M. Rashmi, Diwas Pradhan, Anisha Kumari, Arghya Chaudhari, Gaurav Kr Deshwal, Effect of lactic acid bacteria and yeast fermentation on antimicrobial, antioxidative and metabolomic profile of naturally carbonated probiotic whey drink, *LWT*, Volume 142, 2021, 111059, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111059>.

Kachrimanidou, V., Maria Alexandri, Dimitra Alimpoumpa, Iliada K. Lappa, Aikaterini Papadaki, Nikolaos Kopsahelis, 17 - Biosurfactants production by LAB and emerging applications, Editor(s): Didier Montet, Ramesh C. Ray, Vasco Ariston De Carvalho Azevedo, Spiros Paramithiotis, In Applied Biotechnology Reviews, Lactic Acid Bacteria as Cell Factories, Woodhead Publishing, 2023, Pages 335-366, ISBN 9780323919302, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91930-2.00001-8>.

Bustos, G., de la Torre, N., Moldes, A.B., Cruz, J.M. Domínguez, J.M. Revalorization of hemicellulosic trimming vine shoots hydrolyzates trough continuous production of lactic acid and biosurfactants by *L. pentosus*, Journal of Food Engineering, Volume 78, Issue 2, 2007, Pages 405-412, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.008>.

Sneh Punia Bangar, Shweta Suri, Monica Trif, Fatih Ozogul, Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach, Food Bioscience, Volume 46, 2022, 101615, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101615>.

Souza Vera, E.C., de Souza de Azevedo, P.O., Domínguez, J.M., de Souza Oliveira, R., Optimization of biosurfactant and bacteriocin-like inhibitory substance (BLIS) production by *Lactococcus lactis* CECT-4434 from agroindustrial waste, Biochemical Engineering Journal, Volume 133, 2018, Pages 168-178, ISSN 1369-703X, <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.02.011>.

Ebtehag A.E. Sakr, Hala Abd Elmonem Ahmed, Feriala A.A. Abo Saif, Characterization of low-cost glycolipoprotein biosurfactant produced by *Lactobacillus plantarum* 60 FHE isolated from cheese samples using food wastes through response surface methodology and its potential as antimicrobial, antiviral, and anticancer activities, International Journal of Biological Macromolecules, Volume 170, 2021, Pages 94-106, ISSN 0141-8130, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.140>.

Rodrigues, L., Teixeira, J., Oliveira, R., van der Mei, H.C. Response surface optimization of the medium components for the production of biosurfactants by probiotic bacteria, Process Biochemistry, Volume 41, Issue 1, 2006, Pages 1-10, ISSN 1359-5113, <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.01.030>.

Asma Behzadnia, Marzieh Moosavi-Nasab, Brijesh K. Tiwari, Stimulation of biosurfactant production by *Lactobacillus plantarum* using ultrasound, Ultrasonics Sonochemistry, Volume 59, 2019, 104724, ISSN 1350-4177, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104724>.

Rodrigues, L., Moldes, A., Teixeira, J., Oliveira, R. Kinetic study of fermentative biosurfactant production by Lactobacillus strains, Biochemical Engineering Journal, Volume 28, Issue 2, 2006, Pages 109-116, ISSN 1369-703X, <https://doi.org/10.1016/j.bej.2005.06.001>.

Darlane Wellen Freitas Soares, (2014). Producción y caracterización de biosurfactantes obtenidos por linajes de bacillus sp. Aisladas de estaciones del tratamiento de depuración de aguas residuales y del suelo de manglar (Brasil). Tesis de grado, Universidad de Granada. URI: <http://hdl.handle.net/10481/35189>

Chumi Pasato, A.P & Rueda Vincés, M.C, (2023). Estudio de surfactantes biológicos producidos por Streptococcus thermophilus, usando suero de queso como fuente de carbono para remediación de aguas contaminadas con aceite de moto. Tesis de grado, Universidad de Cuenca. Pp: 81. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/43461/1/Trabajo-de-titulacion.pdf>.

Martínez Aguila, M. (2014). Obtención de un biosurfactante para el recobro mejorado de petróleo. Tesis de grado, Universidad nacional de Colombia, pp:104. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53556/1014217302.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Guel García, G.P., Hernández Mendoza, J.L., Rodríguez, G. (2018). Uso de bacterias obtenidas a partir de suero de leche y su uso potencial como probióticos en la industria alimentaria, Revista Boliviana de Química, vol. 35, núm. 1. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426355610006/html/>

**UNEMI**  
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

*¡Evolución académica!*

@UNEMIEcuador

