



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y**

**AMBIENTAL**



**OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE  
MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL  
DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA  
DE MELGAR 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JUAN JOSÉ JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**JULIACA – PERÚ**

**2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

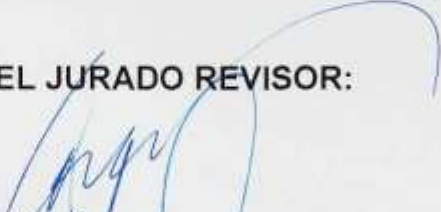

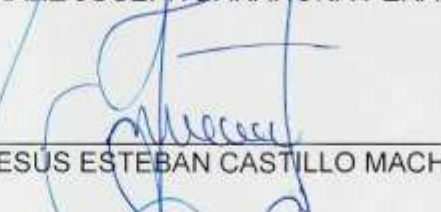
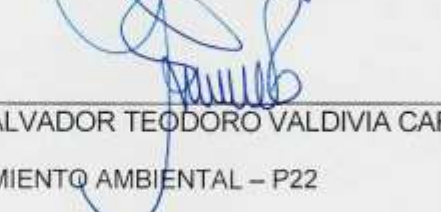
**OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE  
MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL  
DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA  
DE MELGAR 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 _____
		Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
PRIMER MIEMBRO	:	 _____
		Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____
		M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
ASESOR DE TESIS	:	 _____
		Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 021-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de enero del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2024- 16029 presentado por el (la) Bachiller: JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- **2do Miembro** : M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : Viernes 10 de enero del 2025
- **HORA** : 09:00 horas
- **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidráulica

**ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



Dr. Elva Pacheco Sosa  
DIRECTORA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:  
Archivo  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1534-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 21 de noviembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 16540 por el señor (a): JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1382- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 101- 2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 101- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
  
**THÓN QUISPE HUANCA**  
**DECANO**  
 CIP. 47790

  
  
**Dr. Elrak Pacheco Sosa**  
**DIRECTOR**  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (u)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1046-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 010870, presentado el señor (a) JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 941 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 115-2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 115-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024 correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO AMBIENTAL.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Dr. Efraim Pardo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATRIAS ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Jaime Pey Clemente. "Aplicación de procesos de oxidación avanzada (Fotocatálisis solar) para el tratamiento y reutilización de efluentes textiles", Universitat Politecnica de Valencia, 2008 Publicación	<1%
6	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%



## Metadatos complementarios



Título de la Tesis	
OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72153015
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-8255-7212">https://orcid.org/0009-0004-8255-7212</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-5101-4264">https://orcid.org/0000-0002-5101-4264</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: Melgar  Distrito: Llalli  Coordenadas:  Latitud: -14.9479360  Longitud: -70.8795277  URL Maps:  <a href="https://maps.app.goo.gl/5myXwvB2yK9gQs9V7">https://maps.app.goo.gl/5myXwvB2yK9gQs9V7</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Enero 2025
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> Librería	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>



*[Handwritten Signature]*  
**Dr. Efraín Parillo Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI, identificado con DNI Nro. 72153015, en mi condición de egresado de:

- [X] Escuela Profesional
[ ] Programa de Segunda Especialidad,
[ ] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la [X] Tesis o [ ] Trabajo de Investigación, [ ] Trabajo Académico denominada:

OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliana 10 de ENERO del 2025

[Handwritten signature of advisor]

Firma del Asesor (obligatoria)

[Handwritten signature of student]

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A Dios, por permitirme guiar esta travesía, por acompañarme y darme fortaleza en esta fase de mi preparación. Con inmenso cariño a mis padres Juan Donato Choquehuanca Justo y Estela Tacuri Ramos; por su ayuda desinteresada, enseñanzas y ayuda en los tiempos más difíciles que enfrenté y forjar en mí una persona con sólidos principios, principios y perseverancia para seguir adelante con mis objetivos y nunca rendirme. Con aprecio fraternal a mis hermanos Delia, Alfonsin, Marvin y mis apreciados sobrinos quienes me brindaron su apoyo en todo momento porque son mi inspiración, admiración por lo que han hecho por mí.

**Juan Jose Javier**



## AGRADECIMIENTO

A dios por permitirme este logro y avance en mi vida académica y profesional.

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por recibirme en sus aulas universitarias.

A mis padres y hermanos, porque gracias a Dios he tenido la dicha de disfrutar de su apoyo durante estos años de estudio de carrera universitaria, espero con muchas ansias retribuir a todo ese apoyo brindado hasta que dios me permita.

**Juan Jose Javier**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO .....	vi
INDICE DE TABLAS .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática .....	13
1.2. Planteamiento del problema.....	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos .....	15
1.3. Objetivo de la investigación.....	15
1.3.1. Objetivo general .....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
1.4. Justificación.....	16
1.4.1. Justificación social.....	16
1.4.2. Justificación Ambiental.....	16
1.4.3. Justificación económica .....	17



1.5.	Hipótesis .....	17
1.5.1.	Hipótesis general.....	17
1.5.2.	Hipótesis específica.....	18
1.6.	Variables .....	18
1.6.1.	Variable independiente.....	18
1.6.2.	Variable dependiente .....	18
1.7.	Operacionalización de variables .....	19

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación .....	20
2.1.1.	Antecedentes internacionales .....	20
2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	23
2.1.3.	Antecedentes regionales.....	25
2.2.	Marco teórico .....	26
2.2.1.	Aguas residuales.....	26
2.2.2.	Tipos de aguas residuales .....	26
2.2.3.	Características de las aguas residuales.....	27
2.2.4.	Aguas residuales industriales.....	27
2.2.5.	Industria láctea .....	28
2.2.6.	Efluente de aguas residuales lácteas.....	29



2.2.7.	Contaminación que causa efectos de las aguas residuales lácteas	29
2.2.8.	Vertido al alcantarillado .....	29
2.2.9.	Impactos ambientales de una planta quesera .....	30
2.2.10.	Tratamiento de aguas residuales lácteas .....	30
2.2.11.	Proceso de oxidación avanzada (POA).....	31
2.2.12.	Principio químico de los procesos de oxidación avanzada .....	32
2.2.13.	Peroxido de hidrogeno .....	33
2.2.14.	Ozonización con peróxido de hidrógeno .....	33
2.2.15.	Tratamiento en prueba de jarras .....	33
2.2.16.	Fases del proceso de tratamiento .....	34
2.3.	Marco conceptual.....	34
2.3.1.	Agitación lenta.....	34
2.3.2.	Agitación rápida.....	34
2.3.3.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	34
2.3.4.	Demanda química de oxígeno (DQO) .....	35
2.3.5.	Eficiencia de remoción .....	35
2.3.6.	Foto – Fenton .....	35
2.3.7.	Materia orgánica.....	35
2.3.8.	Peróxido de hidrogeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	35
2.3.9.	pH.....	35



2.3.10. Radical hidroxilo ( $\bullet\text{OH}$ )..... 35

2.3.11. Revoluciones por minuto (RPM)..... 36

2.3.12. Sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ )..... 36

**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación ..... 36

3.2. Enfoque de la investigación ..... 36

3.3. Nivel de investigación ..... 36

3.4. Técnicas e instrumentos ..... 37

    3.4.1. Técnicas..... 37

    3.4.2. Instrumentos ..... 37

3.5. Ubicación de la zona de investigación ..... 37

3.6. Población y muestra..... 38

    3.6.1. Población ..... 38

    3.6.2. Muestra ..... 38

3.7. Materiales y equipos ..... 39

    3.7.1. Materiales..... 39

    3.7.2. Equipos ..... 39

    3.7.3. Reactivos ..... 40

3.8. Procedimiento metodológico ..... 40



**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados..... 50

4.2. Discusiones..... 65

CONCLUSIONES..... 67

RECOMENDACIONES ..... 68

BIBLIOGRAFÍA ..... 69

ANEXOS ..... 73

Anexo 1. Matriz de consistencia ..... 733

Anexo 2. Resultados de análisis ..... 73

Anexo 3. Ubicación del muestreo ..... 739

Anexo 4. Toma de muestra ..... 73

Anexo 5. Tratamiento ..... 73

Anexo 6. Ficha de seguridad del peróxido de hidrogeno ..... 80



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	19
<b>Tabla 2</b> Método de evaluación .....	41
<b>Tabla 3</b> Dosis de peróxido de hidrogeno .....	45
<b>Tabla 4</b> Condiciones de tratamiento en la prueba de jarras.....	46
<b>Tabla 5</b> Resultados de la cxarakterizacion inicial.....	50
<b>Tabla 6</b> Resultados obtenidos del tratamiento con pH acido .....	52
<b>Tabla 7</b> Resultados obtenidos de la réplica de tratamiento con pH acido.....	53
<b>Tabla 8</b> Promedio de resultados de tratamiento con pH acido .....	54
<b>Tabla 9</b> Resultados obtenidos del tratamiento con pH alcalino .....	57
<b>Tabla 10</b> Resultados obtenidos de la réplica de tratamiento con pH alcalino .....	58
<b>Tabla 11</b> Promedio de resultados de tratamiento con pH alcalino .....	59
<b>Tabla 12</b> Porcentaje de remoción de materia orgánica en condiciones acidas .....	62
<b>Tabla 13</b> Porcentaje de remoción de materia orgánica en condiciones alcalinas.....	63



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación.....	38
<b>Figura 2</b> Toma de muestra de lactosueros .....	39
<b>Figura 3</b> Muestra inicial para análisis .....	42
<b>Figura 4</b> Preparación de muestra .....	42
<b>Figura 5</b> Ajuste de pH a la muestra de lactosuero .....	43
<b>Figura 6</b> Aplicación de peroxido para el tratamiento.....	44
<b>Figura 7</b> Aplicacion del catalizador $FeSO_3$ .....	44
<b>Figura 8</b> Tratamiento en prueba de jarras .....	45
<b>Figura 9</b> Sedimentación de la muestra tratada .....	46
<b>Figura 10</b> Toma de muestra para análisis .....	47
<b>Figura 11</b> Análisis de DQO .....	47
<b>Figura 12</b> Análisis de DBO .....	48
<b>Figura 13</b> Resultados de la demanda química de oxígeno (condiciones acidas) .....	55
<b>Figura 14</b> Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (condiciones acidas) .....	56
<b>Figura 15</b> Relación entre DQO y DBO (condiciones acidas) .....	57
<b>Figura 16</b> Resultados de la demanda química de oxígeno (condiciones alcalinas)..	60
<b>Figura 17</b> Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (condiciones alcalinas) .....	61
<b>Figura 18</b> Relación entre DQO y DBO (condiciones alcalinas).....	62



## RESUMEN

Esta investigación se planteó como finalidad evaluar el rendimiento de la oxidación avanzada en la depuración de materia orgánica presente en los lactosueros del distrito de Llalli, provincia de Melgar. El problema abordado surge de la alta contaminación generada por los desechos líquidos de la industria láctea, que impactan negativamente en los ecosistemas debido a su difícil degradación mediante tratamientos convencionales. Se aplicaron técnicas de oxidación avanzada bajo condiciones ácidas y alcalinas, utilizando muestras iniciales con una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 2805,5 mg/L y una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de 1350 mg/L. Los tratamientos se desarrollaron con variaciones en las condiciones de pH, midiendo la erradicación de materia orgánica. En condiciones ácidas, Se registraron eficiencias de remoción de DQO de 60% a 93% y de DBO de 47% a 93%. En condiciones alcalinas, Los niveles de eliminación fueron más bajos, oscilando entre 7% y 46% para DQO, y entre 16% y 52% para DBO. Estos resultados evidenciaron que los tratamientos ácidos son más eficientes en la reducción de contaminantes. Se establece que la oxidación avanzada es un procedimiento eficiente para tratar lactosueros, especialmente bajo condiciones ácidas, reduciendo significativamente la carga contaminante y contribuyendo a la mitigación del impacto ambiental. Se recomienda optimizar los tiempos de retención, evaluar otros parámetros y ampliar los estudios para su aplicación a escala industrial, especialmente en zonas rurales con alta actividad láctea artesanal.

**Palabras claves:** Lactosueros, materia orgánica, oxidación avanzada, peróxido de hidrogeno.



## ABSTRACT

The central purpose of there survey was to appraise the efficacy of advanced oxidation for the withdrawal of biological issue from whey with the Llalli district, Melgar province. The problem addressed arises from the high pollution generated by liquid waste from the dairy industry, which negatively impacts ecosystems due to its difficult degradation through conventional treatments. Advanced oxidation processes were applied in acidic and alkaline conditions, using initial samples with a Chemical Oxygenator Demand (COD) of 2805.5 mg/L and a Biochemical Oxygenator Demand (BOD) of 1350 mg/L. The treatments were developed with variations in pH conditions, evaluating the removal of organic matter. Under acidic conditions, COD removal percentages of 60% to 93% and BOD removal of 47% to 93% were achieved. Under alkaline conditions, the removal percentages were lower, ranging between 7% and 46% for COD, and between 16% and 52% for BOD. These results showed that acid treatments are more efficient in reducing contaminants. It is concluded that advanced oxidation is an effective method to treat whey, especially under acidic conditions, significantly reducing the contaminant load and contributing to the mitigation of environmental impact. It is recommended to optimize retention times, evaluate other parameters and expand studies for its application on an industrial scale, especially in rural areas with high artisanal dairy activity.

**Keywords:** Whey, organic matter, advanced oxidation, hydrogen peroxide.



## INTRODUCCIÓN

La vida en la tierra sería imposible sin agua. Todo los organismos vivos necesitan el agua especialmente, los humanos son utilizar el 70% del agua del mundo para cocinar, beber, agricultura, etc. (Sathasivam et al., 2019). La contaminación ambiental derivada de la actividad agroindustrial es uno de los desafíos más relevantes a los que se enfrentan las regiones rurales y periurbanas, especialmente en países en desarrollo (Betancur & Molina, 2019). En este contexto, el manejo de desechos líquidos originados en la fabricación de productos lácteos se ha transformado en una exigencia apremiante para la protección ambiental y el bienestar público. Los lactosueros, un residuo generado en la transformación láctea en queso y otros alimentos derivados, contienen altas concentraciones de materia orgánica que, si no se gestionan apropiadamente, pueden ocasionar serios daños severos en las masas de agua receptoras (Díaz & Hernández, 2013). Esta contaminación orgánica, medida principalmente basándose en la medición de la DQO y la DBO, evidencia de un alto grado de contaminación de estos efluentes.

En Llalli, una localidad situada dentro de la provincia de Melgar, la actividad ganadera y la producción láctea son fundamentales para la economía local. Sin embargo, los lactosueros generados en las diversas plantas artesanales carecen de un tratamiento apropiado, lo que genera un riesgo significativo de contaminación para las fuentes hídricas de la zona. Por tanto, el desarrollo de tecnologías eficaces para la remoción de compuestos orgánicos en estos efluentes es una prioridad.

La oxidación avanzada (OA) es un proceso emergente que ha evidenciado ser hondamente eficiente en la erradicación de contaminantes orgánicos en aguas



depuradas. En particular, el uso de  $H_2O_2$  en combinación con diversas condiciones de pH se ha mostrado prometedor para la descomposición de compuestos orgánicos complejos presentes en los lactosueros. Este enfoque, al generar especies reactivas como los radicales hidroxilos, puede degradar eficazmente la carga orgánica, lo que reduce tanto la DQO como la DBO en los vertidos.

Este estudio se centra principalmente en determinar la repercusión de la oxidación avanzada para la depuración de materia orgánica en lactosueros provenientes del distrito de Llalli. Para ello, se realizarán mediciones de la DQO y DBO de los lactosueros antes del tratamiento, se evaluará la repercusión del pH en la operación de remoción a diferentes porciones de peróxido de hidrógeno, y se determinará el porcentaje de depuración lograda en función de estos parámetros. Los hallazgos de esta investigación apoyarán al desarrollo del diseño de un tratamiento efectivo y sostenible para los lactosueros de la región, mejorando la calidad del agua y mitigando las repercusiones negativas en el ambiente.

De esta forma, la investigación busca no solo resolver un problema local, sino también aportar a la implementación de soluciones tecnológicas aplicables en distintas comunidades rurales con contextos similares.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

Los lactosueros son subproductos generados durante la producción de queso, poseen una elevada carga de materia orgánica, incluyendo proteínas y grasas, que al ser vertidos sin tratamiento en cuerpos de agua o suelo, provocan contaminación severa (Scarsbrook & Melland, 2015).

Es crucial manejar correctamente los desechos de la industria láctea, ya que contienen mucha materia orgánica, la cual puede generar un impacto ambiental significativo si no se gestiona de manera correcta. A nivel global, la industria láctea produce grandes volúmenes de lactosueros, representando un desafío considerable para el manejo de desechos. Según Singh y Horne (2019), los lactosueros tienen un elevado contenido de compuestos orgánicos, un tratamiento inadecuado podría llevar a la eutrofización de las fuentes de agua. Boyd (2020) destaca que la carga orgánica en los lactosueros puede elevar altos niveles de DQO y DBO impactan negativamente el estado del agua en los sitios donde desembocan.

En el contexto peruano, el tratamiento de lactosueros no está suficientemente estandarizado, y los métodos utilizados son frecuentemente inadecuados. Según Faye



y Konuspayeva (2012) el manejo de residuos en la industria láctea en Perú se encuentra con obstáculos importantes por la escasez de tecnología de tratamiento efectivas y accesibles. Custodio et al. (2022) subrayan que las prácticas actuales de tratamiento de lactosueros en Perú a menudo no se ajustan a los criterios fijados para el estado del agua, lo cual puede repercutir en perjudiciales sobre los hábitats de agua dulce y la salud colectiva. La industria quesera es una actividad económica significativa en regiones altoandinas, donde el uso de recursos locales impulsa la producción de derivados lácteos. Sin embargo, el manejo incorrecto del lactosuero representa un problema creciente, especialmente en comunidades rurales donde las capacidades técnicas y económicas para el tratamiento de residuos son limitadas. Según estudios del Ministerio del Ambiente (MINAM), los residuos líquidos agroindustriales, incluidos los lactosueros, se encuentran entre los principales focos de contaminación hídrica en el país. En muchas regiones, estos desechos son arrojados directamente al entorno en ríos y lagunas, los ecosistemas de los recursos acuáticos y la potabilidad del agua se ven afectados, impactando negativamente la salud comunitaria y la agricultura sostenible.

En la región de Puno, la situación es particularmente crítica debido a la alta concentración de actividades ganaderas además de que no se cuenta con instalaciones adecuadas para el tratamiento de residuos. Flores (2023) indica que, en Puno, el manejo de lactosueros es deficiente, contribuyendo a la polución de las masas de agua y afectando el estado del agua potable.

La industria láctea en la provincia de Melgar produce grandes cantidades de lactosueros, un residuo líquido con abundante presencia de sustancias orgánicas. La



gestión inadecuada de estos lactosueros puede provocar serios desafíos ambientales, incluyendo la afectación de masas de agua y el deterioro ambiental acuáticos. La materia orgánica en los lactosueros puede contribuir significativamente a la DQO y a la DBO en cuerpos de agua receptores, perturbando su calidad y la vida acuática.

## 1.2. Planteamiento del problema

### 1.2.1. Problema general

- ¿Será eficiente la oxidación avanzada para la remoción de materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli provincia de Melgar 2024?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno presentara los lactosueros antes del tratamiento?
- ¿Cuál será el pH adecuado para la remoción de materia orgánica a diferentes dosis de peróxido de hidrogeno?
- ¿Cuál será el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli?

## 1.3. Objetivo de la investigación

### 1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de la oxidación avanzada para la remoción de materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli provincia de Melgar 2024

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno de lactosueros antes del tratamiento



- Evaluar el efecto de pH para la remoción de materia orgánica a diferentes dosis de peróxido de hidrogeno
- Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación social**

El manejo inadecuado de los lactosueros en el distrito de Llalli tiene un impacto directo en las comunidades locales, afectando su calidad de vida y acceso a recursos esenciales, como el agua potable. El empeoramiento de las condiciones del agua debido al vertido de estos residuos genera malos olores, proliferación de microorganismos patógenos y deterioro del entorno, afectando la salud y bienestar de los pobladores. Este problema se agrava en áreas rurales donde las familias dependen de este abastecimiento de agua potable y actividades agrícolas. Implementar un tratamiento eficiente y accesible para los lactosueros no solo contribuirá a perfeccionar las situaciones de vida de la población, sino que también promoverá la sostenibilidad de las actividades económicas de la región, fomentando una mayor consciencia ambiental y social.

### **1.4.2. Justificación Ambiental**

El vertido de lactosueros sin tratamiento se encuentra entre los principales factores contaminantes hídrica en Llalli, ya que estos residuos tienen una alta DQ) y DBO, lo que disminuye significativamente la oxigenación de las masas de agua. y afecta a los ecosistemas acuáticos. La proliferación de algas, la muerte de peces y la alteración de la biodiversidad son consecuencias ambientales directas de este



problema. La implementación de tecnologías de oxidación intensiva, como el uso de peróxido de hidrógeno, permitirá la depuración de sustancia orgánica en los lactosueros, contribuyendo a la mejora y preservación de los sistemas ecológicos regionales. Esta acción igualmente, se ajusta con los objetivos globales de sostenibilidad específica en lo que respecta a la gestión eficiente de las fuentes acuíferos y el resguardo del contexto natural.

### **1.4.3. Justificación económica**

La producción quesera es una de las fuentes de ingreso económico más significativas en el distrito de Llalli, y su sostenibilidad está estrechamente vinculada al manejo apropiado de los desechos generados. Actualmente, los lactosueros son percibidos como desechos sin valor, lo que representa no solo un problema ambiental, sino también una pérdida económica. La innovación en el tratamiento eficaz y accesible, como la oxidación avanzada, puede abrir oportunidades para reutilizar estos residuos, por ejemplo, en la producción de biogás, fertilizantes o incluso productos alimenticios, generando valor agregado. Además, reducir los impactos ambientales asociados al manejo inadecuado de lactosueros evitará sanciones regulatorias y contribuirá a mejorar la competitividad de los productores locales, promoviendo un modelo de negocio más sostenible y rentable a largo plazo.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

- La oxidación avanzada utilizando peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) será efectiva para la remoción de materia orgánica en los lactosueros del Distrito de Llalli,



provincia de Melgar, logrando una reducción significativa de los valores de DQO y DBO.

### **1.5.2. Hipótesis específica**

- Los lactosueros del Distrito de Llalli presentan concentraciones elevadas de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) debido a su alto contenido de materia orgánica, lo que indica un alto potencial de contaminación.
- El pH influye significativamente en la eficiencia de la remoción de materia orgánica de los lactosueros mediante el tratamiento con peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ )
- La aplicación de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) a lactosueros del Distrito de Llalli reducirá la materia orgánica (DQO y DBO) en un porcentaje superior al 50% bajo condiciones óptimas de pH y dosis de  $H_2O_2$ .

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variable independiente**

- Dosis de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ).
- pH del medio

### **1.6.2. Variable dependiente**

- Remoción de materia orgánica
- Eficiencia de tratamiento



## 1.7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
(Vi) Dosis del peróxido de hidrogeno	Cantidad de $H_2O_2$	mL/L
Valores de pH	Acido y Alcalino	-
(Vd) Remoción de materia orgánica	Remoción DBO y DQO	%
Eficiencia de tratamiento	Eficiencia del tratamiento	DBO (mg/L) DQO (mg/L)

Nota: (Vi) Variable independiente (Vd) Variable dependiente



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Carvalho et al. (2013) las aguas servidas del suero de queso son un fuerte efluente orgánico y salino cuya caracterización y tratamiento no se han abordado suficientemente. Los elementos presentes en las aguas depuradas de suero son muy cambiantes debido a la leche cruda utilizada, la fracción de suero de queso no valorizado y la cantidad de agua de limpieza utilizada. Cómo se producen las aguas depuradas del suero de queso es aproximadamente cuatro veces la cantidad de leche procesada. el segundo suero de queso y los vertidos provenientes del sector lácteo. También se han analizado críticamente diferentes tratamientos existentes para aguas residuales de suero de leche.

Prazeres et al. (2013) indica que las aguas de desecho del suero de queso han sido tratadas mediante el sistema de oxidación tipo Fenton luego de ser preprocesadas mediante una etapa de coagulación – floculación con  $FeCl_3$  o alternativamente, mediante una etapa de sedimentación con  $Ca(OH)_2$  más digestión aeróbica. En el



primer caso, la oxidación tipo Fenton es capaz de reducir la inicial al 80% del valor inicial, el 20% de la DQO muestra recalcitrancia a la oxidación química independientemente de los contextos de operación utilizadas. En el segundo caso, el sistema de oxidación es capaz de eliminar casi la totalidad de la DQO presente en el efluente pretratado. Dados los valores más bajos de DQO inicial, la conversión completa de DQO se logra con tiempos de reacción cortos, en cuestión de minutos, dependiendo de la concentración inicial del reactivo. La eliminación del Fe(III) del tratamiento de oxidación se puede lograr mediante la adición de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . El pH de la sedimentación afecta significativamente la tasa de sedimentación observada. Por lo tanto, las condiciones neutras conducen a mejores resultados que los pH ligeramente ácidos.

Casamada et al. (2019) se centraron en la desinfección de aguas residuales lácteas crudas mediante un tratamiento secuencial que incluye un paso de electrocoagulación (EC) con una celda de Fe|Fe seguido de electro Fenton (EF) o fotoelectro-Fenton asistido por UVA (PEF). Los dos últimos métodos se ejecutaron con un cátodo con alimentación de aire para la generación de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y un diamante dopado con boro (BDD) o un ánodo a base de  $\text{RuO}_2$ . Se evaluó la inactivación de bacterias heterótrofas y lácticas, *Escherichia coli* y enterococos. En todos los casos se encontró una baja eliminación de carga orgánica, mientras que las bacterias fueron pobremente eliminadas por los flóculos formados en EC pero en gran medida inactivadas en EF y PEF. EF también resultó ventajoso porque, a diferencia de EC, evitó la formación de lodos nocivos que contenían bacterias activas. Las bacterias heterótrofas eran las más estables, mientras que las demás estaban totalmente inactivadas en la gran parte de



los casos. En el proceso secuencial EC/EF que involucra un ánodo BDD en el último paso, la tasa de inactivación de los fermentos lácticos fue mayor en el pH, debido a la gran capacidad del cloro activo producido para oxidar las moléculas de las paredes celulares. El uso de un ánodo a base de RuO<sub>2</sub> también condujo a una rápida inactivación a pH 3,0. Se logró un mejor rendimiento cuando el PEF reemplazó al EF, independientemente del ánodo, debido a la mayor inactivación bacteriana por la radiación UVA. Las aguas residuales lácteas crudas a pH natural de 5,7 tratadas mediante un solo paso de EF con un ánodo de RuO<sub>2</sub> también produjeron una eliminación más rápida de bacterias del ácido láctico, Escherichia coli y enterococos en comparación con BDD, siempre manteniendo pequeños contenidos de heterótrofos activos en la solución.

Obando (2020) El trabajo se propuso examinar la efectividad del método Foto-Fenton empleando luz artificial para tratar aguas depuradas de la industria láctea. Las muestras de la quesera "Airón" fueron caracterizadas físico-química y biológicamente, evaluando turbidez, sólidos suspendidos, DBO<sub>5</sub>, DQO y coli fecales. Se aplicaron 12 tratamientos variando las concentraciones de Fe<sup>2+</sup> (100–400 mg/L) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (4500–6000 mg/L) con un pH ajustado entre 2,00 y 3,50, logrando determinar las condiciones óptimas en 331,51 mg/L de Fe<sup>2+</sup>, 5536,00 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y pH 3,00.

El método Foto-Fenton, aplicado a tres reactores UV (10, 20 y 40 watts), mostró una eficiencia significativa, alcanzando remociones de 99,31% de turbidez, 91,97% de DQO y hasta 90% de coliformes fecales con 40 watts en 60 minutos. La conclusión es que el método ofrece un alto rendimiento en el procesamiento de aguas depuradas lácteas superando el 90% de remoción en todos los parámetros analizados.



## **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Huachaca & Zuñiga (2022) se propusieron como objetivo principal de determinar qué tipos de procesos avanzados de oxidación es la que más posibilidades ofrece para limpiar el agua de elementos contaminantes desechadas de la industria textil. La metodología se fundamentó en una revisión sistemática. Para ello, se emprendió una recopilación básica de información considerando el periodo 2017-2022, lo que arrojó un total de 36 escritos originales. Los hallazgos mostraron que las técnicas de oxidación mediante procesos fotoquímicos fueron las predominantes en el ámbito industrial. Entre ellos, Foto Fenton y Fotocatálisis fueron los métodos más sobresalientes. Las condiciones fisicoquímicas clave de los POA se determinaron según el proceso específico, el tiempo de reacción, la temperatura, el pH y las dosis necesarias de reactivos como  $H_2O_2$ ,  $Fe^{2+}$  u  $O_3$  a fin de conseguir una extracción efectiva de elementos perjudiciales en aguas servidas textiles. Finalmente, en cuanto a los colorantes más frecuentes, los reactivos fueron los predominantes, seguidos por los azoicos. Dentro de estos últimos, el colorante azul de metileno destacó como el más empleado en el ámbito textil, le siguen el Reactive Black 5 y el Rojo Congo.

Valdivieso (2018) En la investigación, se realizó inicialmente un pretratamiento con precipitación ácido-térmica y luego se aplicó el reactivo Fenton al segundo suero de queso. El lactosuero, generado durante la producción de queso con un nivel de DQO de 110,934.0 mg/L, fue tratado mediante precipitación ácido-térmica, obteniéndose y valorándose el requesón. La remoción de DQO alcanzó una eficiencia máxima del 95.61 %. Considerando las mediciones de la proporción entre señal y ruido



según el método Taguchi, la mezcla de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno mostró la repercusión más significativa, continuado por el tiempo, el pH y la temperatura. Existe una asociación relevante en la asociación del sulfato de hierro, el peróxido de hidrógeno y el pH con el porcentaje de depuración de la DQO, dado que el valor  $p$  fue de 0.030 es menor que el umbral de significancia estadística ( $\alpha = 0.05$ ). La interacción conjunta del sulfato ferroso, peróxido de hidrógeno tiene un impacto significativo, mientras que la temperatura presenta una baja relevancia. Las representaciones gráficas de superficie reflejan una fuerte asociación entre los factores analizados (la combinación de sulfato ferroso con peróxido de hidrógeno, el intervalo de reacción, el nivel de pH y la temperatura) y el porcentaje de depuración de la DQO, bajo el enfoque del diseño Taguchi, con un rendimiento estimado del 96.0224 %.

Rudas & Mucha (2024) en las últimas décadas, la creciente preocupación ambiental por los desechos industriales ha resaltado el impacto negativo de los desechos líquidos y sólidos en los ecosistemas, especialmente en industrias como la láctea, que generan descargas complejas difíciles de tratar con métodos convencionales. En este contexto, los POAs, como el proceso Foto-Fenton, surgen como una solución prometedora para la degradación de sustancias orgánicas en aguas depuradas. Este estudio evaluó la efectividad del sistema Foto-Fenton ajustado en condiciones cercanas a la neutralidad con el fin de tratar las aguas depuradas industriales láctea artesanal. El diseño experimental empleó una proporción molar EDTA:FeCl<sub>3</sub> de 1 a 3 durante un intervalo de reacción de 40 minutos, consiguiendo una degradación significativa de la materia orgánica, con una eficiencia de 83,5%.



Además, el índice de biodegradabilidad aumentó de 0,421 (muy baja biodegradabilidad) a 0,603 (alta biodegradabilidad), lo cual refleja un incremento en la situación del agua resultante del procedimiento. La investigación demuestra que el proceso Foto-Fenton modificado, operando a un pH levemente ácido o básico (pH 6.38), tiene ventajas significativas sobre los procesos convencionales, ya que no requiere la combinación de otros tratamientos como la neutralización o precipitación, lo que reduce costos. Se recomienda seguir investigando otros parámetros que puedan explicar mejor cómo se descompone la materia orgánica en estas aguas depuradas.

### ***2.1.3. Antecedentes regionales***

Se investiga el impacto ambiental causado por la industria Derivados Lácteos Tinajani E.I.R.L, productora de queso fresco en Ayaviri (2019). La empresa genera residuos líquidos como aguas residuales y lactosuero, los cuales afectan el medio ambiente. El estudio es de tipo científica aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental longitudinal. El análisis correlacional busca relacionar el impacto ambiental con la cantidad de lactosuero generado. Los resultados muestran que el vertido de lactosuero tiene un impacto negativo en el entorno cercano a la empresa, principalmente debido al desperdicio de materias primas, productos y el uso de aguas de enjuague en las tareas de higienización de los equipos. Los vertimientos contienen una alta carga de sólidos en suspensión, DBO5 (a 5 días) y grasas y aceites, lo que constituye un riesgo para la calidad ambiental. La principal conclusión es que la industria no está gestionando adecuadamente sus residuos líquidos, lo que está contribuyendo a la contaminación del medio ambiente.



## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Aguas residuales

Se caracterizan por ser líquidos que han sido modificados a través de las diversas actividades humanas en una sociedad (Rudas & Mucha, 2024).

### 2.2.2. Tipos de aguas residuales

Es posible agrupar las aguas residuales en tipos: comerciales, domésticas, industriales, municipales, aguas claras y de la agricultura, donde:

- **Aguas residuales municipales.-** Comprenden todos los líquidos que son descargados en las redes de desagüe de áreas rurales y ciudades.
- **Aguas residuales industriales.** - Se trata de líquidos que provienen de las descargas industriales resultantes del uso de materiales como aceites, desinfectantes, antibióticos, ácidos, grasas y otros elementos químicos, originados en materiales minerales, químicos, vegetales o animales, y cuya composición depende del tipo de industria.
- **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** Contienen materia fecal y orina, junto con desechos derivados del aseo corporal, actividades culinarias y limpieza del hogar. Generalmente, tienen un elevado nivel de materia orgánica, microorganismos y contaminantes químicos de higienización.
- **Aguas blancas:** Aquellas que derivan de las precipitaciones de lluvia, nieve o granizo, además de los residuos generados por la higienización de espacios urbanos como calles, jardines y parques.
- **Aguas residuales agrícolas:** Tienen su origen en las prácticas de cultivo y producción agrícola en el campo.



### **2.2.3. Características de las aguas residuales**

Las propiedades de las aguas depuradas se determinan según las siguientes propiedades físicas y químicas que presenta:

- a. **Temperatura:** La cinética de las reacciones químicas en los procesos de tratamiento biológico se ve alterada por esta variable. La temperatura cambia dependiendo de la región, siendo de 7 °C a 18 °C en las zonas frías, y de 13 °C a 30 °C en latitudes tropicales. El rango de temperatura ideal para el crecimiento bacteriano, fundamental en el transcurso de la ruptura de la materia orgánica se encuentra entre 25 °C y 35 °C.
- b. **pH:** Define la cuantía de iones hidrógeno que se hallan en aguas depuradas y en ambientes acuáticos no tratados, con un intervalo permisible de 5 a 9.
- c. **DQO:** Es un parámetro que refleja la manifestación de materia orgánica en las aguas depuradas y naturales, lo que afecta la disponibilidad de oxígeno comparable a la materia orgánica que es capaz de ser oxidada; su medición se efectúa en condiciones ácidas con la ayuda de un oxidante potente.
- d. **DBO5:** Es el indicador más empleado para cuantificar el oxígeno requerido para la ruptura de sustancias orgánicas en cuerpos de agua depuradas y superficiales, a través de la determinación de la DBO, que refleja la actividad microbiana y permite estimar el oxígeno requeridos para la estabilización biológica.

### **2.2.4. Aguas residuales industriales**

Se originan en cualquier actividad o industria que emplee agua en sus etapas de fabricación, elaboración o depuración. Tienen características muy diferentes a las



aguas residuales municipales. Sus procesos y composición varían, y sus características también varían entre industrias y en el mismo ámbito industrial.

A veces, las industrias no generan emisiones de forma constante, sino solo en momentos puntuales del día o en momentos específicos del año, en función del tipo de producción y los procesos industriales. Además, las fluctuaciones en el tráfico y la carga son frecuentes a lo largo del día.

Exhiben una mayor carga contaminante en comparación con las aguas depuradas domésticas, y resulta más complejo eliminar la contaminación. Su elevada carga, combinada con la gran variabilidad que poseen, dificulta el tratamiento de aguas depuradas. No desarrollar una comprensión amplia de las aguas depuradas industriales puede dar lugar a errores en generalizaciones o extrapolaciones al aplicar métodos diseñados para aguas depuradas domésticas. Por tanto, cada situación requiere una investigación específica (Ramírez, 2019).

### **2.2.5. Industria láctea**

Aunque el consumo de leche fluida se calcula en 100 lt per cápita anuales, diversas compañías lácteas afirman en las que el consumo de productos lácteos es menor al 50% por causas culturales o económicas. En determinados países de América Latina, el negocio de los lácteos está optando por la leche UHT (Ultra Alta Temperatura), que se comercializa en envases de polietileno resistentes y sin necesidad de enfriamiento (Rudas & Mucha , 2024).



## ***2.2.6. Efluente de aguas residuales lácteas***

La generación de aguas depuradas permitida en los lácteos es de 3m<sup>3</sup> de leche procesada. Casi el 2% de la leche manipulada en lechería se desperdicia. El efluente de aguas residuales es simple leche diluida y altamente biodegradable. La leche tiene grasas, proteínas, lactosa, minerales y sólidos totales que contribuyen al contenido orgánico (Chollangi & Hossain, 2007). El efluente lácteo generalmente tiene diluciones de productos lácteos provenientes del lavado de pisos, derrames de leche, efluente líquido de queso y suero de leche (Agrawal & Sarode, 2021).

## ***2.2.7. Contaminación que causa efectos de las aguas residuales lácteas***

El agotamiento del oxígeno disuelto es el problema más importante asociado con los vertidos de la industria láctea. Cuando se vierte en estanques puede haber putrefacción debido a la formación de ácido láctico y ácido butírico por la rápida degradación de la lactosa, malos olores, grasa flotante, crecimiento de sustancias acuáticas (Agrawal & Sarode, 2021).

## ***2.2.8. Vertido al alcantarillado***

El agua de alcantarillado se vuelve séptica solo en el alcantarillado y se puede requerir más tratamiento previo para la aireación en la planta de depuradora de aguas depuradas debido a la presencia de carbohidratos y alta temperatura de descarga. La atención no debe centrarse solo en el tratamiento, sino también en reducir el costo y la eficiencia del proceso de aumentar las ganancias (Wang et al., 2017).



## **2.2.9. Impactos ambientales de una planta quesera**

Las calderas generan emisiones atmosféricas que dañan el medio ambiente reducido. Se emplean para aumentar la temperatura del agua de enjuague y para calentar los tanques de pasteurización de la leche, funcionando recurriendo a la combustión de carbón. De manera periódica, las empresas realizan un balance de las emisiones gaseosas, las cuales siempre deben ser controlados para que no superen los límites establecidos. Aunque se generan altos niveles de desechos sólidos, su impacto ambiental está controlado. El principal factor de impacto ambiental es la producción de aguas depuradas. Las fuentes más importantes de efluentes líquidos implican los pasos de lavado, salado y solidificación. (Tapia, 2019). Ciertas plantas queseras las aguas forjadas en el proceso de fabricación de quesos lo vierten en los suelos aledaños a la zona de producción, de esta manera también ocurre una contaminación de suelos como emisión de olores desagradables y producción de gases que emanan la descomposición de estos residuos.

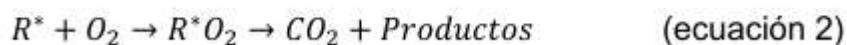
## **2.2.10. Tratamiento de aguas residuales lácteas**

Existen diversas opciones desde métodos biológicos hasta técnicas de oxidación avanzada, el procesamiento de aguas depuradas en la industria láctea ofrece diversas opciones. No obstante, el método predominante consiste en microorganismos benéficos, conformados por una combinación de bacterias, hongos y levaduras, que ayudan a reducir los olores, así como a manejar las aguas y los desechos sólidos. Asimismo, el uso de contaminantes como recursos energéticos impulsa el metabolismo y la expansión de los microorganismos, resultando en una reducción de su presencia en el agua (Moreno, 2019).



**2.2.11. Proceso de oxidación avanzada (POA)**

El uso de oxidantes químicos altamente reactivos define los tratamientos oxidativos avanzados, los cuales permiten reducir o eliminar los niveles de **DBO5/DQO**, y liberan los componentes orgánicos e inorgánicos que pueden ser oxidados. Los POAs pueden mineralizar moléculas orgánicas con base de carbono, CO<sub>2</sub> y agua; no obstante, su eficiencia sigue siendo relevante, aunque no consigan la mineralización completa de estos compuestos (Moreno, 2019)



Los radicales hidroxilos se unen a las sustancias orgánicas (representados por "R" en la ecuación 3) aplicando diversos tipos de mecanismos, entre ellos la adición electrofílica (ecuación 3) y la transferencia electrónica (ecuación 4)



De igual forma, alternativamente, los radicales hidroxilos pueden recombinarse para la obtención de peróxido de hidrógeno (ecuación 5), o bien, si hay un superávit de peróxido de hidrógeno, se pueden generar radicales perhidroxilo (ecuación 6). El radical perhidroxilo es menos reactivo en comparación con el radical hidroxilo, por lo que su participación en la reacción oxidativa es prácticamente nula.





Se puede utilizar un Proceso de Oxidación Avanzada como pretratamiento para efluentes que contienen contaminantes antes de un tratamiento biológico difíciles de biodegradar, aunque también puede constituir un proceso de depuración secundario para alcanzar un mejor estado del agua antes de su vertido en los cuerpos de aguas superficiales.

### **2.2.12. Principio químico de los procesos de oxidación avanzada**

Las investigaciones en tratamiento de aguas depuradas, según las referencias bibliográficas, se han centrado en la última década en la eliminación de contaminantes orgánicos persistentes disueltos mediante la combinación de oxidación y biodegradación. De igual manera, las tecnologías emergentes, se conocen como Procesos de Oxidación Avanzada y operan utilizando fundamentos de fotocátalisis o reacciones químicas oxidativas. En este marco, los POAs "Advanced Oxidation Processes" logran considerarse como técnicas fisicoquímicas con la capacidad de alterar sustancialmente la disposición de los átomos en los compuestos contaminantes. También se destaca que estos procesos dan lugar a especies químicas altamente activas, tales como el radical hidroxilo  $OH^*$ , el cual tiene un fuerte poder oxidante gracias a su alto potencial redox, que solo es superado por el flúor. No en la totalidad de los métodos de oxidación avanzada se produce exclusivamente radicales hidroxilos, pues la investigación ha demostrado la presencia de otras especies en el manejo de aguas previamente saneadas.

La oxidación de los compuestos orgánicos (RH en la ecuación 1) en estos procesos se produce por la acción de los radicales hidroxilos  $OH^*$ , los cuales capturan un hidrógeno y forman un radical orgánico (ecuación 1). La reacción de este radical



orgánico con el oxígeno del aire produce peroxirradicales (ecuación 2), desencadenando una cascada de reacciones oxidativas que, en algunos casos, pueden descomponer completamente la materia orgánica.

### **2.2.13. Peróxido de hidrógeno**

Se trata de una reacción química entre  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$ , en la que se descompone el  $H_2O_2$ , produciendo radicales hidroxilo, este proceso de descomposición de los componentes del colorante se realiza en condiciones ácidas ( $pH < 4$ ) y se ve favorecido por la exposición a radiaciones ultravioletas (UV-A, B o C) o luz solar.

### **2.2.14. Ozonización con peróxido de hidrógeno**

La adición de  $H_2O_2$ , que oxida directamente el ozono, es la base de uno de los métodos de combinación más empleados en la industria. Específicamente, acelera la destrucción de los compuestos orgánicos al incrementar el número de radicales hidroxilos formados por la descomposición del  $O_3$ . Este proceso generalmente se realiza en condiciones neutras, con un pH entre 7 y 8. (Huachaca & Zuñiga, 2022)

### **2.2.15. Tratamiento en prueba de jarras**

Es un procedimiento experimental empleado para simular y mejorar los procedimientos de coagulación-floculación en la depuración de aguas depuradas. Reside en preparar varias muestras de agua que se someten a diferentes condiciones de tratamiento para establecer las proporciones óptimas de coagulantes y floculantes, así como los tiempos de agitación y sedimentación fundamentales para aumentar la eficiencia en la depuración de contaminantes.



## **2.2.16. Fases del proceso de tratamiento**

- a. **Agitación rápida:** Durante el proceso Foto-Fenton, la agitación rápida tiene como objetivo dispersar uniformemente el catalizador ( $\text{Fe}^{2+}$ ) y el agente oxidante ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) en la solución para maximizar la generación de radicales hidroxilos ( $\bullet\text{OH}$ ).
- b. **Agitación lenta:** Esta etapa busca mantener una mezcla homogénea mientras se permite que los radicales hidroxilos reaccionen con los contaminantes orgánicos en el agua, minimizando la pérdida de eficiencia por turbulencias excesivas.
- c. **Tiempo de sedimentación:** Finalizado el proceso de oxidación, se detiene la agitación para que los subproductos insolubles generados (como óxidos de hierro) y otros materiales sedimenten por gravedad.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Agitación lenta**

Proceso de mezcla a baja velocidad que promueve la creación de flóculos y la interacción entre contaminantes y reactivos.

### **2.3.2. Agitación rápida**

Proceso en el que el agua desechada se combina con alta velocidad para distribuir rápidamente los reactivos químicos.

### **2.3.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Valor que refleja el consumo de oxígeno por los microorganismos en la desintegración de la materia orgánica en un periodo específico (generalmente 5 días).



### **2.3.4. Demanda química de oxígeno (DQO)**

Valor que representa la cuantía de oxígeno indispensable con el propósito de llevar una muestra de agua a través de un proceso de oxidación para descomponer la materia orgánica e inorgánica.

### **2.3.5. Eficiencia de remoción**

Porcentaje que indica la efectividad de un tratamiento en la erradicación de contaminantes específicos del agua residual.

### **2.3.6. Foto – Fenton**

Procedimiento de oxidación avanzada que involucra peróxido de hidrógeno y sales de hierro ( $Fe^{2+}$ ) y radiación UV para una remoción eficiente de materia orgánica.

### **2.3.7. Materia orgánica**

Conjunto de componentes orgánicos encontrados en las aguas residuales, como grasas, proteínas y carbohidratos, provenientes de procesos industriales.

### **2.3.8. Peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ )**

Agente oxidante utilizado en procesos avanzados de tratamiento de agua para generar radicales libres.

### **2.3.9. pH**

Valor que determina la acidez o alcalinidad del agua, crucial para la optimización de los procesos de tratamiento, especialmente en el proceso Foto-Fenton.

### **2.3.10. Radical hidroxilo ( $\bullet OH$ )**

Especie química altamente reactiva que degrada contaminantes orgánicos en procesos de oxidación avanzada.



### **2.3.11. Revoluciones por minuto (RPM)**

Constituye una unidad de medida que indica la cantidad de giros o vueltas completas que un eje, rotor o mecanismo realiza en un minuto.

### **2.3.12. Sulfato ferroso ( $FeSO_4$ )**

Catalizador empleado en el método Fenton y Foto-Fenton para la activación del peróxido de hidrógeno.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada ya que se enfoca en resolver problemas prácticos y generar soluciones que puedan implementarse en contextos reales. En este caso, busca elaborar una técnica eficiente para tratar los lactosueros, Colaborando en la disminución del impacto ambiental en el distrito de Llalli.

#### 3.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo por que se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos para probar hipótesis y cuantificar fenómenos de manera imparcial. Como también busca validar la efectividad del proceso de oxidación avanzada mediante mediciones objetivas y sistemáticas.

#### 3.3. Nivel de investigación

Siendo de nivel explicativo, este nivel busca identificar vínculos causales entre variables como se menciona a continuación:



- Se analizó cómo las variables independientes (pH y dosis de peróxido de hidrógeno) influyen en la variable dependiente (porcentaje de descomposición de materia orgánica).
- Se explica los mecanismos mediante los cuales el proceso de oxidación avanzada afecta los lactosueros.

### **3.4. Técnicas e instrumentos**

#### **3.4.1. Técnicas**

- Muestreo de campo
- Análisis en laboratorio
- Tratamiento experimental

#### **3.4.2. Instrumentos**

- Bases de datos académicos
- Cadena custodia
- Software de gestión bibliográfica (zotero)

### **3.5. Ubicación de la zona de investigación**

La investigación se desarrolló en el distrito de Llalli, ubicado en la provincia de Melgar, en la región Puno, Perú. Llalli es una localidad caracterizada por la producción agrícola y ganadera, lo que genera la producción de subproductos lácteos, como el lactosuero, que es un residuo de la industria lechera. Este distrito se encuentra ubicado por el E: 302996 N: 8348376 a una altitud: 4001.4m, lo que influye en las propiedades del agua y las técnicas de tratamiento.

## Figura 1

### Ubicación



Nota: Google earth

### 3.6. Población y muestra

#### 3.6.1. Población

La población está constituida por los lactosueros generados en las industrias lácteas del distrito de Llalli, provincia de Melgar, región Puno. Se seleccionaron muestras de lactosuero provenientes de un establecimiento productores de queso que generan este subproducto.

#### 3.6.2. Muestra

La muestra de esta investigación está constituida por una muestra de lactosueros provenientes de las industrias lácteas ubicadas en el distrito de Llalli.

#### Criterios de selección de la muestra:

- Las muestras serán tomadas de lactosueros formados durante la conversión de la leche en productos lácteos.
- La selección se basará en la cantidad de lactosuero disponible en cada industria a lo largo de la fase de adquisición de datos.

**Figura 2**

*Toma de muestra de lactosueros*



### **3.7. Materiales y equipos**

#### **3.7.1. Materiales**

Frascos de PVC de 1000mL, culer de 40L, micropipeta de 5000mL, frascos Erlenmeyer clase A de 1000, 500, 250 y 100 mL; cilindros medidores de 1000, 500 y 100 mL, tubos de digestión de 10mL; botellas winkler de 300mL; frasco lavador.

#### **3.7.2. Equipos**

GPS marca GARMIN, Multiparámetro (HACH HQ2200); Estufa (Raypa DOD90); digestor DQO (Rocker – CR25); bureta digital (Witeg); incubadora (DNP 9052A)



### **3.7.3. Reactivos**

Fueron empleados como reactivos: peróxido de hidrógeno al 30%, soluciones tampón pH7 y fosfato, junto con sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico de grado analítico (Merck, p.a.), sulfato de plata (Merck, p.a.), dicromato de potasio (Merck, p.a.), ácido sulfúrico (Merck, p.a.), 1,10-fenantrolina monohidratada (Merck, p.a.), sulfato de fierro (Merck, p.a.), compuestos como sulfato ferroso con amonio (J.T. Baker), óxido de manganeso (Merck, p.a.), almidón soluble (Merck, p.a.), tiosulfato sódico con cinco moléculas de agua (Merck, p.a.) y agua destilada.

### **3.8. Procedimiento metodológico**

**Objetivo específico 1: Determinar la concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno de lactosueros antes del tratamiento.**

Para determinar la concentración de la DQO y la DBO en los lactosueros antes del tratamiento, se llevará a cabo el siguiente procedimiento metodológico:

#### **a. Toma de muestras**

Se procedió a la obtención de las muestras en los envases proporcionados por el Laboratorio de Calidad Ambiental, en este procedimiento, se tomó una alícuota de lactosuero en los frascos adecuados para el análisis correspondiente.



## b. Transporte y almacenamiento de muestras

Las muestras se transportaron al laboratorio de análisis en condiciones adecuadas de temperatura (aproximadamente 4°C) para evitar alteraciones en sus propiedades antes de ser analizadas.

Las muestras se almacenarán en envases herméticos para evitar la evaporación o contaminación de los lactosueros.

## c. Análisis de las muestras

**Tabla 2**

*Método de evaluación*

N°	PARAMETRO	UNIDAD	METODO
1	Temperatura	°C	SM - 2550 B método de laboratorio de campo
2	pH	-	SM 4500 – H
4	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
5	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días

Nota: (APHA, 2005)

Las muestras obtenidas se analizaron de acuerdo a las normas estandarizadas como se muestra en la tabla 2

## d. Registro y análisis de resultados

Se registraron los datos de DQO y DBO obtenido de la muestra antes de aplicar el tratamiento de oxidación avanzada.

Los resultados fueron analizados para establecer el nivel inicial de materia orgánica en los lactosueros, los cuales servirán como base para evaluar el efecto de los tratamientos posteriores con peróxido de hidrógeno.

**Figura 3**

*Muestra inicial para análisis*



**Objetivo específico 2: Evaluar el efecto de pH para la remoción de materia orgánica a diferentes dosis de peróxido de hidrogeno**

Con el fin de alcanzar este objetivo, se realizó de la siguiente manera:

- **Preparación de muestras:** Inicialmente se recolecto la muestra de lactosuero en un envase de 20 litros, seguidamente se filtró las muestras para eliminar solidos grandes.

**Figura 4**

*Preparación de muestra*



- **Procedimiento experimental:** Se corrigió el pH de la muestra obtenida a diferentes pHs (4 y 9). Para ajustar el pH de las muestras, se utilizó soluciones de ácido (HCl) y base (CaI) agregándolas de forma controlada hasta alcanzar el pH deseado

**Figura 5**

*Ajuste de pH a la muestra de lactosuero*



- **Aplicación de peróxido de hidrogeno:** Una vez obtenido la muestra con el pH ajustado se realiza el tratamiento utilizando diferentes dosis de  $H_2O_2$  30% a cada una de las muestras con pH ajustado. Los niveles de peróxido de hidrógeno se seleccionarán según un rango previamente establecido en función de la literatura, para fijar la dosis conveniente.

**Figura 6**

*Aplicación de peróxido para el tratamiento*



- **Aplicación de catalizador:** El sulfato de hierro ( $\text{FeSO}_4$ ) es un excelente catalizador para el proceso de oxidación Fenton, ayudando a generar radicales hidroxilos que descomponen eficazmente la materia orgánica en el lactosuero.

**Figura 7**

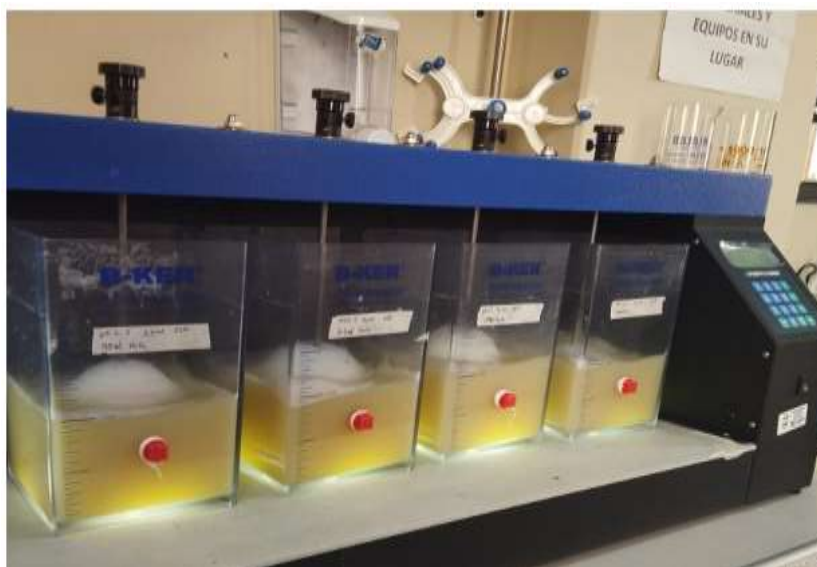
*Aplicación del catalizador  $\text{FeSO}_3$*



**Tabla 3***Dosis de peróxido de hidrogeno*

N°	Código	Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ml/L)	Catalizador FeSO <sub>4</sub> (g)
1	T1	10	1.5
2	T2	15	1.5
3	T3	20	1.5
4	T4	30	1.5

- **Agitación en la prueba de jarras:** Después de añadir el peróxido de hidrógeno, las jarras serán sometidas a una agitación como indica en la siguiente tabla.

**Figura 8***Tratamiento en prueba de jarras*

**Tabla 4***Condiciones de tratamiento en la prueba de jarras*

Agitación	RPM	Tiempo (min)
Rápida	150	2
Lenta	80	30
Sedimentación		40

Esta agitación se llevará a cabo en un equipo de pruebas de jarras, que permite controlar la velocidad y el tiempo de agitación de forma precisa, simula las condiciones de tratamiento y asegura una mezcla homogénea.

- **Decantación y toma de muestras:** Después del tiempo de agitación, se dejó sedimentar durante 40 minutos. Seguidamente se tomaron muestras de las fases líquidas para medir los parámetros de DQO y BDO, evaluando la remoción de materia orgánica. Las muestras se analizarán utilizando los métodos estándar para la medición de DQO y BDO.

**Figura 9***Sedimentación de la muestra tratada*

- **Muestreo:** Después del tiempo cumplido, se tomó muestras de cada jarra para su posterior análisis. Las muestras se extrajeron de manera representativa, asegurando que cada jarra se mezcle adecuadamente antes de tomar la muestra

**Figura 10**

*Toma de muestra para análisis*



- **Determinación de la DQO:** Las muestras fueron analizadas para determinar su DQO, siguiendo el método estándar de digestión cerrada a 150°C durante 2 horas.

**Figura 11**

*Análisis de DQO*



- **Determinación de la DBO:** Además, se realizó la determinación de la DBO5 mediante el procedimiento estándar de incubación a 20°C durante 5 días.

### Figura 12

#### Análisis de DBO



### Objetivo específico 3: Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli

Con el fin de cumplir este objetivo, se procedió de la siguiente manera:

- **Determinación inicial de la DQO y DBO en lactosuero sin tratar:** Antes de aplicar el tratamiento inicialmente se obtuvo la manifestación de la materia orgánica de lactosueros
- **Tratamiento de lactosuero con peróxido de hidrogeno y sulfato de hierro:** Se aplicó tratamientos de oxidación avanzada utilizando  $H_2O_2$  como agente oxidante y  $FeSO_4$  como catalizador, según la metodología establecida en el objetivo anterior. Las situaciones de pH, proporción de peróxido de hidrógeno y sulfato de hierro fueron ajustadas según los hallazgos preliminares de la prueba de jarras.



- **Determinación de la DQO y DBO después del tratamiento:** Una vez que se completado el procesamiento de oxidación avanzada, y obtenido los hallazgos de la materia orgánica posteriormente al tratamiento se realiza el porcentaje de remoción.
- **Cálculo del porcentaje de remoción de la materia orgánica:** El porcentaje de rdepuracion de la materia orgánica se calculará utilizando los datos conseguidos de la DQO y DBO5 antes y después del tratamiento. Para cada parámetro, se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\text{Porcentaje de remoción de DQO} = \left( \frac{\text{DQO inicial} - \text{DQO final}}{\text{DQO inicial}} \right) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de remoción de DBO5} = \left( \frac{\text{DBO5 inicial} - \text{DBO5 final}}{\text{DBO5 inicial}} \right) \times 100$$

Donde:

- DQO inicial es la Demanda Química de Oxígeno antes del tratamiento.
- DQO final es la Demanda Química de Oxígeno después del tratamiento
- DBO5 inicial es la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días antes del tratamiento.
- DBO5 final es la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días después del tratamiento.

Este objetivo evaluara de manera precisa la efectividad en la limpieza de materia orgánica del lactosuero tras el tratamiento con oxidación avanzada, utilizando como indicadores clave los parámetros DQO y DBO5. El análisis de estos parámetros facilitará la determinación de la efectividad del tratamiento aplicado en la depuración de materia orgánica y proporcionar información útil para la mejora del proceso.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

**Objetivo específico 1: Determinar la concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno de lactosueros antes del tratamiento.**

Para caracterizar la calidad inicial de los lactosueros provenientes del distrito de Llalli, se evaluaron los parámetros físico-químicos relevantes, como la temperatura, el pH, la DQO y la DBO. Tal como se presenta en la tabla siguiente.

**Tabla 5**

*Resultados de la caracterización inicial*

Parámetro	Unidad	M - Inicial
Temperatura	°C	25.0
pH	-	6.8
Demanda química de oxígeno	mg/L	2805.5
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1350.0



De acuerdo con los resultados, la DQO inicial fue de 2805.5 mg/L, lo que evidencia una elevada manifestación de materia orgánica en el lactosuero, característica de este tipo de efluentes industriales. Por otro lado, la DBO fue de 1350.0 mg/L, reflejando que una porción significativa de la carga orgánica es biodegradable.

Según estudios realizados en el tratamiento de lactosueros en diferentes regiones, se reporta que los datos de DQO suelen oscilar entre 2000 y 5000 mg/L, dependiendo del origen y forma de transformación de productos lácteos. En las investigaciones de lactosueros de plantas queseras en regiones rurales de Perú, se han registrado concentraciones de DQO de hasta 3500 mg/L, ligeramente superiores a los valores del presente estudio (2805.5 mg/L), lo que confirma que los lactosueros analizados tienen una carga orgánica típica, aunque moderada, para este tipo de efluentes.

La DBO registrada en este estudio (1350 mg/L) también se encuentra dentro del rango esperado. En trabajos previos realizados por Gómez et al. (2020) en plantas queseras en México, la DBO promedio alcanzó valores de 1500 mg/L, lo que está ligeramente por encima del valor observado en los lactosueros de Llalli. Esto podría deberse a diferencias en la composición del lactosuero, la tecnología de producción o la dieta del ganado lechero.



## Objetivo específico 2: Evaluar el efecto de pH para la remoción de materia orgánica a diferentes dosis de peróxido de hidrogeno

**Tabla 6**

Resultados obtenidos del tratamiento con pH ácido

Parámetro	Unidad	T1	T2	T3	T4
Temperatura	°C	14.2	14.6	14.5	14.8
pH	-	2.8	3.2	3.0	3.2
Demanda química de oxígeno	mg/L	1157.4	930.6	430.4	205.4
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	740.6	490.6	190.6	98.6

- **Efecto del aumento de la dosis de peróxido de hidrógeno (T1 a T4):** Se notó que el incremento en los niveles de peróxido de hidrógeno provocó en una disminución significativa de la DQO y la DBO en cada uno de los tratamientos. Esto indica que la cantidad de oxidante es un factor crucial para la eliminación de materia orgánica en los lactosueros:

DQO: En el tratamiento T1 (10 mL de peróxido), se registró una DQO de 1157.4 mg/L, mientras que en el tratamiento T4 (30 mL de peróxido), este valor se redujo a 205.4 mg/L, logrando una remoción del 82.3% de la materia orgánica total.

DBO: De manera similar, la DBO se redujo de 740.6 mg/L en T1 a 98.6 mg/L en T4, alcanzando una eficiencia de remoción del 86.7% para la materia biodegradable.

Estos resultados confirman la efectividad del peróxido de hidrógeno como agente oxidante para la degradación de materia orgánica, siendo más eficiente a dosis más altas.



- **Efecto del pH en el tratamiento:** El tratamiento se realizó bajo condiciones de pH controlado, cercanas a **3** y **9**, observándose lo siguiente:

**pH 3:** Los resultados obtenidos evidencian que el tratamiento fue más eficiente en condiciones de pH ácido. En este rango, el peróxido de hidrógeno genera una mayor cantidad de radicales hidroxilos ( $\cdot\text{OH}$ ), los cuales son altamente reactivos y catalizadores de la descomposición de los compuestos orgánicos.

**Tabla 7**

*Resultados obtenidos de la réplica de tratamiento con pH ácido*

Parámetro	Unidad	RT1	RT2	RT3	RT4
Temperatura	°C	15.2	15.6	15.5	15.4
pH	-	3.2	3.0	2.8	3.2
Demanda química de oxígeno	mg/L	1090.5	915.3	400.0	190.5
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	700.6	420.1	170.2	98.6

El pH registrado durante los tratamientos fue cercano a 3, conforme a las condiciones experimentales establecidas para optimizar la oxidación avanzada. Este valor ácido es consistente con investigaciones anteriores que confirman que la eficiencia del peróxido de hidrógeno en combinación con un catalizador ferroso (Fenton) es mayor en un rango de pH ácido, debido a la generación de radicales hidroxilos altamente reactivos que degradan eficientemente la materia orgánica.

Los hallazgos indican que la DQO decrece de manera significativa al aumentar la proporción de peróxido de hidrógeno utilizada. En el tratamiento preliminar (T1) con 10 mL de peróxido de hidrógeno, la DQO se comprimió de 2805.5 mg/L (valor inicial) a 1157.4 mg/L. Al aplicar 30 mL (T4), la DQO se redujo a 205.4 mg/L. Según estos hallazgos, el incremento de la dosis de oxidante mejora considerablemente la degradación de compuestos orgánicos.



La repetición del tratamiento (RT1-RT4) arrojó resultados consistentes con los primeros, confirmando la reproducibilidad del proceso. Por ejemplo, en RT4 con 30 mL de peróxido de hidrógeno, se obtuvo una DQO de 190.5 mg/L, cercana al valor de 205.4 mg/L obtenido en T4.

DBO: De manera similar a la DQO, la DBO mostró una disminución significativa con el incremento de la dosis de peróxido. En T1, la DBO se comprimió de 1350.0 mg/L a 740.6 mg/L mientras que en T4 alcanzó los 98.6 mg/L. Estos hallazgos evidencian que la materia orgánica biodegradable también fue eficientemente eliminada.

En la repetición (RT1-RT4), los valores fueron consistentes. Por ejemplo, en RT4, la DBO fue de 98.6 mg/L, lo que coincide exactamente con el valor de T4, indicando la fiabilidad de los resultados y el control adecuado de las condiciones experimentales.

**Tabla 8**

*Promedio de resultados de tratamiento con pH ácido*

Parámetro	Unidad	RT1	RT2	RT3	RT4
Temperatura	°C	14.7	15.1	15	15.1
pH	-	3	3.1	2.9	3.2
Demanda química de oxígeno	mg/L	1123.95	922.95	415.2	197.95
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	720.6	455.35	180.4	98.6

Según el resultado obtenido de los tratamientos como indica en la tabla 8 podemos deducir que:

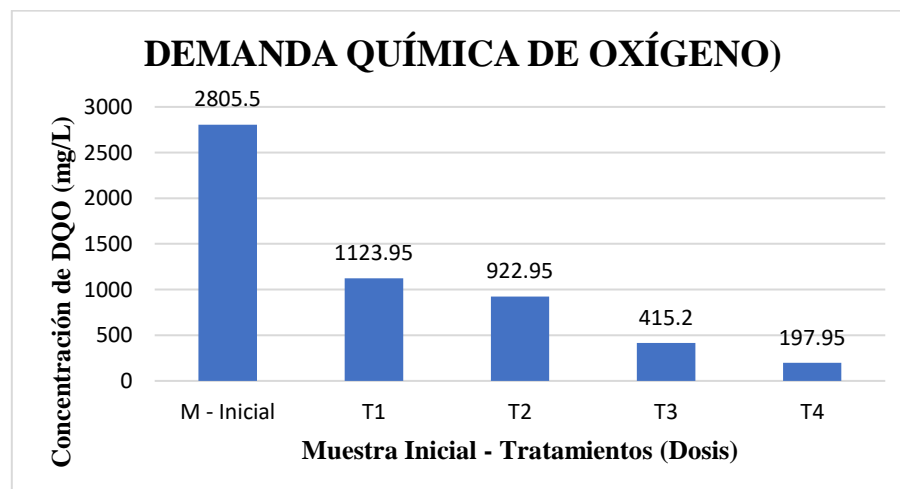
- **Temperatura:** La temperatura de los lactosueros se mantuvo bastante constante a lo largo de los tratamientos, con valores promedio que oscilaron

entre 14.7°C y 15.1°C, lo que sugiere condiciones estables durante los experimentos.

- pH: El pH mostró una ligera variabilidad, alcanzando un valor mínimo de 2.9 en el tratamiento T3 (ácido) y un valor máximo de 3.2 en el tratamiento T4 (alcalino). Estos valores indican un entorno ácido y ligeramente alcalino, lo que es esperado dado el ajuste de pH realizado durante los tratamientos.
- Demanda química de oxígeno: Los valores de DQO disminuyeron progresivamente desde 1123.95 mg/L en T1 (primer tratamiento) hasta 197.95 mg/L en T4 (último tratamiento), lo que evidencia una significativa remoción de materia orgánica a medida que aumentaban las dosis de peróxido de hidrógeno y variaba el pH.
- Demanda bioquímica de oxígeno: Al igual que la DQO, la DBO también mostró una notable reducción desde 720.6 mg/L en T1 hasta 98.6 mg/L en T4, lo que confirma una mejora en la calidad del lactosuero tras los tratamientos.

**Figura 13**

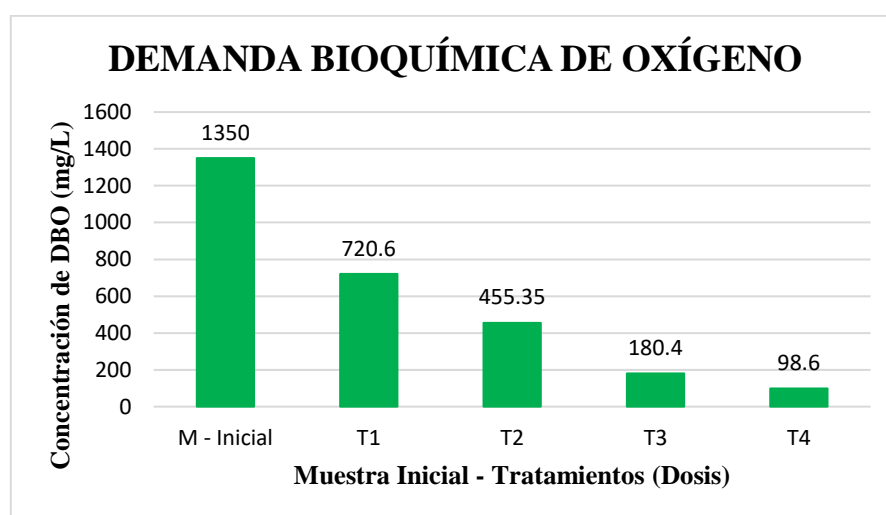
*Resultados de la demanda química de oxígeno (condiciones acidas)*



Como se muestran en la figura la DBO inicial de 1123.95 mg/L disminuye progresivamente a través de las etapas del tratamiento, alcanzando un valor de 197.95 mg/L en T4. Esto representa un eficiente tratamiento lo que indica un alto desempeño del proceso en la degradación de materia orgánica no biodegradable.

**Figura 14**

*Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (condiciones acidas)*

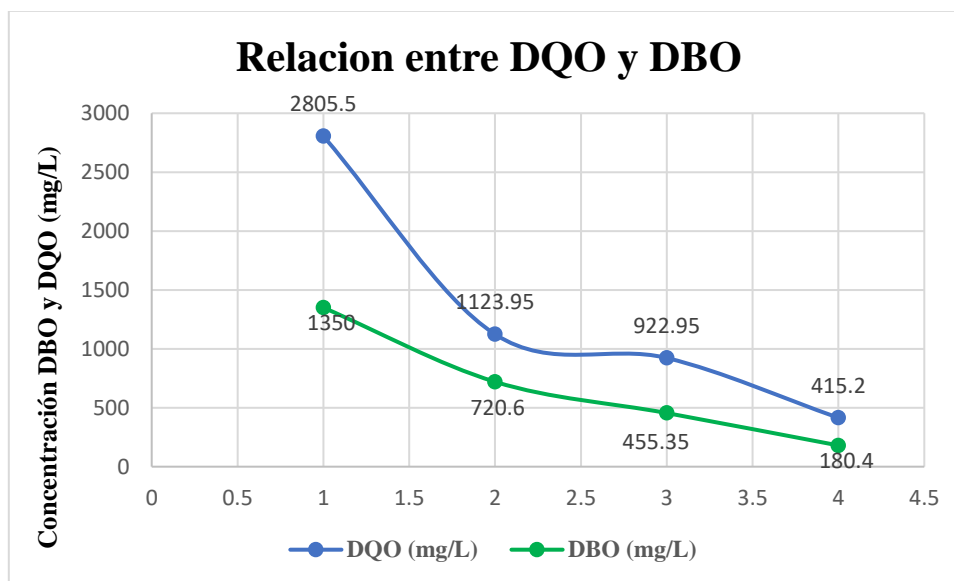


La DBO inicial de 720.6 mg/L se reduce a 98.6 mg/L en T4 lo que evidencia la efectividad del tratamiento en la erradicación de compuestos orgánicos biodegradables.

Las mayores reducciones se observan en las primeras etapas (T1 y T2), donde el tratamiento es más eficiente al tratar las concentraciones iniciales elevadas. A medida que disminuyen las cargas contaminantes en las últimas etapas (T3 y T4), la reducción es menos pronunciada, pero aún significativa.

**Figura 15**

*Relación entre DQO y DBO (condiciones acidas)*



En este gráfico, se observa cómo la DQO y la DBO disminuyen de manera correlativa bajo condiciones ácidas (pH 3). Los datos muestran que el tratamiento es más eficiente en la depuración de material orgánico bajo estas situaciones, en vista de que los datos iniciales de DQO y DBO disminuyen drásticamente en cada etapa del tratamiento (T1, T2, T3 y T4). La tendencia decreciente refleja un proceso de oxidación exitoso.

**Tabla 9**

*Resultados obtenidos del tratamiento con pH alcalino*

Parámetro	Unidad	T1	T2	T3	T4
Temperatura	°C	15.2	15.6	15.5	15.4
pH	-	9.2	9.0	9.3	9.5
Demanda química de oxígeno	mg/L	2615.0	1905.5	1870.0	1540.3
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1100.0	950.4	760.4	625.4

El pH registrado en este conjunto de experimentos estuvo en un rango alcalino (9.0-9.5). este rango de pH tiene un impacto en la formación de radicales hidroxilos,



ya que las reacciones Fenton presentan una menor eficiencia en condiciones alcalinas.

DQO: En el tratamiento inicial (T1) con 10 mL de peróxido de hidrógeno, la DQO se comprimió de 2805.5 mg/L (valor inicial) a 2615.0 mg/L. Conforme aumentó la dosis de peróxido, se evidencio una mejora en la remoción de DQO, alcanzando los 1540.3 mg/L en T4 (30 mL de peróxido)

DBO: En términos de DBO, se observó un patrón similar al de la DQO, con remociones progresivas al aumentar la dosis de peróxido de hidrógeno. En T1, la DBO se redujo de 1350.0 mg/L (valor inicial) a 1100.0 mg/L En T4, se alcanzaron valores de 625.4 mg/L.

**Tabla 10**

*Resultados obtenidos de la réplica de tratamiento con pH alcalino*

Parámetro	Unidad	RT1	RT2	RT3	RT4
Temperatura	°C	15.2	15.6	15.5	15.4
pH	-	9.0	8.8	8.9	9.2
Demanda química de oxígeno	mg/L	2590.3	1874.2	1841.3	1500.0
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1180.0	930.2	800.0	670.3

### Según la Demanda Química de Oxígeno:

- Los valores iniciales de DQO fueron mayores (**2615.0 mg/L**), reflejando una composición inicial más resistente a la oxidación.
- A pesar de ello, los valores finales en T4 alcanzaron **1500.0 mg/L**
- Aunque hubo disminución, el efecto no fue tan pronunciado como en el pH ácido, sugiriendo que las condiciones alcalinas son menos favorables para la generación eficiente de radicales hidroxilos.



### Según la Demanda Bioquímica de Oxígeno:

- Los valores iniciales fueron de 1100.0 mg/L y disminuyeron hasta 670.3 mg/L en T4
- Esto reafirma que, bajo condiciones alcalinas, el peróxido de hidrógeno tiene una menor capacidad para procesar materia orgánica biodegradable.

### Según los resultados de la temperatura y pH

- Las temperaturas fueron similares a las del tratamiento ácido, mientras que el pH se mantuvo entre 9.0 y 9.5, cumpliendo con los parámetros establecidos para este ensayo.

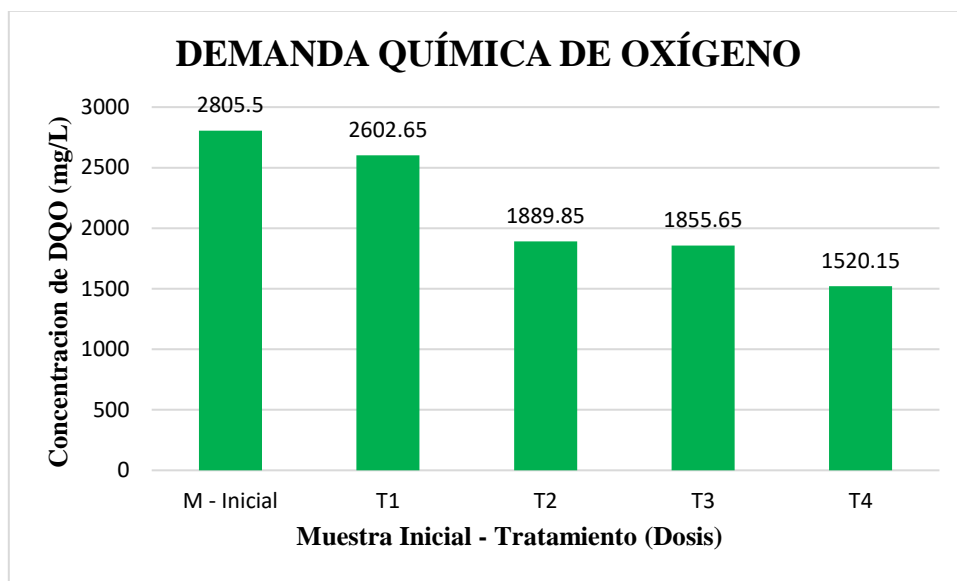
**Tabla 11**

*Promedio de resultados de tratamiento con pH alcalino*

Parámetro	Unidad	RT1	RT2	RT3	RT4
Temperatura	°C	15.2	15.6	15.5	15.4
pH	-	9.1	8.9	9.1	9.35
Demanda química de oxígeno	mg/L	2602.65	1889.85	1855.65	1520.15
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1140	940.3	780.2	647.85

**Figura 16**

*Resultados de la demanda química de oxígeno (condiciones alcalinas)*

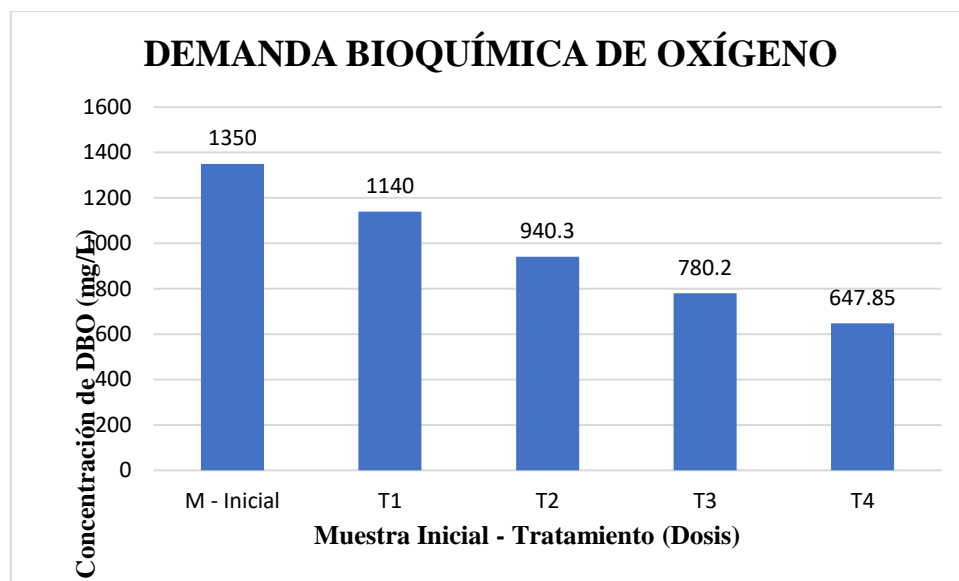


Según el gráfico presente se consiguen los resultados logrados en el tratamiento frente a la concentración inicial de DQO y DBO frente a los resultados promedio de los cuatro tratamientos ejecutados (T1, T2, T3 y T4) en condiciones de pH alcalino.

La DQO: Bajo condiciones alcalinas, la DQO inicial de 1123.95 mg/L experimentó una disminución a valores finales en T4, con eficiencias menores en comparación con los tratamientos bajo pH ácido.

**Figura 17**

Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (condiciones alcalinas)



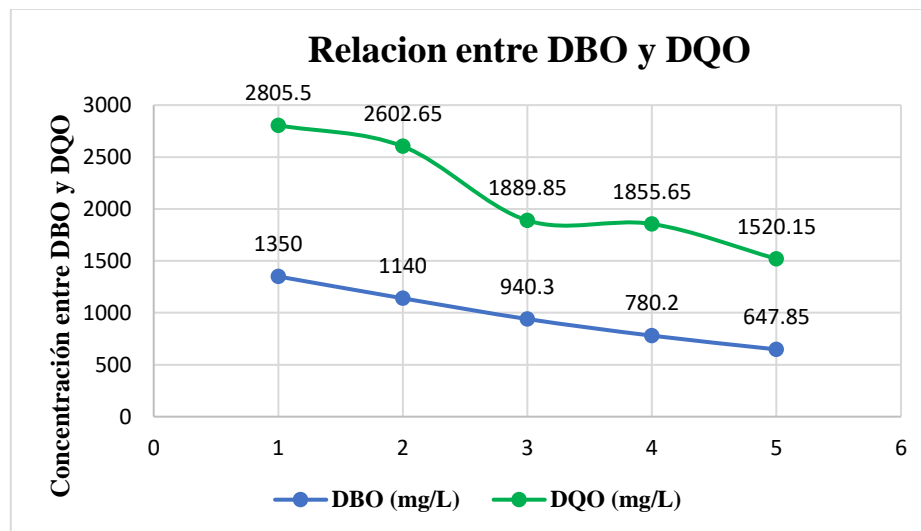
La DBO inicial de 720.6 mg/L también mostró una reducción en todas las etapas del tratamiento, aunque las eficiencias fueron notablemente inferiores a las observadas bajo pH ácido.

Los tratamientos a pH alcalino presentaron un comportamiento menos eficiente en la depuración de DQO y DBO en comparación con los realizados en pH ácido. Esto puede deberse a la menor generación de radicales hidroxilos, los cuales son fundamentales para la oxidación avanzada.

En los tratamientos T3 y T4, la reducción es más significativa, lo que podría estar asociado con el incremento en la dosis de peróxido de hidrógeno aplicado, aunque no se alcanza el nivel de eficiencia observado en pH ácido.

**Figura 18**

*Relación entre DQO y DBO (condiciones alcalinas)*



En este gráfico, se manifiesta la relación entre DQO y DBO bajo condiciones alcalinas (pH 9). Aunque también existe una disminución en ambas demandas, los valores iniciales de DQO y DBO son más elevados en comparación con los tratamientos en pH ácido, y la reducción es más gradual. Esto sugiere que el proceso de oxidación es menos eficiente en condiciones alcalinas, aunque igualmente efectivo para reducir la materia orgánica presente.

**Objetivo específico 3: Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli**

**Tabla 12**

*Porcentaje de remoción de materia orgánica en condiciones acidas*

Parámetro	Unidad	T1	T2	T3	T4
Demanda química de oxígeno	%	60	67	85	93
Demanda bioquímica de oxígeno	%	47	66	87	93

La tabla 12 se puede observar los porcentajes de depuración logrados en el tratamiento bajo condiciones ácidas..



Los valores de depuración de la DQO aumentan progresivamente con el acrecentamiento de la dosis de peróxido de hidrógeno con la ayuda del catalizador sulfato ferroso se observa una remoción del 60% en T1, que alcanza su valor máximo de 93% en T4.

Las elevadas tasas de eliminación reflejan la eficiencia de la oxidación avanzada bajo pH ácido, ya que estas condiciones favorecen la formación de radicales hidroxilos elevadamente reactivos, los que descomponen la materia orgánica compleja.

Al igual que en la DQO, los valores de depuración de DBO muestran un aumento constante con mayores dosis de peróxido de hidrógeno, iniciando con un 47% en T1 y alcanzando un 93% en T4.

La alta eficiencia de remoción de DBO en condiciones ácidas sugiere que el tratamiento no solo degrada compuestos orgánicos complejos (DQO), sino que también elimina una proporción significativa de compuestos más fácilmente biodegradables.

**Tabla 13**

*Porcentaje de remoción de materia orgánica en condiciones alcalinas*

Parámetro	Unidad	T1	T2	T3	T4
Demanda química de oxígeno	%	7	33	34	46
Demanda bioquímica de oxígeno	%	16	30	42	52

Los resultados alcanzados para el porcentaje de depuración de materia orgánica, evaluados a través de DQO y DBO bajo condiciones alcalinas, muestran un comportamiento diferente al observado en pH ácido. A continuación, se detalla el análisis:



Los valores de depuración de DQO aumentan con el incremento de la dosis de peróxido de hidrógeno, alcanzando un máximo de 46% en T4. No obstante, el porcentaje de remoción es significativamente menor en comparación con las condiciones ácidas, donde se lograron remociones superiores al 90%

Los resultados sugieren que el tratamiento bajo pH alcalino ( $\approx 9$ ) es menos eficiente en la degradación de compuestos orgánicos complejos. Esto podría deberse a la menor generación de radicales hidroxilos, que son más efectivos en condiciones ácidas.

Los valores de remoción de DBO siguen un patrón similar al de la DQO, aumentando progresivamente con la dosis de peróxido. Se inicia con un 16% en T1 y se alcanza un 52% en T4.

Aunque los valores de remoción de DBO son algo superiores a los de DQO, el tratamiento bajo condiciones alcalinas sigue siendo menos efectivo en comparación con pH ácido. Esto indica que, aunque se eliminan ciertos compuestos biodegradables, la descomposición de materia orgánica más compleja es limitada.



## 4.2. Discusiones

Los resultados iniciales del análisis del lactosuero del distrito de Llalli muestran una manifestación de 2805.5 mg/L de DQO y 1350.0 mg/L de DBO, Esto evidencia un elevado índice de desechos orgánica en el efluente, típica de los residuos derivados del sector lácteo. De acuerdo con estudios previos, como el de Fernández et al. (2016), los lactosueros suelen presentar valores de DQO entre 1500 y 4000 mg/L y relaciones DBO/DQO entre 0.4 y 0.6, lo que sitúa los valores obtenidos dentro del rango esperado.

El análisis del efecto del pH en el tratamiento con peróxido de hidrógeno demostró que las condiciones ácidas (pH 3) fueron más efectivas para la depuración de DQO y DBO en comparación con las condiciones alcalinas (pH 9). En condiciones ácidas, se obtuvieron los mejores resultados con la dosis más elevada (T4: 30 mL), logrando una remoción de 93% para DQO y 92.6% para DBO, mientras que en condiciones alcalinas la remoción máxima fue de 46% para DQO y 52% para DBO. Según Moreno (2019) los procesos de oxidación avanzada bajo pH ácido logran remociones de DQO entre el 85% y 95%, lo que se ajusta a los datos logrados en este estudio. Por su parte, Sanchis et al. (2018) destacan que la combinación de catalizadores como el sulfato ferroso estimula el desarrollo de radicales, mejorando la eficiencia del tratamiento. De acuerdo con Huachaca & Zúñiga (2022) las remociones de DBO superiores al 80% en tratamientos de oxidación avanzada son comunes bajo pH ácido, lo que reafirma la eficacia de este enfoque. Según Rodríguez et al. (2018), los tratamientos de oxidación avanzada bajo pH alcalino suelen tener una eficiencia



limitada, con remociones de DQO que rara vez superan el 50%, lo cual se ajusta a los hallazgos de este estudio.

El porcentaje de depuración de materia orgánica fue significativamente mayor en situaciones ácidas que en condiciones alcalinas. En términos de DQO, la remoción alcanzó valores de 93% en condiciones ácidas y 46% en condiciones alcalinas. Para la DBO, los valores máximos fueron de 92.6% en condiciones ácidas y 52% en condiciones alcalinas. Estos resultados demuestran la efectividad de las condiciones ácidas para descomponer tanto la materia orgánica biodegradable como la refractaria.

Al comparar estos resultados con antecedentes, Huachaca & Zúñiga (2022) y Sanchis et al. (2018) reportaron depuración de DQO entre 80% y 95% utilizando procesos Fenton y peróxido de hidrógeno en condiciones ácidas, lo que coincide con los hallazgos obtenidos. En contraste, los tratamientos alcalinos mostraron una menor eficiencia, similar a lo indicado por Moreno (2019), donde los porcentajes de remoción no superaron el 60% debido a la descomposición del peróxido en estas condiciones.



## CONCLUSIONES

**Primera:** Los análisis iniciales muestran que los lactosueros del distrito de Llalli presentan una elevada carga de materia orgánica, con manifestaciones de 2805.5 mg/L de DQO y 1350.0 mg/L de DBO, lo que confirma su impacto significativo como contaminante ambiental.

**Segunda:** Los resultados obtenidos del tratamiento en condiciones ácidas (pH 3.2) la DBO 98.6 mg/L y la DQO logro un valor mínimo de 98.6 mg/L con una dosis de 30ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y 1.5g de sulfato ferroso como catalizador, por otro lado el tratamiento a condiciones de pH (9.35) la DBO presento una concentración de 647.85 mg/l, y la DQO 1520.15 mg/L con una dosis de 30ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Tercera:** Se concluye que el tratamiento en condiciones ácidas (pH 3) es significativamente más efectivo para la depuración de materia orgánica que el tratamiento en condiciones alcalinas (pH 9). En condiciones ácidas, se logró una remoción de hasta 93% de DQO y 93% de DBO, mientras que en condiciones alcalinas los valores máximos fueron de 46% de DQO y 52% de DBO. Esto se debe a la generación más eficiente de radicales hidroxilos en pH ácido, lo cual mejora la degradación completa de la materia orgánica.



## RECOMENDACIONES

**Primero:** Evaluar la posibilidad de aplicar otros catalizadores, como óxidos metálicos, para determinar si se obtienen resultados aún más favorables en la depuración de materia orgánica.

**Segundo:** Establecer una alianza con entidades locales, como municipalidades o empresas agroindustriales, para implementar este tratamiento en fuentes de lactosueros y reducir su impacto ambiental.

**Tercero:** Evaluar el costo-beneficio del proceso en comparación con otras alternativas de tratamiento, considerando el impacto ambiental y social positivo que podría generar la implementación del tratamiento.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, V., & Sarode, Dr. D. D. (2021). Dairy Wastewater in India: Challenges and Opportunities. *International Journal of Engineering applying Sciences and Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.33564/IJEAST.2021.v06i01.055>
- APHA, A. G. (2005). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y depuradas AHPA - AWWA - WPCF* (17.<sup>a</sup> ed.). Dias de Santos.
- Betancur, B. A. W., & Molina, J. C. S. (2019). *Estudio de tratabilidad de las aguas depuradas de una planta pulverizadora de leche*. <https://shre.ink/M3ZO>
- Boyd, C. E. (2020). Eutrophication. En C. E. Boyd (Ed.), *Water Standard: An Establishment* (pp. 311-322). Springer International publisher. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8_15)
- Carvalho, F., Prazeres, A. R., & Rivas, J. (2013). Characterization and Therapeutics of Cheese Whey Wastewater. *Scientist of The Total Environment*, 445-446, 385-396. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.038>
- Casamada, C. B., Araujo, R. M., Brillas, E., & Sirés, I. (2019). Exploring the Benefits of Electro-Fenton over electrosurgery for Dairy Wastewater Disinfectant. *Chemical Technology Journal*, 376, 119975. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.09.136>
- Chollangi, A., & Hossain, Md. M. (2007). Separation of amino and carbohydrate from dairy sewer water. *Chemical Handling and handling: Process Escalation*, 46(5), 398-404. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.05.022>
- Custodio, M., Peñaloza, R., Espinoza, C., Espinoza, W., & Mezarina, J. (2022). A Long-term Approach for Dairy Wastewater Treatment: Production of Agricultural



- Water using Eutrophic Lake Bacteria. *Bioresource Technology Reports*, 17, 100891. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100891>
- Díaz, Y. G., & Hernández, D. J. F. (2013). Empleo de floculantes inorgánicos en el procesamiento de efluentes lácteos. *Chemical Technology*, 33(2), Article 2. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2013.2.%x>
- Faye, B., & Konuspayeva, G. (2012). Facing Dairy's Sustainability Challenges: The Increasing significance of Non-Bovine Milk Globally. *Worldwide Dairy Journal*, 24(2), 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.12.011>
- Flores, K. A. R. (2023). *Reutilización de aguas desechadas de la industria láctea como fuente de nutrientes para sistemas hidropónicos en la microcuenca lecherea de Ayaviri-Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. <https://hdl.handle.net/20.500.12920/13280>
- Huachaca, M. L., & Zuñiga, E. K. T. (2022). Tipos de oxidación avanzada para el procesamiento de aguas residuales textiles: Una revisión sistemática. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://shre.ink/M71R>
- Moreno, N. M. C. (2019). *Optimización del tratamiento de aguas industriales petroleras por PLUSAMBIENTE S.A.: aplicación de peróxido de hidrógeno para la reducción de materia orgánica disuelta tras procesos físico-químicos*. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://shre.ink/M71z>
- Obando, E. N. S. (2020). *Evaluación de la eficacia del tratamiento de aguas desechadas por medio del proceso Foto-Fenton con luz artificial a diferentes*



*potencias provenientes de la industria láctea* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://shre.ink/M3iY>

Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2013). Application of Fenton-like Oxidation for Pretreatment Batter Whey Wastewater: A Journal of Environmental Administration Study., 129, 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.07.016>

Ramírez, R. E. V. (2019). *Determinación del pH ideal para la coagulación de agujas depuradas con sulfato de aluminio y sulfato ferroso de una industria de alimentos* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Rudas, J. C., & Mucha Casas, L. L. (2024). *Degradación eficaz de materia orgánica en aguas desechadas de la industria láctea artesanal a través del proceso de oxidación foto-fenton modificada circumneutra* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://shre.ink/M3iA>

Sanchis, S., Polo, A., Tobajas, M., Rodríguez, J. J., & Mohedano, A. F. (2018). *Eliminación de microcontaminantes emergentes mediante la combinación de sistemas biológicos y oxidación avanzada.*

Sathasivam, M., Shanmugapriya, S., Yogeshwaran, V., & Priya, A. K. (2019). *Industrial Wasting Water Handling Usage Sophisticated Oxidation Procedure – A Review.* 8(3).

Scarsbrook, M. R., & Melland, A. R. (2015). Environmental Sustainability in Dairy Production and Water Management in Australia and New Zealand. *Animal Production Science*, 55(7), 856-868. <https://doi.org/10.1071/AN14878>



- Singh, R., & Horne, D. J. (2019). Mitigating Nitrate Pollution from Dairy Farming: Natural and Engineered Solutions in Vulnerable Catchments. *Animal Production Science*, 60(1), 67-77. <https://doi.org/10.1071/AN19142>
- Tapia, L. E. G. (2019). *Evaluación del impacto ambiental en la industria de derivados lácteos Tinajani EIRL 2019* [Tesis de pregrado]. Universidad Continental.
- Valdivieso, R. G. C. (2018). *Aplicación del proceso Fenton al lactosuero pretratado con precipitación ácido-térmica* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://shre.ink/M3ic>
- Wang, Y.-N., Wang, R., Li, W., & Tang, C. Y. (2017). Forward Osmosis for Whey Restoration: Investigating Factors Affecting Flux Execution *Journal of Membrane Science*, 533, 179-189. <https://shre.ink/M715>



## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD
<p><b>GENERAL:</b> PG: ¿Será eficiente la oxidación avanzada para la remoción de materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli provincia de Melgar 2024?</p>	<p><b>GENERAL:</b> OG: Evaluar la eficiencia de la oxidación avanzada para la remoción de materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli provincia de Melgar 2024.</p>	<p><b>GENERAL:</b> HG: La oxidación avanzada utilizando peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) será efectiva para la remoción de materia orgánica en los lactosueros del Distrito de Llalli, provincia de Melgar, logrando una reducción significativa de los valores de DQO y DBO.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dosis de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).</li> <li>pH del medio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> <li>Acido y Alcalino</li> </ul>	<p>mL/L</p> <p>-</p>
<p><b>ESPECÍFICOS:</b> PE1: ¿Qué concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno presentara los lactosueros antes del tratamiento? PE2: ¿Cuál será el pH adecuado para la remoción de materia orgánica a diferentes dosis de peróxido de hidrogeno? PE3: ¿Cuál será el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli?</p>	<p><b>ESPECÍFICOS:</b> OE1: Determinar la concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno de lactosueros antes del tratamiento OE2: Evaluar el efecto de pH para la remoción de materia orgánica a diferentes dosis de peróxido de hidrogeno OE3: Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica de lactosueros del distrito de Llalli</p>	<p><b>ESPECÍFICOS:</b> HE1: Los lactosueros del Distrito de Llalli presentan concentraciones elevadas de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) debido a su alto contenido de materia orgánica, lo que indica un alto potencial de contaminación. HE2: El pH influye significativamente en la eficiencia de la remoción de materia orgánica de los lactosueros mediante el tratamiento con peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). HE3: La aplicación de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a lactosueros del Distrito de Llalli reducirá la materia orgánica (DQO y DBO) en un porcentaje superior al 50% bajo condiciones óptimas de pH y dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Remoción de materia orgánica</li> <li>Eficiencia de tratamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remoción DBO y DQO</li> <li>Eficiencia del tratamiento</li> </ul>	<p>%</p> <p>DBO (mg/L)</p> <p>DQO (mg/L)</p>



## Anexo 2. Resultados de análisis



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA126 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 1.2. Proyecto : OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua residual
- 2.2. Numero de muestras : 01
- 2.3. Muestreado por : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 2.4. Fecha de ensayo : 06/10/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : Melgar
- 2.7. Distrito : Llalli
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
M - Inicial	E: 302996 N: 8348376	05/10/2024	12:26

#### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	M - Inicial
1	Temperatura	°C	25.0
2	pH	-	6.8
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	2805.5
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1350.0

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 31 de octubre del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
C.I.P. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.: 00021987

1



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA126 - 2024

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri  
1.2. Proyecto : OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua residual  
2.2. Numero de muestras : 04  
2.3. Muestreado por : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri  
2.4. Fecha de ensayo : 14/10/2024  
2.5. Departamento : Puno  
2.6. Provincia : San Román  
2.7. Distrito : Juliaca  
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
T1	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	08:00
T2	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	08:30
T3	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	09:00
T4	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	09:30

### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	T1	T2	T3	T4
1	Temperatura	°C	14.2	14.6	14.5	14.8
2	pH	-	2.8	3.2	3.0	3.2
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	1157.4	930.6	430.4	205.4
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	740.6	490.6	190.6	98.6

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 42790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 31 de octubre del 2024

N°B.: 00021987

2



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### INFORME N° LCA126 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 1.2. Proyecto : OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua residual
- 2.2. Numero de muestras : 04
- 2.3. Muestreado por : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 2.4. Fecha de ensayo : 14/10/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
T1	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	08:10
T2	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	08:40
T3	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	09:10
T4	E: 380117.93 N: 8282287.07	14/10/2024	09:40

#### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	RT1	RT2	RT3	RT4
1	Temperatura	°C	15.2	15.6	15.5	15.4
2	pH	-	3.2	3.0	2.8	3.2
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	1090.5	915.3	400.0	190.5
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	700.6	420.1	170.2	98.6

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP: 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 31 de octubre del 2024

N°B.: 00021987

3



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### INFORME N° LCA126 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 1.2. Proyecto : OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua residual
- 2.2. Numero de muestras : 04
- 2.3. Muestreado por : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 2.4. Fecha de ensayo : 17/10/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
T1	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	10:00
T2	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	10:30
T3	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	11:00
T4	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	11:30

#### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	T1	T2	T3	T4
1	Temperatura	°C	15.2	15.6	15.5	15.4
2	pH	-	9.2	9.0	9.3	9.5
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	2615.0	1905.5	1870.0	1540.3
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1100.0	950.4	760.4	625.4

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF 21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

*Milton Quispe Huanca*

Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47750  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 31 de octubre del 2024

N°B.: 00021987

4



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### INFORME N° LCA126 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 1.2. Proyecto : OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua residual
- 2.2. Numero de muestras : 04
- 2.3. Muestreado por : Juan Jose Javier Choquehuanca Tacuri
- 2.4. Fecha de ensayo : 17/10/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
T1	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	10:15
T2	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	10:45
T3	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	11:15
T4	E: 380117.93 N: 8282287.07	16/10/2024	11:45

#### III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	RT1	RT2	RT3	RT4
1	Temperatura	°C	15.2	15.6	15.5	15.4
2	pH	-	9.0	8.8	8.9	9.2
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	2590.3	1874.2	1841.3	1500.0
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1180.0	930.2	800.0	670.3

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 42790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 31 de octubre del 2024

N°B.: 00021987

5

## Anexo 3. Ubicación del muestreo



## Anexo 4. Toma de muestra



## Anexo 5. Tratamiento





## Anexo 6. Ficha de seguridad del peróxido de hidrogeno

ThermoFisher  
SCIENTIFICFICHA DE DATOS DE  
SEGURIDAD

según el Reglamento (CE) n°. 1907/2006

Fecha de preparación 22-sep-2009

Fecha de revisión 13-oct-2023

Número de Revisión 12

## SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA

1.1. Identificador del producto

Descripción del producto:	<u>Hydrogen Peroxide (30% in water)</u>
Cat No. :	BP2633-500
Sinónimos	Hydrogen Dioxide; Peroxide; Carbamide Peroxide
Fórmula molecular	H2O2

Identificador Único de Fórmula (UFI) HW3F-TT1D-DW06-5WCY

1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso recomendado	Productos químicos de laboratorio.
Usos desaconsejados	No hay información disponible

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Empresa

**Entidad de la UE / nombre de la empresa**  
Thermo Fisher Scientific  
Janssen Pharmaceuticaaan 3a, 2440 Geel,  
Belgium

**Nombre de la entidad / negocio del Reino Unido**  
Fisher Scientific UK  
Bishop Meadow Road,  
Loughborough, Leicestershire LE11 5RG,  
United Kingdom

Dirección de correo electrónico begel.sdsdesk@thermofisher.com

1.4. Teléfono de emergencia

Para obtener información en **EE.UU.** , llame al: 001-800-227-6701  
Para obtener información en **Europa** , llame al: +32 14 57 52 11

Número de emergencia, **Europa** : +32 14 57 52 99  
Número de emergencia, **EE.UU.** : 001-201-796-7100

Número de teléfono de **CHEMTREC**, **EE.UU.** : 001-800-424-9300  
Número de teléfono de **CHEMTREC**, **Europa** : 001-703-527-3887

**CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA** - Los servicios de información para casos de emergencia

Servicio de Información Toxicológica - 91 562 04 20 (24h/365days)

## SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Hydrogen Peroxide (30% in water)

Fecha de revisión 13-oct-2023

### 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

#### CLP clasificación - Reglamento (CE) n° 1272/2008

##### Peligros físicos

Líquidos comburentes

Categoría 2 (H272)

##### Peligros para la salud

Toxicidad aguda oral

Categoría 4 (H302)

Toxicidad aguda por inhalación - Polvos y nieblas

Categoría 4 (H332)

Lesiones o irritación ocular graves

Categoría 1 (H318)

##### Peligros para el medio ambiente

A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación

Texto completo de las Indicaciones de peligro: ver la sección 16

### 2.2. Elementos de la etiqueta



Palabras de advertencia

Peligro

#### Indicaciones de peligro

H272 - Puede agravar un incendio; comburente

H302 + H332 - Nocivo en caso de ingestión o inhalación

H318 - Provoca lesiones oculares graves

#### Consejos de prudencia

P220 - Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles

P280 - Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección

P301 + P330 + P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito

P304 + P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración

P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado

P310 - Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 31 DE MARZO, 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JUAN JOSE JAVIER CHOQUEHUANCA TACURI

Dirección: JR. 05 DE FEBRERO N° 208 - MACUSANI

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72153015

Teléfono: 986274128 email: JUANJOSEJAVIERC@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]

Título: OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LACTOSUEROS DEL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MELGAR 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): LACTOSUEROS, MATERIA ORGÁNICA, OXIDACIÓN AVANZADA, PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV 1, 2?

2

1 Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

2 Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Titulo  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.  
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_  
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo  
 No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

31 DE MARZO DEL 2025

Fecha