



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y

AMBIENTAL



**EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE
LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA
INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES
DE LABORATORIO JULIACA – 2021**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2024



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE: INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERIA SANITARIA Y
AMBIENTAL**

**EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE
LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS POR LA
INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES
DE LABORATORIO JULIACA 2021**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALINA BAYLÓN SÁNCHEZ MORENO

PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR :

PRESIDENTE

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO

:

M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:

Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

LINEA DE INVESTIGACION: SANEAMIENTO AMBIENTAL P22



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 962-2021-D-FICP-UANCV

Juliaca, 31 de agosto de 2021

VISTOS:

El **INFORME N° 582-2021-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, informe de **OPINIÓN TÉCNICA N° 125-2021-UANCV-FICP-UI-CI** del responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **26 de julio de 2021**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el tema titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. ALFREDO TEÓFILO ZEGARRA BUTRÓN**
- * **1er Miembro** : **Ing. JAMES HUGO MAMANI PAYE**
- * **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021**, correspondiente a la línea de investigación: **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021**.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al docente contratada de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **M.Sc. YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI**.

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 Cs. PURAS
Mgtr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
Mgtr. HERNAN ARTURO PINTO COAQUIRA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 86937

Cc
archivo 2021
Ejecutante
/myq.



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1486-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de diciembre de 2023

VISTOS:

El **INFORME N° 830-2023-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **INFORME N° 091-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 962-2021-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **31 de agosto de 2021** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **31 de agosto de 2021** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**
- * **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 463-2023, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al (la) asesor (a) externa, **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación 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 Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. ENRIQUE PASTILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95631

cc
archivo 2023
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 145-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de abril de 2024

VISTOS:

El OFICIO N° 037-2024-D/EPISA/FICP-UANCV del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°1486-2023 de fecha 29 de diciembre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
- * **Asesor** : Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras,

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes 30 de abril de 2024
- * **HORA** : 11:00
- * **LUGAR** : Aula 306 - pabellón de hidráulica

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

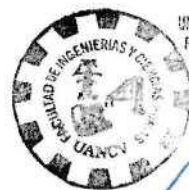
Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.: Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

D. MILYHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

D. CEFRAIN PARILO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95831



EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA – 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

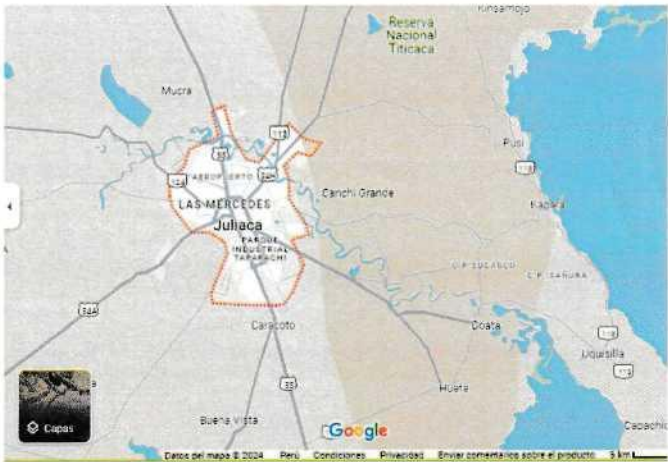
FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.scribd.com Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
5	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EFECTO DE LA CARGA ORGANICA Y PATOGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS POR LA INTERVENCION DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA 2021	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01317910
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-6500-4262
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	KAREN KELLY QUISPE QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-9958-2870
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	4086558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	CESAR JULIO LARICO MAMANI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	42059080
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

Datos de investigación	
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: San Roman Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: 15°30'0"S Longitud: 70°7'59.99 "O</p> <p>URL Maps: https://maps.app.goo.gl/gtxbPfVExUyc4SGo8</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>



 Dr. Eirain Acuña Rosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO, identificado con DNI Nro. 01317910, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional,
 Programa de Segunda Especialidad,
 Programa de Maestría o Doctorado

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

EFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA – 2021

Asesorado por: Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

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.

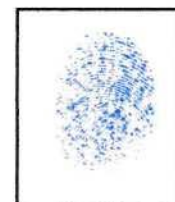
Juliaca 06 de Septiembre del 2024



FIRMA ASESOR



FIRMA DEL ESTUDIANTE
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Con mucho esmero y cariño para mis amores Heeselth y Adhelmar, como símbolo de grandeza en la proyección de una mujer empoderada.



AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecir mi familia e iluminar mi camino.

Agradezco a mis padres Dina y Daniel, por sus consejos los cuales me impulsaron a lograr mis objetivos, anhelos y mi proyecto profesional.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA..... iii

AGRADECIMIENTO..... iv

ÍNDICE GENERAL v

ÍNDICE DE TABLAS..... viii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

RESUMEN x

ABSTRACT xi

INTRODUCCIÓN..... xii

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 7

 1.1.1. Problema general 7

 1.1.2. Problemas específicos..... 7

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 8

 1.2.1. Objetivo general. 8

 1.2.2. Objetivos específicos:..... 8

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 8

 1.3.1. Justificación 8

 1.3.2. Importancia..... 10

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 11

 1.4.1. Hipótesis general 11

 1.4.2. Hipótesis específicas 11

1.5. VARIABLES..... 12

 1.5.1. Operacionalización de las variables. 13

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 13

2.2. MARCO TEÓRICO 19

 2.2.1. Aguas residuales domesticas 19

 2.2.2. Composición de las aguas residuales 20

 2.2.3. Características de las Aguas Residuales 21



2.2.3.1. Características Químicas	22
2.2.3.2. Características Biológicas	23
2.2.4. Microorganismos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales...	24
2.2.5. Elementos del tratamiento biológico	26
2.2.6. Identificación de Microorganismo	26
2.2.7. Ciliados.....	27
2.2.8. El Rio Torococha.....	28
2.2.9. Humedales naturales.....	29
2.2.10. Protozoarios de depuradoras.....	29
2.2.11. Función de los protistas y metazoos en el tratamiento de aguas residuales.....	30
2.2.12. Alimentación de ciliados con células de levaduras.....	32
2.2.13. Nivelación de cargas	33
2.2.14. Indicadores de contaminación de origen fecal.....	33
2.2.15. Calidad microbiológica del agua.....	33
2.2.16. Calidad del Agua	34
2.3. MARCO CONCEPTUAL	35
2.3.1. Agua residual.....	35
2.3.2. Agua residual domiciliaria.....	35
2.3.3. Aguas blancas	36
2.3.4. "Aguas residuales industriales"	36
2.3.5. "Aguas residuales agrícolas"	36
2.3.6. "Demanda Química de Oxígeno (DQO)"	36
2.3.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO ₅).....	36
2.3.8. "Contenido de nutrientes (nitrógeno [N] y fósforo [P])"	37

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
Según el énfasis en la naturaleza de los datos manejados.....	39
3.3 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	40
3.4 LUGAR DE ESTUDIO.....	40
3.4.1 Población	41
3.4.2 Muestra	41



3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..... 42

3.5.1 Equipos, materiales y reactivos 42

3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS 43

3.6.1 Descripción del Agua Residual del rio Torococha..... 44

3.6.2 Descripción detallada del uso de equipos y procedimientos..... 44

3.6.3 Procedimiento para la obtención de cepas de *Paramecium.sp* 45

3.6.4 Determinación de concentración de *Paramecium.sp*..... 46

3.6.5 Los procedimientos para cuantificar coliforme 46

3.6.6 Remoción de carga orgánica y patógena..... 48

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS..... 50

CONCLUSIONES..... 68

RECOMENDACIONES 69

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

ANEXO 1: Prueba en blanco de experiencia..... 82

ANEXO 2: Agua residual con paramecium y oxígeno 51

ANEXO 3: Etiquetado de muestras 52

ANEXO 4: instalación de grupo control y experimental..... 53



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Calculo de las cargas de DBO ₅ desde la confluencia entre los ríos Torococha y Coata, Abril de 2010	17
Tabla 2: Parámetros de investigación Categoría 3: Riesgo de Vegetales y bebida de Animales	35
Tabla 3: Juego De Pruebas (X X Y)	39
Tabla 4: Metodología de parámetro.....	43
Tabla 5: Códigos de tratamientos.....	44
Tabla 6: Criterio abundancia de Paramecium.sp.....	46
Tabla 7: Resultados de DBO	53
Tabla 8: Resultados de Coliformes Totales con y sin aireación	55
Tabla 9: Resultados de Coliformes Termotolerantes con o sin aireación	57
Tabla 10: Resultados de pH del grupo control y experimental	58
Tabla 11: ANOVA para DBO	60
Tabla 12: Prueba Tukey	61
Tabla 13: ANOVA para Coliformes Totales	61
Tabla 14: ANOVA para Coliformes Termotolerantes.....	62
Tabla 15: ANOVA para pH	63



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Composición del agua residual domestica	21
Figura 2: Cadena trófica en el proceso de fangos activados	31
Figura 3: Zona de muestreo de aguas residuales del rio Torococha.....	40
Figura 4: Parámetros iniciales de DBO	51
Figura 5: Parámetros iniciales de coliformes termotolerantes	51
Figura 6: Parámetros iniciales de pH.....	52
Figura 7: Resultado de DBO en el tratamiento	53
Figura 8: Resultado de coliformes totales con o sin aireación.....	55
Figura 9: Resultados de Coliformes Termotolerantes con y sin aeriacion	57
Figura 10: Resultado de pH en los grupos de control y experimental	59



RESUMEN

“El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto en la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domésticas que es influenciado eficientemente por la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio”. Las muestras en estudio fueron tomadas de las aguas residuales del río Torococha de Juliaca. Se constituyó dos grupos: control y experimental en donde se inoculo ciliados *Paramecium.sp* durante 8 días en 9 reactores y en el laboratorio de calidad ambiental de la Universidad. Se evaluó la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales, coliformes termotolerantes al inicio, a los 5 días y 8 días. De los resultados obtenidos se concluyó que las concentraciones de la carga orgánica y patógena inicial no cumplen con la normatividad vigente y a partir del quinto día empiezan a disminuir notablemente los valores. La eficiencia de los ciliados en la remoción del lastre biológico es de un 67.58 % y carga patógena 90.47 %, sin embargo, en el caso de coliformes no existe diferencia significativa en los grupos estudiados. En consecuencia, la remoción del lastre biológico en los reactores resulto ser eficientes con respecto a la carga patógena.

Palabras claves: Aguas residuales, ciliados, DBO, coliformes totales, coliformes termotolerantes.



ABSTRACT

“The objective of the research was to evaluate the effect on the organic and pathogenic load of domestic wastewater that is efficiently influenced by the intervention of ciliates under laboratory conditions”. The samples under study were taken from the wastewater of the Torococha River in Juliaca. Two groups were formed: control and experimental, where *Paramecium.sp* ciliates were inoculated for 8 days in 9 reactors and in the environmental quality laboratory of the University. Biochemical oxygen demand, total coliforms, thermotolerant coliforms were evaluated at the beginning, after 5 days and 8 days. From the results obtained, it was concluded that the concentrations of the initial organic and pathogenic load do not comply with current regulations and from the fifth day onwards the values begin to decrease noticeably. The efficiency of ciliates in removing organic load is 67.58% and pathogenic load 90.47%, however, in the case of coliforms there is no significant difference in the groups studied. Consequently, the removal of the organic load in the reactors turned out to be efficient with respect to the pathogenic load.

Keywords: Wastewater, ciliates, BOD, total coliforms, thermotolerant coliforms.



INTRODUCCIÓN

Un tratamiento efectivo de las aguas residuales domésticas es fundamental para “proteger la salud pública y conservar la integridad de los ecosistemas acuáticos”. En este sentido, la presencia de organismos ciliados en los “sistemas de tratamiento de aguas negras” se ha convertido en un campo de investigación importante, ya que su actuación puede influir considerablemente en la reducción del lastre biológico y patógena de estas aguas.

En el presente estudio, nos enfocamos en investigar el efecto de la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio, específicamente en el entorno de Juliaca durante el año 2021 Juliaca, como área geográfica de interés, presenta desafíos particulares en términos de “tratamiento de aguas residuales”, y comprender el papel de los ciliados en este contexto puede tener aplicaciones prácticas significativas.

El objetivo central de este estudio es llevar a cabo un análisis cómo la presencia y actividad de ciliados afectan la carga orgánica y la presencia de patógenos en fluidos remanentes domésticas. Esta investigación se realiza en un entorno controlado de laboratorio para proporcionar resultados precisos y reproducibles, permitiendo así una evaluación más precisa de la eficacia de la intervención de ciliados en comparación con métodos convencionales de “tratamiento de aguas residuales”.

Al abordar esta investigación, no solo buscamos contribuir al cuerpo existente de conocimiento en el campo del tratamiento de aguas residuales, sino también proporcionar información valiosa que pueda ser utilizada para mejorar las



prácticas actuales de gestión del fluido remanente en Juliaca y, por extensión, en otras regiones con desafíos similares.

Este estudio se estructura en secciones que abarcan desde la revisión de la literatura actual hasta la metodología empleada en nuestro experimento, los resultados obtenidos y las posibles implicaciones de estos hallazgos. Con este enfoque integral, esperamos arrojar luz acerca de la relevancia de los “ciliados en el tratamiento de aguas residuales doméstica” y fomentar discusiones que conduzcan a mejoras prácticas y políticas en el manejo de aguas servidas en la región.

El río Torococha, ubicado en la ciudad de Juliaca y nominado por la Autoridad Nacional del Agua como parte de la cuenca del río Coata, desempeña un papel crucial en el sistema hídrico de la región, siendo este último un afluente directo del lago Titicaca. Dada su importancia, la carencia de investigaciones específicas sobre la calidad del agua en este contexto ha motivado la necesidad de realizar un estudio integral, centrándonos en la propuesta de mejorar la depuración de los fluidos remanentes.

En el presente trabajo, nos enfocamos en la intervención de protistas en dos condiciones distintas de laboratorio: un medio aireado y otro sin aireación. La elección de los protistas como agentes depuradores “se fundamenta en la necesidad de investigar” soluciones biológicas efectivas y sostenibles para mitigar la carga orgánica y mejorar “la calidad del agua en el río Torococha y, por extensión, en la cuenca del río Coata”.

La medición de la “Demanda Bioquímica de Oxígeno. (DBO₅)” emerge como una herramienta fundamental en nuestra investigación. La DBO₅ se ha establecido como un indicador clave para determinar la “cantidad de materia orgánica en el



agua, evaluando la cantidad de oxígeno requerida para la depuración". En este contexto, la relación directa entre la DBO_5 y la carga orgánica degradable destaca la relevancia de este parámetro como indicador de la salud del agua.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

A nivel mundial, “el vertido no tratado de aguas residuales al medio ambiente es una preocupación importante, ya que impacta negativamente la calidad del agua en ríos y lagos” y, en última instancia, contribuyendo a la contaminación oceánica. Esta problemática, a menudo resultado de la falta de infraestructuras de tratamiento en diversas regiones y prácticas inadecuadas de gestión de residuos, conlleva riesgos para la salud humana, daña los ecosistemas acuáticos y amplía la amenaza de zonas muertas en los océanos. Abordar este desafío global demanda esfuerzos colectivos para mejorar las infraestructuras, implementar prácticas sostenibles y fomentar la concienciación pública, asegurando así la disponibilidad y calidad del agua para las generaciones presentes y futuras (FAO, 2017). “El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)” es la entidad gubernamental encargada de la generación, coordinación y difusión de información estadística oficial en el Perú. “Su función su objetivo principal es ofrecer datos fiables y actualizados que respalden la toma de decisiones en ámbitos gubernamentales, empresariales y sociales” (INEI, 2020). En el año 2016, se observó un aumento considerable del 59.7 % en las emisiones de aguas residuales en comparación con el año anterior,



según datos proporcionados por el “Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento”. Este incremento significativo en las descargas de aguas residuales plantea una preocupación sustancial desde una perspectiva ambiental y de gestión del agua. Los resultados indican un desafío creciente en el mantenimiento de la “calidad del agua”, resaltando la necesidad de intervenciones efectivas en el “sector de saneamiento para reducir los efectos adversos en los recursos hídricos” y garantizar la sostenibilidad ambiental a largo plazo. Este fenómeno, subrayado por la autoridad competente, subraya la urgencia de implementar medidas preventivas y correctivas para abordar la creciente carga de “contaminantes en las descargas de aguas residuales” y salvaguardar la integridad de los ecosistemas acuáticos y la salud pública (MVCS, 2017). “Esta situación se complica por la inadecuada gestión de las aguas residuales en la mayoría de los municipios, según lo señalado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental” (OEFA). La carencia de un manejo adecuado de las aguas residuales resulta en impactos significativos en los cuerpos de agua, generando consecuencias ambientales adversas. Este panorama resalta la necesidad urgente de mejorar la eficiencia de las PTARs, así como de implementar medidas efectivas a nivel municipal para garantizar una gestión responsable de las aguas residuales y prevenir los impactos negativos en los recursos hídricos y el medio ambiente, conforme a las directrices establecidas por el OEFA (OEFA, 2014a).

Los cuerpos acuáticos, ya sean naturales o artificiales, enfrentan una considerable exposición a la recepción de aguas contaminadas, ya sea con o sin tratamiento previo. Este fenómeno conlleva a un deterioro sustancial en la calidad del agua, limitando “su capacidad como fuente confiable de suministro para distintas actividades humanas”. Las aguas residuales, al contener tanto



componentes orgánicos como inorgánicos, representan “un riesgo considerable para la salud pública y el entorno” cuando no son sometidas a un tratamiento adecuado. “La ausencia de un tratamiento adecuado de estas aguas residuales favorece la propagación” de contaminantes, comprometiendo la integridad de los cuerpos de agua y subrayando la urgencia de implementar medidas efectivas para preservar “la calidad del agua y reducir los riesgos asociados a la salud humana” como para los ecosistemas acuáticos (SUNASS, 2016). Adicionalmente, una cantidad considerable de residuos generados en la ciudad de Juliaca es transportada al vertedero municipal de Chilla, que se encuentra a una distancia inferior a 150 metros del área urbana. Este vertedero, con una extensión aproximada de 7.9 hectáreas, enfrenta problemas significativos durante el periodo de lluvias, experimentando inundaciones que generan lixiviados. Estos lixiviados, una fracción de los cuales se dirige “directamente hacia el río Torococha”, mientras que otra parte se infiltra en el suelo, representan una fuente potencial de contaminación. La proximidad del vertedero a zonas urbanas y su vulnerabilidad a inundaciones subrayan la urgencia de abordar adecuadamente la gestión de residuos en la región para prevenir impactos negativos en la “calidad del agua y salvaguardar la salud de los ecosistemas acuáticos y la comunidad en General” (Ocola & Laqui, 2017).

La evaluación de las características “físicas y químicas del agua en el río Torococha muestra que, en gran medida de las variables monitoreadas”, no se alcanzan los estándares establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) en términos de calidad del agua. Este análisis indica que el río presenta deficiencias notables en diversas propiedades, lo que sugiere la presencia de contaminantes que podrían comprometer la salud del ecosistema acuático. Es imperativo abordar



estas preocupaciones y realizar acciones correctivas para garantizar el “cumplimiento de los estándares de calidad del agua y la preservación de la integridad del río Torococha” (Coaquira, 2017).

Las aguas residuales representan un desafío ambiental significativo en muchos países, ya que su descarga irresponsable conlleva una contaminación indiscriminada de diversos ecosistemas. Este problema se agrava al afectar negativamente la calidad del agua en ríos, lagos y mares, “comprometiendo la salud de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad relacionada. La presencia de contaminantes en las aguas residuales, como nutrientes en exceso, productos químicos y patógenos, representa amenazas significativas para la vida acuática y, en última instancia, para la salud humana”. La gestión ineficiente de las aguas residuales no solo impacta los recursos hídricos, sino que también contribuye a la degradación general del medio ambiente. “Para enfrentar este problema, es crucial llevar a cabo medidas efectivas para el tratamiento de aguas residuales, fomentar prácticas de gestión sostenible y sensibilizar sobre la importancia de mantener la calidad del agua para las generaciones actuales y futuras”.

En Perú, la responsabilidad del saneamiento de aguas residuales recae principalmente en los gobiernos municipales. Sin embargo, una revisión del estudio realizado por la SUNASS en 2015 revela una situación preocupante: aproximadamente el 70 % de las aguas residuales carecen de cualquier “tipo de tratamiento. Además, de las 143 plantas de tratamiento de aguas residuales en el país, únicamente el 14 % cumple con las normativas actuales que aseguran su correcto funcionamiento”. Este panorama evidencia la necesidad apremiante de mejorar las infraestructuras y los procesos de “tratamiento de aguas residuales”, así como de fortalecer las regulaciones y la supervisión para asegurar un manejo



eficiente y ambientalmente sostenible de las aguas residuales en el ámbito municipal en Perú (SUNASS, 2015).

Las aguas residuales, según *Arheimer*, pueden generar fenómenos de eutrofización debido a concentraciones relativamente elevadas de nitrógeno y fósforo. Este proceso se manifiesta visualmente con un “color verde en el agua, causado por el crecimiento desmedido de microalgas, algunas de las cuales generan toxinas perjudiciales para la vida acuática, incluyendo la ictiofauna, así como para los seres humanos”. Además de este efecto, se observan otros impactos como la disminución de la concentración de oxígeno, el aumento en la alcalinidad del agua, la presencia de sedimentos con carga orgánica elevada y alteraciones en el color y olor del agua. Este conjunto de efectos “subraya la importancia de abordar de forma integral la gestión de las aguas residuales para evitar la eutrofización” y sus consecuencias negativas en los ecosistemas acuáticos y la salud pública (Arheimer & Wittgren, 2002).

Los humedales naturales emergen como sistemas altamente eficaces en la eliminación de bacterias patógenas presentes en las aguas residuales, al mismo tiempo que proporcionan un entorno visualmente agradable. Estos humedales constituyen reservorios con condiciones óptimas para el desarrollo de la vida acuática. Su capacidad natural para purificar las aguas residuales, combinada con su atractivo estético, destaca la importancia de considerar y preservar estos ecosistemas como herramientas valiosas en la gestión sostenible del agua y la conservación de la biodiversidad acuática (Luna-Pabello & Miranda-ríos, 2001).

La implementación del sistema de humedales de flujo subsuperficial busca aportar a la preservación ambiental, alineándose con los “17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas”. Estos ODS



abordan los desafíos más significativos a nivel global de manera integral y transversal, con una perspectiva orientada hacia el año 2030. Este enfoque refleja el compromiso de contribuir al bienestar del medio ambiente mediante la aplicación de tecnologías sostenibles, en consonancia con las metas y aspiraciones delineadas en la agenda de desarrollo sostenible (Gutiérrez Velásquez et al., 2022).

En la actualidad, la sociedad enfrenta la crisis más significativa de su historia “debido a la contaminación del aire, el suelo y el agua. El término 'aguas residuales' hace referencia a la mezcla de líquidos que contienen desechos generados por hogares, instituciones públicas, así como por plantas industriales y comerciales”. La acumulación y estancamiento de estas aguas, junto con la descomposición de la materia orgánica que contienen, pueden generar grandes cantidades de gases con olores desagradables. A este problema se suma la presencia frecuente de numerosos microorganismos patógenos que pueden causar “enfermedades de salud pública ocasionadas por la contaminación cruzada de los recursos hídricos” (Córdova Mendoza et al., 2021).

Un parámetro crucial, vinculado directamente “con la salud pública, es la concentración de bacterias coliformes en el efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales”. Este parámetro, al superar los límites establecidos por la norma DS 004-2017 “para cuerpos de agua destinados a actividades recreativas” “(200 coliformes fecales, número más probable por 100 mililitros de muestra de agua analizada), constituye un riesgo considerable para la salud humana”. Esta situación aumenta la probabilidad de provocar enfermedades gastrointestinales, subrayando la necesidad de abordar eficazmente la gestión y “tratamiento de aguas residuales para asegurar la protección de los cuerpos de agua” destinados a



actividades recreativas y la protección de la salud pública (Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, 2015).

Por lo descrito anteriormente, se plantea las siguientes interrogantes:

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1.1. Problema general

¿De qué manera afecta la carga orgánica y patógena en las aguas residuales domesticas con la intervención de los ciliados en condiciones de laboratorio en la ciudad de Juliaca?

1.1.2. Problemas específicos

P.E.1. ¿"En qué condiciones se encuentra la concentración inicial de la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domesticas del rio Torococha"?

P.E.2. ¿Cómo afecta la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en la variación de la carga orgánica de las aguas residuales domesticas en Juliaca?

P.E.3. ¿Cómo afecta la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en los coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales domesticas en Juliaca?

P.E.4. ¿En qué medida la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye significativamente en el lastre biológico y patógena en las aguas residuales domesticas en Juliaca?

Esta investigación tuvo los siguientes objetivos:



1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general.

“Evaluar el efecto en la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domesticas que es influenciado por la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio Juliaca”.

1.2.2. Objetivos específicos:

O.E.1. Evaluar la concentración inicial de la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domesticas del rio Torococha.

O.E.2. Determinar el efecto de la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en la variación de la carga orgánica de las aguas residuales domesticas en Juliaca.

O.E.3. Determinar el efecto de la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en la variación de coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales domesticas en Juliaca.

P.E.4. “Verificar que la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye significativamente en la carga orgánica y patógena en las aguas residuales domesticas en Juliaca”.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

1.3.1. “Justificación”

En la contemporaneidad, tres fenómenos sociológicos inciden notablemente en la salud del agua. Estos son el explosivo crecimiento demográfico, la marcada tendencia hacia la concentración poblacional en grandes urbes y la rápida industrialización. Estos tres factores contribuyen significativamente al aumento considerable del consumo de agua y al



incremento de los desechos sólidos, generando una escasez crítica de agua y deteriorando la calidad de este recurso debido a la contaminación. Según “los censos llevados a cabo por el Instituto Nacional de Estadística e Informática” (INEI) entre 2007 y 2017, se observa un aumento notorio en la población urbana. En la provincia de San Román”, por ejemplo, la “población pasó de 201,904 personas en 2007 a 278,532 habitantes en 2017, representando un crecimiento demográfico urbano del 90.6%. Estos datos resaltan “la necesidad de enfrentar de manera integral los desafíos” asociados con la presión demográfica, la urbanización y la industrialización para garantizar una gestión sostenible del agua y preservar la calidad de este recurso vital (INEI, 2017).

El diagnóstico efectuado por la “Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento” (SUNASS) revela que la mayor proporción “del caudal total de vertidos de aguas residuales municipales, el efluente de las lagunas de oxidación en Juliaca representa 255 litros por segundo, lo que equivale al 87% del total medido”. “Estas aguas son dirigidas al sistema de lagunas de oxidación, que se estableció en 1982 en una superficie de 33 hectáreas, con una capacidad de diseño de 100 a 120 litros por segundo”. Esta capacidad se ha visto ampliamente rebasada, y su eficacia actual para la eliminación de “Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)” no supera el 50%, consolidándose como la principal fuente de contaminación para el río Coata (SUNASS, 2016).

De igual manera, la “Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento” (EPS) Seda Juliaca no supervisa la descarga de efluentes industriales, lo que inevitablemente altera las características de las aguas



residuales en diversos parámetros, incluida la concentración de carga orgánica. A pesar de los procesos implementados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), las aguas tratadas aún exhiben valores por encima de los límites normativos. Estos efluentes ingresan a los humedales naturales del río Torococha, cuyas plantas desempeñan un papel crucial; "las raíces y rizomas no solo proporcionan un soporte pasivo para los microorganismos, sino que también crean ambientes favorables para el desarrollo de biomoléculas, promoviendo el crecimiento de bacterias, protistas y algas microscópicas" en sus proximidades (Martínez Gonzales, 2016). Adicionalmente, estas plantas desempeñan un papel fundamental como amortiguadores de las variaciones ambientales, como la intensidad de la luz que incide en el entorno. Esto previene la aparición de grandes gradientes de temperatura en profundidades, los cuales podrían afectar el proceso de depuración. Asimismo, ofrecen protección contra la congelación, especialmente en climas tan cambiantes como los que caracterizan a Juliaca (Díaz et al., 2012).

1.3.2. Importancia

La investigación reviste "una importancia crucial en el ámbito de la gestión del agua y la salud pública". En primer lugar, aborda un tema crítico como lo es la "contaminación de las aguas residuales domésticas, un problema global que impacta la calidad del agua" y "tiene implicaciones directas en la salud humana y el medio ambiente".

La intervención de ciliados en el "tratamiento de aguas" servidas es un enfoque innovador que merece una atención especial. Los ciliados son microorganismos que desempeñan un papel crucial en la depuración del



agua al “alimentarse de bacterias” y otros microorganismos presentes en las aguas residuales. Entender cómo esta intervención impacta la carga orgánica y patógena puede tener implicaciones significativas “para desarrollar sistemas de tratamiento más eficaces y sostenibles”.

Además, el hecho de llevar a cabo la investigación en Juliaca, específicamente en condiciones de laboratorio, permite adaptar los hallazgos a un contexto local y “ofrece información valiosa para la toma de decisiones a nivel comunitario y gubernamental”. “La investigación no solo enriquece el conocimiento científico, sino que también proporciona perspectivas prácticas para abordar los desafíos específicos que enfrenta la gestión del agua en la región”.

Por lo tanto, esta investigación se destaca por su relevancia en la búsqueda de soluciones innovadoras y eficaces para el tratamiento de aguas fecales domésticas, ofreciendo un aporte valioso tanto a la comunidad científica como a los responsables de la toma de decisiones en el ámbito local y regional.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

“El efecto en la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domésticas es influenciado eficientemente por la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio Juliaca”.

1.4.2. Hipótesis específicas

H.E.1. “La concentración inicial de la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domésticas del río Torococha se encuentran por encima de los parámetros normativos”.



H.E.2. “Los ciliados con aireación y sin aireación influyen en la variación de la carga orgánica de las aguas residuales domesticas de Juliaca”.

H.E.3. “Los ciliados con aireación y sin aireación influyen en la variación de coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales domesticas de Juliaca”

H.E.4. “La intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye significativamente en la carga orgánica y patógena en las aguas residuales domesticas en Juliaca”.

1.5. VARIABLES.

Variable dependiente: Condición de ciliados oxigenados y no oxigenados.

Variable Independiente: Efecto de la carga orgánica y patógena



1.5.1. "Operacionalización de las variables#

"Variables"	"Dimensiones"	"Indicadores"
VI Intervención de ciliados en condiciones de laboratorio	D1.1: Grupo control	Muestra sin <i>Paramecium.sp</i>
	D1.2: Grupo de ciliados sin aireación	Muestra con <i>Paramecium.sp</i> sin aire
	D1.3: Grupo de ciliados con aireación	Muestra con <i>Paramecium.sp</i> con aire
VD Carga orgánica y patógena	D2.1: Carga orgánica	Evaluación de inicio y final:
	D2.2: Carga patógena	<ul style="list-style-type: none">• Potencial de Hidrogeno• Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)• Coliformes termotolerantes• Coliformes totales



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Los “países más desarrollados procesan el 70 % de sus aguas residuales, mientras que esta cifra desciende al 38 % en naciones de ingresos medio-altos y al 28 % en aquellas de ingresos medio-bajos”. En los países en desarrollo, el porcentaje de tratamiento es alarmantemente bajo, alcanzando solo el 8 % de las aguas residuales municipales e industriales, lo que deja a las comunidades expuestas a aguas sin tratar debido a la falta de servicios básicos de saneamiento”. “Estas cifras son consistentes con las estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que indica que más del 80 % de las aguas residuales se vierten al medio ambiente sin recibir un tratamiento adecuado”. “El incremento en la descarga de aguas residuales no tratadas está intensificando la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas”(FAO, 2017).

El estudio realizado por *Al-shahwani* y *Horan* en 1991, titulado "El uso de protozoos para indicar cambios en el rendimiento de las plantas de lodos activados", concluyó que la composición específica de la población de protozoos



está directamente vinculada a factores ambientales predominantes y a las condiciones operativas de la “planta de tratamiento”. Además, los resultados indicaron que estos factores también ejercen influencia sobre la calidad del efluente final y las condiciones operativas, gracias a la estructura de la comunidad de protozoos, como se reveló mediante análisis de regresión múltiple. Estos hallazgos destacan la importancia de comprender y monitorear la población de protozoos en plantas de tratamiento de lodos activados, ya que su distribución y estructura son indicadores cruciales para evaluar el rendimiento y la eficacia de dichas instalaciones (Arheimer & Wittgren, 2002).

Los investigadores *Pulgagut et al.*, en su estudio titulado "¿Las comunidades de protozoos ciliados están afectadas por especies de macrófitas, fecha de muestreo y ubicación en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial?", concluyeron, a través de sus resultados, que la presencia de macrófitas, la ubicación específica y la fecha de muestreo ejercieron influencia significativa en la dinámica de las comunidades de ciliados. Este hallazgo subraya la interrelación compleja entre factores como la vegetación acuática, la temporalidad y la ubicación geográfica, y cómo estos elementos impactan la composición y la variabilidad de los protozoos ciliados en “humedales artificiales de flujo horizontal sub-superficial”. Estos resultados contribuyen al entendimiento de la ecología de estos microorganismos en entornos acuáticos específicos, proporcionando información valiosa para la gestión y conservación de estos ecosistemas (Puigagut et al., 2012).

Se realizó una investigación titulada contribución de ciliados a la biodegradación: ensayos de laboratorio con cultivos axenicos de *Tetrahymena thermophyla*, con el principal objetivo de demostrar y establecer el papel de los ciliados en la formación de agregados biológicos y la “importancia de este proceso



en el tratamiento biológico de aguas residuales”, utilizando cultivo axenicos y a medida que avanzaba el experimento se observaban muestras bajo un microscopio estereoscópico y la suma de perlas de látex a los cultivos revelaron la “participación activa de los ciliados en el proceso de floculación”, llegando a la conclusión, la agregación de partículas se observa cultivos axenicos de *T. Thermophila* (ciliado) expuestos a sustancias químicas o estímulos mecánicos, estos ciliados se componen principalmente de carbohidratos y ácidos nucleicos, que están conformando una matriz involucrados en la adhesión de agregados. La contribución de ciliados en la biodegradación puede aumentar la eficacia en el tratamiento de depuración de aguas (Arregui L, Serrano S, Linares M, Pérez-Uz B, 2007).

Se llevó a cabo un estudio cuantitativo de la microfauna protozoaria en plantas de lodos durante un año, bajo el título "Análisis comparativo de la microfauna de lodos activados en varias obras de depuración de aguas residuales". Este estudio comparativo evaluó la ocurrencia y abundancia de protozoos clave, revelando una conexión clara entre ciertas especies y los factores ambientales predominantes, así como las condiciones específicas de la planta de tratamiento. Se identificó una correlación significativa entre la presencia de algunas especies protozoarias y variables como las condiciones nitrificantes, la carga de lodos, los bajos niveles de oxígeno disuelto en el tanque de aireación y “los valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)” en el efluente final. Estos resultados subrayan la influencia directa de diversos factores ambientales y operativos en la dinámica de la microfauna protozoaria en plantas de lodos activados, brindando información esencial “para facilitar la comprensión y optimización de la eficacia en los sistemas de tratamiento de aguas residuales” (Madoni et al., 1993).



Se llevó a cabo un estudio titulado "El impacto de la *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) en las poblaciones de protozoos ciliados de fluidos remanentes municipales". Basándose en la hipótesis de que los protozoos bacterívoros podrían desempeñar un papel en la eliminación de bacterias en sistemas acuáticos, se examinaron los cambios en las poblaciones de protozoos ciliados influenciados por el cocultivo de EHEC como fuente de alimento. Se observaron diferencias significativas entre las poblaciones de protozoos ciliados bajo el influjo de diferentes cepas de *E. coli*, y las especies predominantemente identificadas fueron *P. teres* y la *Vorticela fusca*. Este estudio aporta información valiosa sobre las variaciones en las poblaciones de protozoos ciliados inducidas por distintas cepas de *E. coli* en "plantas de tratamiento de aguas residuales", ofreciendo una perspectiva útil para la prevención y detección de brotes de *E. coli* en estos entornos (Li et al., 2015).

Mediante la investigación titulada " La capacidad indicadora de diversos grupos de protozoos y metazoos en sistemas de tratamiento de fangos activados se relaciona con su modo de alimentación y su interacción con el flóculo. ", cuyo propósito fue evaluar la información proporcionada por los grandes grupos de macrofauna "se empleó la DBO₅ para evaluar las comunidades de fangos activos como indicadores de la calidad del agua tratada" como parámetro indicador clave del efluente. Se observó una relación logarítmica entre la DBO₅ y la concentración de protozoos y metazoos, indicando que un pequeño descenso en la DBO₅ requiere un aumento exponencial en la población de ciliados (Salvado et al., 1997).

Continúa *Salvado*, que es relevante destacar que la ausencia de dos grupos de organismos, "el grupo de ciliados totales y los ciliados bacteriófagos sésiles", se asoció con niveles elevados de DBO₅. Estos ciliados desempeñan un papel crucial

en la clarificación del efluente al alimentarse de bacterias dispersas, corroborando la observación de Curds et al. (1968), según lo citado por el autor. La ausencia de cilios bacteriófagos sésiles, en particular, se vincula con niveles elevados de DBO_5 , subrayando su papel fundamental en la eficacia del tratamiento. Estos resultados proporcionan una perspectiva valiosa sobre la dinámica “de los organismos en sistemas de lodos activados y su influencia directa en la calidad del efluente final” (Salvado et al., 1997).

En 2011, “el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), junto con la empresa SEDA-Juliaca, realizó el estudio “Impacto de la ciudad de Juliaca y del efluente de las lagunas de SEDA-Juliaca en los ríos Torococha-Coata”, como parte del Proyecto PNUMA-Titicaca”. “Este estudio tuvo como objetivo principal analizar las cargas contaminantes de las aguas residuales que llegan a los ríos Torococha y Coata, así como evaluar el impacto en la calidad del agua del río Coata después de su confluencia con el Torococha”. “Otro objetivo fue estimar la aportación de la carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) desde la bahía Mayor de Puno hacia el lago Titicaca mediante el río Coata”. “Se llevaron a cabo tres monitoreos en total: dos en 2010, en los meses de abril y agosto, y uno en mayo de 2011. El análisis se realizó utilizando los datos obtenidos en abril de 2010, cuyos resultados se detallan en la tabla a continuación”:

Tabla 1:

“Cálculo de las cargas de DBO_5 desde la confluencia de los ríos Torococha y Coata, basado en los datos de abril de 2010”

“Puntos de monitoreo”	“Q (m^3/s)”	“ DBO_5 (mg/l)”	“Kg DBO_5/d ”
“Coata antes Torococha”	18	3.2	4 977
“Ciudad de Juliaca, entrada al Torococha”	0.032	74	205
“Efluente sistemas de lagunas de oxidación de SEDA Juliaca”	0.25	120	2 592
“Subtotal”		197.2	7 774

Fuente: Elaboración propia.



En los lodos, se desarrollan bacterias que desempeñan un papel crucial durante la oxidación de “la materia orgánica presente en las aguas residuales contribuye de manera importante a su eliminación significativa en los procesos de tratamiento”. El enfoque adoptado implicó la acumulación estratégica de estos microorganismos, logrando concentraciones suficientes para metabolizar eficientemente “la materia orgánica presente en las aguas residuales” en un período breve. Este proceso resultó en una marcada reducción en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), revelando que la clave radicaba en la capacidad de concentrar los microorganismos descomponedores “para lograr una degradación efectiva de la materia orgánica” en un lapso de tiempo reducido (Orozco Gaviria et al., 2014).

La investigación experimental sobre micrófitas flotantes en el “tratamiento de aguas residuales” concluyó que existe un amplio espectro de aplicaciones documentadas en la literatura que respaldan el uso de micrófitas flotantes como “sistemas naturales para el tratamiento de aguas residuales”. La mayoría de estas aplicaciones han demostrado eficiencias de remoción notablemente elevadas para todos los componentes presentes en las “aguas residuales, destacando el jacinto de agua como la especie más utilizada en este contexto”. Estos hallazgos subrayan la eficacia de las micrófitas flotantes, especialmente la especie mencionada, en el “tratamiento efectivo de diversos constituyentes de las aguas residuales” (Martelo & Lara Borrero, 2012).

La monografía de *Candela* concluye que el empleo de “las microalgas, como Cyanophyta y Synechocystis, han demostrado ser muy efectivas en el tratamiento de aguas residuales urbanas, especialmente en la remoción de nutrientes” y la reducción de parámetros como “los sólidos suspendidos totales (SST), la demanda



química de oxígeno (DQO) y el nitrógeno". No obstante, en el caso del fósforo, esta eficacia no es tan evidente. Se destaca que *Cyanophyta* y *Synechocystis* no logran eliminar por completo "no se encuentran ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos ni fosfatos orgánicos. Además, las microalgas muestran eficacia en el tratamiento de aguas residuales cuando se utilizan en condiciones anaerobias", aunque se señala que este proceso conlleva un aumento en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) por parte de las microalgas (Candela, 2016).

Se llevó a cabo una investigación en Panamá que evaluó el rendimiento y la eficacia de un "sistema de lodos activados en un entorno de laboratorio", utilizando datos recopilados durante tres meses. "Los resultados mostraron una reducción del 54% en la Demanda Química de Oxígeno (DQO)", un 70% de sólidos suspendidos y un 83% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), lo que confirma su idoneidad para la "disminución de la carga orgánica en el tratamiento de aguas residuales" (Alpírez et al., 2017).

En estudios realizados a "escala de laboratorio en Lima dedicada al tratamiento de aguas residuales" con lodos activados, se identificaron un total de 15 especies, incluyendo "2 protozoarios ciliados fijos, 2 protozoarios ciliados nadadores, 2 protozoarios flagelados, 3 rotíferos, 1 copépodo, 1 nematodo, 3 rhizopodos y 1 ostrácoda". "Estas especies son esenciales para la descomposición de materia orgánica, y su presencia y cantidad son indicadores clave del grado de tratamiento alcanzado por los lodos activados durante el proceso de depuración" (Méndez et al., 2004).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Aguas residuales domesticas



“Las aguas residuales domésticas” se refieren al conjunto de efluentes líquidos generados en los hogares y áreas residenciales, que resultan de actividades cotidianas como el lavado, la cocina, el baño y otras funciones domésticas. Estas aguas suelen contener una variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos, incluyendo restos de alimentos, productos de limpieza, detergentes, materia fecal, y otros desechos domésticos. La gestión adecuada “del tratamiento de las aguas residuales domésticas es crucial para evitar la contaminación ambiental” y “salvaguardar la salud pública, ya que su descarga sin tratamiento adecuado puede contribuir a la proliferación de enfermedades y afectar la calidad de los recursos hídricos” (Valencia, 2013).

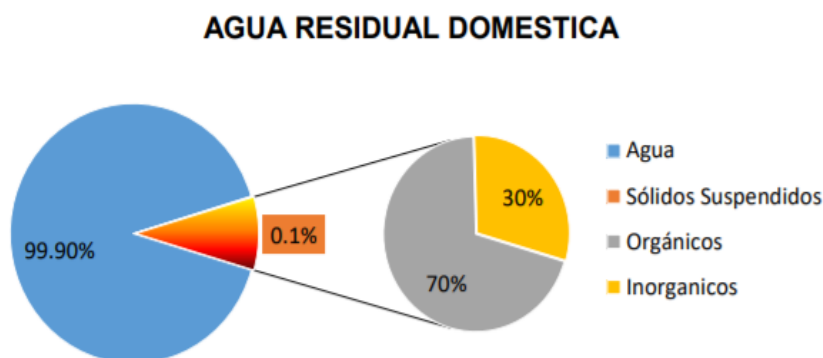
2.2.2. Composición de las aguas residuales

“Las aguas residuales” se definen como aquellas cuyas propiedades naturales experimentan alteraciones debido a las actividades humanas, requiriendo “es fundamental aplicar un tratamiento previo a las aguas residuales antes de su reutilización o vertido en cuerpos de agua naturales”. Se clasifican en varios tipos, entre ellos, aguas residuales industriales, municipales y domésticas. En el caso específico de las aguas residuales domésticas provienen de entornos residenciales y comerciales, y se caracterizan por contener desechos líquidos con una alta concentración de materia orgánica”. La gestión adecuada de estas aguas es esencial para mitigar su impacto ambiental y garantizar su disposición segura (OEFA, 2014b).

En cuanto a la composición de las aguas residuales, es crucial considerar las variaciones significativas que pueden ocurrir en las plantas de

tratamiento, dependiendo de factores como “la magnitud del sistema, la naturaleza de las aguas residuales y las propiedades de los colectores”. Las cargas orgánicas diarias se estiman utilizando datos horarios. Las aguas residuales domésticas, mayormente compuestas por agua en un “99.9% de las aguas residuales están compuestas por agua, mientras que el 0.1% restante corresponde a sólidos suspendidos, de los cuales el 70% son orgánicos y el 30% inorgánicos, como arenas, sales y metales. Esta fracción debe ser tratada en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales” (PTARs). La composición del agua residual varía según el uso y está influenciada por aspectos sociales, económicos, climáticos, culturales y del uso del suelo, entre otros (Noyola et al., 2015).

Figura 1: Composición del agua residual domestica



2.2.3. “Características de las Aguas Residuales”

Las propiedades de las aguas servidas de una localidad son variables y dependen de “factores como el consumo de agua potable, el tipo y sistema de saneamiento, así como la presencia de residuos industriales, entre otros, influyen significativamente en la calidad y manejo de las aguas residuales”. Es esencial tener en cuenta circunstancias específicas, como las



fluctuaciones diarias en el caudal, para comprender de manera integral la composición y las características de estas aguas (DISEPROSA, 2015).

2.2.3.1. "Características Químicas"

La exploración de esta propiedad se desarrolla en las secciones siguientes, las cuales se centran en "la composición orgánica, la cuantificación del contenido orgánico e inorgánico".

- a) "**Materia orgánica**". "Aproximadamente el 75% de los sólidos suspendidos y el 40% de los sólidos filtrables en aguas residuales de concentración media son de origen orgánico, provenientes tanto de fuentes animales como vegetales". "Las principales sustancias orgánicas en el agua residual incluyen proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%) y grasas y aceites (10%)". "También se encuentra urea, un componente clave de la orina. Las grasas animales y vegetales, compuestas por alcohol (glicerol) y ácidos grasos, ingresan al sistema en formas como mantequilla, manteca, margarina, aceites y grasas vegetales". "Estas partículas pueden obstaculizar el equilibrio biológico del agua, formando capas de materia flotante y acumulaciones indeseadas".
- b) "**Medida del contenido orgánico**". Las técnicas más comúnmente utilizadas para evaluar "las dos principales indicadores de la cantidad de materia orgánica en aguas residuales y superficiales son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO)2.
- "**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**". Es una medida crucial en la calidad del agua, evaluando "se refiere a la cantidad de

oxígeno que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica contenida en el agua”.

- “*Demanda química de oxígeno (DQO)*”. Representa una métrica esencial en “la evaluación de la calidad del agua se realiza midiendo la cantidad de oxígeno consumido en procesos químicos destinados a descomponer las sustancias orgánicas presentes en el agua” (Sanabria Perez, 2021).

2.2.3.2. Características Biológicas

Se procederá a la identificación de “los grupos primordiales de microorganismos biológicos y patógenos que se encuentran en las aguas fecales, así como aquellos que desempeñan funciones cruciales en los procesos de tratamiento biológico”.

- a) **Microorganismos**. Son entidades biológicas de dimensiones microscópicas, tales como bacterias, virus, hongos y protozoos, que desempeñan funciones vitales en diversos ecosistemas. Estos seres unicelulares o pluricelulares de tamaño diminuto son fundamentales “en los procesos biológicos, como la degradación de la materia orgánica, los microorganismos descomponen compuestos complejos en sustancias más simples”, la fijación de nitrógeno y otros ciclos biogeoquímicos. Además, algunos microorganismos pueden tener impactos significativos en la salud humana, ya que pueden actuar como patógenos. Es crucial entender su diversidad y funciones para abordar temas “relacionados con la salud ambiental y la gestión del tratamiento de aguas residuales, entre otros factores” (Obón de Castro, 2018).



- b) **“Organismos patógenos”**. “Los principales patógenos presentes en las aguas residuales incluyen bacterias, virus, protozoos y helmintos. Entre las bacterias excretadas por los humanos, se encuentran las causantes de enfermedades como fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, diarrea y cólera”. “Es fundamental tratar la presencia de estos patógenos en las aguas residuales para reducir los riesgos para la salud pública y asegurar la calidad del agua para su uso en diferentes aplicaciones” (Guerrón Cárdenas, 2016).
- c) **“Carga Orgánica”**. “Las aguas residuales contienen cantidades variables de materia orgánica y compuestos degradables, los cuales pueden ser evaluados mediante pruebas como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), junto con la presencia de sólidos”. “El análisis de estos componentes es crucial para entender y gestionar la calidad del agua residual, facilitando la aplicación de estrategias eficaces para su tratamiento y control ambiental” (Mora et al., 2017).

2.2.4. Microorganismos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales

La purificación y “depuración de las aguas residuales” involucran diversas operaciones unitarias, como sedimentación y filtración. Sin embargo, los procesos biológicos desempeñan un papel crucial en el tratamiento y son de suma importancia para comprender el funcionamiento eficiente del sistema. Es esencial profundizar en los mecanismos de los microorganismos, ya que son estos organismos los que desempeñan un papel clave en la descomposición de “compuestos orgánicos” y la mejora de



la calidad del agua residual durante el proceso de tratamiento. “Los microorganismos presentes en aguas residuales” requieren condiciones específicas para su existencia y actividad metabólica. A continuación, se detallan algunos de los factores clave que influyen en su desarrollo:

1. *Temperatura*: La mayoría de los microorganismos tienen rangos de temperatura óptimos para su crecimiento y actividad metabólica. Condiciones extremas de temperatura pueden afectar su viabilidad.
2. *Nutrientes*: “Los microorganismos requieren nutrientes como carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos esenciales para realizar sus funciones biológicas”.
3. *pH*: El pH del medio ambiente acuático es crucial. La mayoría de los microorganismos prosperan en un rango específico de acidez o alcalinidad, y desviaciones significativas pueden inhibir su actividad.
4. *Oxígeno*: La disponibilidad de oxígeno es esencial para muchos microorganismos, especialmente aquellos involucrados en procesos aeróbicos de “tratamiento de aguas residuales”. Sin embargo, algunos también pueden funcionar en ambientes anaeróbicos.
5. *Tiempo de Retención Hidráulica*: Este factor se refiere al tiempo que el agua negra pasa a través del sistema de tratamiento. Un tiempo de retención adecuado es esencial para permitir que los microorganismos realicen sus funciones de manera efectiva.
6. *Concentración de Sólidos*: La presencia de sólidos suspendidos y disueltos en el “agua residual” puede afectar la actividad microbiana. Altas concentraciones de sólidos pueden interferir con los procesos biológicos.



7. *Disponibilidad de Luz:* En el caso de organismos fotosintéticos, como algunas algas, la luz solar es un requisito esencial para su crecimiento.

Estos factores interrelacionados influyen en la capacidad de los microorganismos para desempeñar funciones específicas en el tratamiento de aguas residuales (Obón de Castro, 2018).

2.2.5. Elementos del tratamiento biológico

En la actualidad, los tratamientos biológicos de aguas servidas no se conciben ni practican “no como una sola operación, sino como un conjunto de procesos interrelacionados. Estos pueden variar en distribución espacial, ocurrir a distintas velocidades y ser ejecutados por masas biológicas con diversas estructuras”. Este enfoque integral reconoce la complejidad de los procesos biológicos involucrados en el “tratamiento de aguas residuales” y busca optimizar la eficiencia y efectividad de las operaciones mediante la consideración de múltiples variables y condiciones ambientales (Díaz Álvarez, 2013).

2.2.6. Identificación de Microorganismo

Según Devane, los protozoos “cumplen una función esencial en el tratamiento biológico de aguas residuales, al consumir bacterias libres y materia orgánica. Esta actividad depredadora ayuda a disminuir la carga orgánica y mejora la calidad del agua tratada”. La presencia y actividad de los protozoos son elementos significativos en el equilibrio biológico de los sistemas de tratamiento, destacando su importancia en la cadena trófica y su influencia en la eficiencia global de los procesos biológicos (Devane et al., 2019).



2.2.7. Ciliados

Los ciliados “desempeñan un papel crucial” en la degradación de algas, bacterias y otros protozoos ciliados y flagelados. Se destaca que la contribución de los protozoos es fundamental para la eliminación efectiva de “la materia orgánica en las aguas residuales”. Su función principal radica en el tratamiento, ya que su actividad degradadora impacta directamente en las bacterias suspendidas en el medio líquido, siendo un componente esencial en los procesos biológicos para mejorar la calidad del agua tratada (Tumwebaze et al., 2019).

Los protozoarios, especialmente los ciliados como *Opercularia*, *Vorticella* y *Epistylis*, desempeñan un papel crucial en el control del crecimiento bacteriano. Se destaca que la presencia de lombrices, gusanos e insectos contribuye a mantener una población bacteriana con un crecimiento equilibrado y una utilización eficiente del alimento. La importancia de los protozoos radica en su capacidad para actuar como bioindicadores del medio acuático, ofreciendo información directa sobre las condiciones de contaminación y “la situación actual de los procesos de tratamiento de aguas residuales” (Tolouei et al., 2019).

Es un protozoo que puede alcanzar dimensiones de hasta 4 mm de longitud; su denominación se deriva de la presencia notable de numerosos cilios en alguna fase de su ciclo vital. Este organismo cuenta con un citosoma, o boca, que se conecta a vacuolas digestivas, donde lleva a cabo la digestión y absorción de nutrientes, para posteriormente eliminar los residuos no digeridos a través del citopigio (Neyra & Yucra, 2017).



2.2.8. "El Río Torococha"

"El río Torococha, un arroyo natural que se origina en la parte alta de la microcuenca Chullunquiani, al noroeste de Juliaca, se extiende alrededor de 18 km". A lo largo de su trayecto, atraviesa la ciudad de Juliaca, donde recorre alrededor de 3 km en un canal cubierto. Posteriormente, fluye en un tramo a cielo abierto hasta llegar al puente de la avenida Circunvalación y continúa en dirección a la confluencia con el río Coata.

Este cauce fluvial ha servido como receptor de aguas residuales domésticas durante muchos años, siendo utilizado por los habitantes de la ciudad de Juliaca que viven en las proximidades de su curso. Se ha convertido en un cuerpo de agua altamente contaminado debido a la descarga clandestina de desechos líquidos domésticos, residuos sólidos y efluentes inadecuadamente tratados provenientes de las lagunas de oxidación de Juliaca. Esta contaminación "representa un riesgo para la salud de la población cercana" y se ha convertido en la principal fuente de contaminación del río Coata, especialmente por la presencia en "el río transporta diversos contaminantes, entre ellos nitrógeno y fósforo, que se acumulan y son finalmente descargados en el lago Titicaca".

En junio de 2015, "la Administración Local del Agua de Juliaca estableció que el caudal promedio del río Torococha es de 482 L/s, lo que equivale a 15,2 Hm³ por año". "Este caudal recorre una zona de aproximadamente 35 mil metros cuadrados de totorales densos (*Schoenoplectus tatora*), desde aguas abajo del puente Circunvalación hasta su desembocadura en el río Coata". Estos totorales cumplen la función de un "filtro biológico", contribuyendo parcialmente al "tratamiento de las



aguas servidas" transportadas por el río Torococha. No obstante, no logran eliminar nutrientes como nitrógeno y fósforo, lo que resulta en la "eutrofización de las aguas del río Coata", especialmente durante el periodo de estiaje. Esta situación impacta negativamente en las comunidades de Huata, Coata y "las comunidades rurales que dependen del río Coata para abastecerse de agua tanto para consumo humano como para el uso en la ganadería".

2.2.9. Humedales naturales.

Estos sitios terrestres se denominan humedales, y se caracterizan por estar inundados o saturados de agua durante períodos prolongados, lo que favorece el desarrollo de una vegetación adaptada a estas condiciones específicas. Ejemplos de humedales incluyen los juncales y carrizales, donde la flora y fauna han evolucionado para prosperar en entornos con presencia constante o estacional de agua. Estos ecosistemas "desempeñan un rol fundamental en la conservación del agua, la preservación de la biodiversidad y la regulación del ciclo hidrológico" (Gutiérrez Velásquez et al., 2022).

2.2.10. Protozoarios de depuradoras.

Las estaciones depuradoras cuentan con comunidades de microorganismos conocidas como lodo activado. En las piscinas clarificadoras, se observa la presencia abundante de pequeños conglomerados de bacterias y otras sustancias orgánicas, sobre los cuales regularmente se encuentran numerosos protozoos, particularmente los ciliados, que se nutren de bacterias y partículas. "Este grupo de microorganismos juega un papel fundamental en los procesos de



tratamiento biológico, ayudando a la remoción de materia orgánica y otras contaminantes presentes en las aguas residuales” (Solarte, Y.; Peña, M.; & Nadera, 2006).

Los protozoos desempeñan dos funciones esenciales en “el proceso de tratamiento biológico de aguas residuales, estos microorganismos ayudan, en primer lugar, a reducir el exceso de bacterias no floculadas, ya que se alimentan de las bacterias libres presentes en el agua o dispersas en el medio”. Además, estos microorganismos actúan como indicadores directos de la toxicidad, siendo sensibles a los efectos de sustancias tóxicas y variaciones en los niveles de oxígeno. Por lo tanto, su presencia y comportamiento se consideran indicadores clave del rendimiento y la salud de una planta de tratamiento de aguas. (Vilaseca Vallvè, 2001).

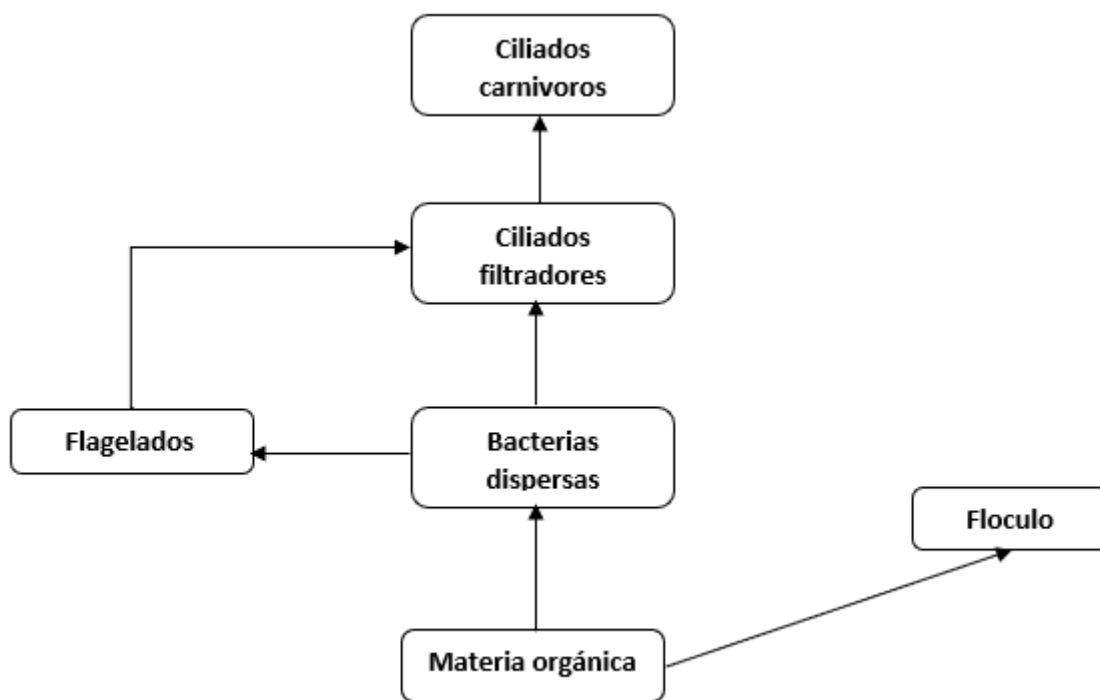
2.2.11. “Función de los protistas y metazoos en el tratamiento de aguas residuales”.

“La eliminación de contaminantes en el agua se lleva a cabo mediante la interacción y el metabolismo de diversos microorganismos involucrados en los procesos biológicos”. “La eficiencia de estos procesos depende de la capacidad de la comunidad microbiana para utilizar los compuestos presentes en las aguas residuales”. “Dado que no existe un solo organismo capaz de degradar todos los compuestos orgánicos en las aguas residuales, el proceso biológico se asemeja a un ecosistema complejo y diverso”. “Este ecosistema depende directamente del agua entrante, y su rendimiento se ve afectado por factores como la disponibilidad de oxígeno, el pH y las condiciones particulares del sistema” (Vilaseca Vallvè, 2001).

“Los sistemas biológicos de depuración incluyen una amplia variedad de organismos, tales como bacterias, protistas, metazoos, hongos, algas y organismos filamentosos”. “Aunque los hongos y las algas no suelen tener un papel decisivo en el proceso, los protistas, metazoos, bacterias y organismos filamentosos son los principales responsables de asegurar una depuración efectiva del agua residual en el tratamiento biológico”.

“Cada una de estas poblaciones cumple una función específica dentro del proceso, y en conjunto, forman la comunidad biológica única que caracteriza al sistema de depuración”.

Figura 2: “Cadena trófica en el proceso de fangos activados”



Nota: (adaptación de Madoni, 2003) (citado por Martínez, 2016)

Los *Paramecium sp.* desempeñan un papel crucial como productores primarios, siendo de gran importancia debido a su posición intermedia entre

los niveles tróficos. Esta relevancia se fundamenta en tres razones fundamentales:(Campoverde, 2017)

- Se alimentan directamente de la “materia orgánica presente en su entorno”.
- Facilitan la formación de agregados de materia, o flóculos, mediante la secreción de sustancias mucilaginosas.
- Actúan como el principal depredador de las bacterias que proliferan en su hábitat.

2.2.12. Alimentación de ciliados con células de levaduras.

En su entorno natural, los paramecios se nutren principalmente de bacterias, aunque ocasionalmente pueden consumir otros organismos unicelulares. En contextos experimentales, se les puede alimentar con células de levadura. Los ciliados mueven las células de levadura de manera similar a las partículas de alimentos habituales a través del peristoma, y mediante la fagocitosis, forman una vacuola digestiva detrás del citostoma (Morales, 2014).

“A diferencia de las bacterias, los protozoos tienen un tamaño mayor y se alimentan tanto de la materia orgánica como de las bacterias presentes en los efluentes finales de las aguas residuales” (Aguilar & Solano, 2018).

“MO” + “O₂” + “nutrientes” \longrightarrow “CO₂” + “NH₃” + C₅ H₇ NO₂ + “Otros productos”

Donde:

- “MO” : “materia orgánica”
- C₅ H₇ NO₂ : “materia celular formada”
- “NH₃” : “nitrógeno amoniacal”

Se emplea el protozoo *Paramecium caudatum* debido a su amplia distribución global, su extensa investigación y su presencia en diversos materiales vegetales, lo que facilita su estudio mediante una dieta nutricional sencilla. (Piedrahita Murcia, 2013).

2.2.13. Nivelación de cargas

“La mayoría de los procesos de tratamiento de aguas residuales tienden a experimentar rendimientos decrecientes de manera inherente”. Aunque la velocidad de purificación, evidenciada en la disminución de la DBO, suele ser sustancialmente constante, la cantidad restante de trabajo que queda por realizar disminuye en proporción a la concentración decreciente de sustancias removibles. Además, se espera que la velocidad de actividad de la mayoría de las unidades de tratamiento biológico, medida por la eliminación de DBO, DQO, sólidos suspendidos o bacterias, disminuirá con el tiempo (Fair et al., 2008).

2.2.14. Indicadores de contaminación de origen fecal.

La presencia del grupo de coliformes termotolerantes se considera un indicador del riesgo potencial de la existencia de agentes patógenos en el entorno “(Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, 2017)”.

2.2.15. Calidad microbiológica del agua

La “calidad del agua” generalmente es medida por medio de los microorganismos presentes, la cual es muy importantes, puesto que existe el riesgo de consumirla con bacterias patógenas, protozoarios y bacterias provenientes de las heces fecales de animales (García & Iannacone, 2014).

“Los coliformes son bacterias que se encuentran en el tracto digestivo de animales homeotermos” y tienen la capacidad de fermentar lactosa a 35



°C. El género *Escherichia* tiene origen fecal, mientras que otros existen como saprófitas independientes. La distinción entre coliformes termotolerantes, de origen exclusivamente intestinal, y coliformes totales, que pueden tener cualquier origen y se desarrollan a 35 °C, es fundamental. La presencia de coliformes termotolerantes indica contaminación microbiológica de origen fecal, mientras que los coliformes totales únicamente señalan la presencia de contaminación sin especificar su origen (Tafur et al., 2022).

2.2.16. Calidad del Agua

De acuerdo con el MINAM, en relación con la calidad del agua y los efluentes, se establecen normas como los "Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)" con el propósito de preservar y conservar los recursos hídricos en beneficio de la salud de la población (MINAM, 2019).

En este estudio, nos dirigimos a "la categoría 3 del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el DS 004-2017 MINAM", "que se enfoca en los parámetros fisicoquímicos para el riego de vegetales y el suministro de agua para animales".

Tabla 2:

"Parámetros de investigación Categoría 3: Riesgo de Vegetales y bebida de Animales"

"Parámetros"	"Unidad de medida"	"D1 Riego de vegetales"	D2 Bebida de animales	
		"Agua para riego no restringido"	Agua para riego restringido	"Bebida de animales"
"Físicos Químicos"				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mgL	"15"		"15"
"Potencial de Hidrogeno"	"pH"	"6.5 - 8.5"		6.5 - 8.4
"Temperatura"	"°C"	"Δ 3"		"Δ 3"
"Microbiológicos y parasitológico"				
"Coliformes Termotolerantes"	"NMP/100ml"	"1000"	"2000"	"1000"

Fuente: Elaboración propia.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. "Agua residual"

Según SUNASS, "Las aguas residuales se definen como aquellas que, debido al uso humano, representan un peligro y deben ser eliminadas, ya que contienen una gran cantidad de sustancias y/o microorganismos".

"Este concepto abarca aguas provenientes de diversos orígenes":

(SUNASS, 2016)

- "Aguas residuales domésticas o aguas negras",
- "Aguas blandas",
- "Aguas residuales industriales",
- "Aguas residuales agrícolas" (SUNASS, 2016).

2.3.2. "Agua residual domiciliaria"

SUNASS, "Las aguas residuales domiciliares son aquellas que, tras ser utilizadas en diversas actividades del hogar, son vertidas en el alcantarillado o en cuerpos de agua como ríos, quebradas y lagos"

(SUNASS, 2016).



2.3.3. "Aguas blancas"

SUNASS, "Pueden provenir de fuentes atmosféricas o del riego, así como de la limpieza de calles, parques y espacios públicos. En áreas donde las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, estas aguas pueden ser evacuadas de manera separada para evitar que saturen los sistemas de depuración" (SUNASS, 2016).

2.3.4. "Aguas residuales industriales"

SUNASS, (SUNASS, 2016) "Proviene de los procesos utilizados en fábricas y establecimientos industriales, y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es altamente variable, ya que depende de las distintas actividades industriales realizadas".

2.3.5. "Aguas residuales agrícolas"

"Proviene de las actividades agrícolas en las áreas rurales".

2.3.6. "Demanda Química de Oxígeno (DQO)"

"Es la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química (descomposición) de la materia orgánica. Esta prueba ofrece una medida indirecta de la concentración de materia orgánica en el agua residual" (Rojas, 2002).

2.3.7. "Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO₅)"

"Es la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable en un período de cinco días a 20°C, y representa la cantidad de oxígeno necesario para su oxidación biológica. La relación DQO/DBO₅ ofrece una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales" (Rojas, 2002).



2.3.8. "Contenido de nutrientes (nitrógeno [N] y fósforo [P])"

Rojas, "Estos compuestos, junto con la materia carbonácea o DBO_5 , indican si las aguas residuales contienen la cantidad adecuada de nutrientes necesarios para facilitar la degradación de la materia orgánica presente en ellas" (*Rojas*, 2002).



CAPITULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 "DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN"

Se ha optado por utilizar el diseño factorial, el cual implica el estudio de la influencia de dos o tres variables independientes en una o más variables dependientes. A las variables independientes se les denomina factores, y estos pueden tener distintos valores en cada condición experimental, que se define mediante la combinación de los valores respectivos de un factor con los otros factores (Universitat Jaume I, sf)

El presente diseño tiene como modelo $X \times Y$; y se dan el siguiente juego de variables:

Condición experimental (X)

A= Muestras de aguas residuales

B= Muestras de aguas residuales con *Paramecium.sp*

C= Muestras de agua residual con *Paramecium.sp* aireadas.

Tiempo de exposición (Y)

T1= 0 días

T2= 5 días

T3= 8 días

Tabla 3:

Juego De Pruebas (X X Y)

		Condición Experimental		
		A	B	C
Tiempo de exposición	T1	AT1	BT1	CT1
	T2	AT2	BT2	CT2
	T3	AT3	BT3	CT3

Nota: Elaboración propia

En total se obtuvo 9 pruebas experimentales con los cuales se determinan el efecto generado en los parámetros DBO, coliformes totales, coliformes termotolerantes y potencial de hidrogeno presentes en las aguas residuales del rio Torococha.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se caracteriza por ser del tipo experimental:

En términos de su propósito: se clasifica como:

Aplicada: "Dado que los hallazgos permitirán mejorar el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas, mediante el uso de microorganismos protozoarios (como el paramecio), con o sin aireación".

Según su prolongación en el tiempo es:

Longitudinal: "porque la investigación se centrará en estudiar cómo irá cambiando la concentración de DBO₅ y coliformes en el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas".

"Según el énfasis en la naturaleza de los datos manejados"

"Es cuantitativa: dado que el enfoque principal del estudio se basa en la cuantificación y el cálculo de los datos".

3.3 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

“Es de tipo cuantitativo, ya que el enfoque principal del estudio se centra en la cuantificación y el cálculo de los datos”.

3.4 LUGAR DE ESTUDIO

En la selección del punto de muestreo, se consideró el siguiente aspecto:

Accesibilidad; Existe una carretera trocha y puente que otorga seguridad para la toma de la muestra, presenta uniformidad en su profundidad. Se capturaron imágenes del entorno y se registraron observaciones sobre características geográficas permanentes en la zona.

Ubicación; “El lugar de muestreo fue elegido siguiendo el recorrido de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Seda Juliaca. Se utilizó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para determinar con exactitud las coordenadas en UTM y en el sistema WGS84”. Además, se obtuvo una vista aérea del lugar de muestreo a través de Google Earth.

Figura 3: Zona de muestreo de aguas residuales del río Torococha



Fuente: elaboración propia



3.4.1 Población

“Durante el desarrollo de la investigación, se recolectaron muestras de aguas residuales en el río Torococha, situado en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno”.

La ubicación designada para la toma de muestras está influenciada por el aporte de agua residual del río Torococha, que suministra un volumen de 15,2 Hm³/año, así como por las precipitaciones pluviales. De acuerdo con *Luna y Aburto*, “este proceso favorece la recirculación de contaminantes y, con el tiempo, contribuye a su disminución, al incrementar el nivel de oxígeno disuelto, reducir la presencia de carbono orgánico, fósforo y nitrógeno, y mejorar la circulación del lago”. Estas condiciones fundamentaron el diseño del grupo experimental con aireación (Lara Muñoz, 2011).

3.4.2 Muestra

“Se utilizó un método de muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando muestras representativas, con un total de 9 muestras recolectadas en envases de PET de agua de mesa, cada uno con una capacidad de 10 litros”. Estas incluyeron tres muestras de control, otras tres con la presencia de *Paramecium.sp* sin aireación y tres más con *Paramecium.sp* con aireación (Supo, 2015).



3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

“En este estudio, se utilizará la técnica de observación”. “Durante la fase de diseño experimental, se tendrán en cuenta como criterios principales las concentraciones y características de los contaminantes presentes en el agua a tratar, así como los requisitos de descarga deseados”. “Estas características serán clave para seleccionar el diseño más adecuado, teniendo en cuenta las particularidades intrínsecas de Juliaca, así como las condiciones climáticas predominantes” (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.5.1 Equipos, materiales y reactivos

Los materiales empleados y equipos complementarios que se utilizaron en campo y laboratorio.

- **Generales:** Se utilizaron diversos elementos y equipos en el trabajo de campo y laboratorio, entre los cuales se incluyen la libreta de campo, equipos de protección personal (EPP) para el trabajo en campo, mapa cartográfico, ficha de registro de campo, etiquetas para muestras, tablero, utensilios de escritorio y guardapolvo.
- **Materiales:** Se emplearon instrumentos como el fluxómetro, recipientes de muestreo de vidrio de 250 ml, enfriadores de diferentes tamaños, cubetas de plástico de un solo uso, guantes estériles desechables, mascarillas y desinfectante.
- **Equipos:** Además, se utilizaron una cámara fotográfica, una autoclave de esterilización, un termómetro de mercurio, un pH-metro y un cronómetro.

“Los análisis de los parámetros químicos y microbiológicos se realizaron por triplicado en el laboratorio de calidad ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la UANCV”. Se utilizaron equipos calibrados, como el pH-metro, y se emplearon métodos de ensayo para los coliformes y la DBO, “se siguieron las pautas establecidas en los métodos estandarizados para el análisis de aguas potables y residuales”.

Tabla 4:

Metodología de parámetro

“Parámetros”	Descripción
pH	Método electrométrico
DBO ₅	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 days BOD Test.
Coliformes Termotolerantes	Determinado Número Más Probable. “Técnica de fermentación de tubos múltiples para los miembros del grupo coliform”.
“Coliformes totales”	

Fuente: Elaboración propia.

3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

“En el proceso de muestreo, se utilizaron envases reciclados de PET de agua de mesa, con una capacidad de 10 litros”, los cuales fueron previamente limpiados y enjuagados tres veces. Asimismo, se utilizaron frascos de vidrio con tapa, los cuales fueron trasladados de inmediato al “laboratorio de Calidad”.

“Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la UANCV” después de instalar y etiquetar adecuadamente los envases. La fecha de muestreo se registró el 17 de julio de 2019.

3.6.1 Descripción del Agua Residual del río Torococha.

Como etapa preliminar se solicitó informes de monitoreo del departamento de operaciones de EPS Sedajuliaca sobre el proceso de tratamiento y los datos correspondientes al mes de julio y luego se comparó con los LMP y ECA correspondiente.

“El agua residual efluente de la Planta de Tratamiento de la EPS” consta de procesos primarios y secundarios en laguna de oxidación.

3.6.2 “Descripción detallada del uso de equipos y procedimientos”

“En la implementación del experimento para la eliminación de coliformes en aguas residuales, se recolectaron muestras de agua del río Torococha en la ciudad de Juliaca, las cuales fueron depositadas en nueve envases de plástico reciclado de agua de mesa, con una capacidad de 10 litros cada uno”, 3 de ellos como grupo control y paralelamente 6 como grupo experimental adicionando una concentración determinada de *Paramecium.sp* y a 3 muestras se acondicionaron con aireadores se controló mediante el uso de acuarios equipados con difusores que generaban pequeñas burbujas de aire. De esta manera, “se garantizó un tiempo de residencia adecuado para las muestras de agua residual, que fue de 8 días o 192 horas”. Finalmente se asignó un código como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5:
Códigos de tratamientos.

Códigos Experimentales				
		“A”	“B”	“C”
Tiempo de exposición	“1”	“A1”	“B1”	“C1”
	“2”	“A2”	“B2”	“C2”
	“3”	“A3”	“B3”	“C3”

Fuente: Elaboración propia



3.6.3 Procedimiento para la obtención de cepas de *Paramecium.sp*

Para la obtención de estos microorganismos, se logra recolectando aguas estancadas para ser observadas en el microscopio, una vez identificadas se intenta cuantificar la población, "luego, se preparó el cultivo en recipientes de vidrio, los cuales no liberan sustancias tóxicas y permiten un acondicionamiento adecuado con agua potable, dejándola reposar durante 48 horas para eliminar las trazas de cloro" (Piedrahita Murcia, 2013).

Para la siembra introducimos pasto deshidratado (con exposición al sol por 15 días) 7g por cada 4L de agua en un envase de plástico perforada para no manipular directamente la materia orgánica (Piedrahita Murcia, 2013).

"El recipiente de siembra se almacenó en un lugar donde recibe luz natural". "Además, se colocó papel aluminio con pequeñas perforaciones hechas con alfileres, permitiendo que el cultivo fuera colonizado por otros microorganismos y facilitando los intercambios gaseosos con el ambiente circundante" (Piedrahita Murcia, 2013).

A los dos días se producen bacterias que se alimentan de la materia orgánica suspendida y al tercer día hay presencia de *Paramecium.sp* que se alimentan de las bacterias, y cuando el cultivo no libere olor y se vuelve color marrón transparente (5to o 6to día aproximadamente) "se comenzó a nutrir y alimentar a la colonia de *Paramecium sp.* con 8 gotas de leche de vaca". Para la extracción se aprovecha el fototropismo positivo del *Paramecium.sp* que se agrupan y

fácilmente con un gotero se puede extraer y ser observados en el microscopio (Piedrahita Murcia, 2013).

3.6.4 Determinación de concentración de *Paramecium.sp*

Para la identificación de los protistas ciliados (*Paramecium.sp*) “se recurrió al laboratorio de microbiología de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Agustín”, puesto que disponen de Cámara de Neubauer y para poder empezar a poblar la cantidad de *Paramecium.sp* en los grupos experimentales como una variable interviniente se realizó la valoración subjetiva de su abundancia, que consiste en la observación microscópica y la densidad de los organismos se estima y “se estableció en una escala ordinal del 1 al 3 (tabla 6), seleccionando la opción de presencia frecuente”.

Tabla 6:

“Criterio abundancia de *Paramecium.sp*”

“Escala”	“Denominación”
1	Ocasional
2	Secundario
3	Frecuente

Fuente: Elaboración propia

3.6.5 Los procedimientos para cuantificar coliforme

Cuantificación de coliformes totales

“Método: Numero más probable (NMP)”

- “Fundamento: El NMP (Número Más Probable) implica calcular la densidad probable de bacterias coliformes a partir de los resultados combinados de los ensayos positivos y negativos



obtenidos en cada dilución". "Para determinar el valor del NMP, se requieren tres diluciones, y las tablas utilizadas se basan en la hipótesis de que la distribución de los resultados sigue una distribución de Poisson" (Inofuente Ccarita, 2020).

- Procedimientos: "Para la prueba presuntiva, se inocularon volúmenes de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml de muestra de agua residual en una serie de 9 tubos con caldo lactosa". "Los primeros tres tubos contenían el doble de concentración del caldo mencionado, mientras que los 6 tubos restantes tenían una concentración simple". "Los tubos fueron debidamente rotulados e incubados a 37°C durante 48 horas" (Inofuente Ccarita, 2020).
- Prueba confirmativa: "Se procedió a transferir una muestra de cada tubo con resultado positivo de la prueba presuntiva a nuevos tubos que contenían caldo verde brillante bilis, los cuales fueron incubados a 37°C durante 48 horas". "La evaluación se centró en observar indicadores como el enturbiamiento, la generación de gas y la fermentación, lo que constituyó la prueba confirmativa de la presencia de coliformes totales" (Inofuente Ccarita, 2020).
- Cuantificación de coliformes fecales o termotolerantes: "Se realizó la inoculación a partir de los tubos con resultados positivos de la prueba confirmativa, sembrando el inóculo en placas Petri con medio de cultivo EMB". "La siembra se efectuó mediante una estría simple por agotamiento sobre el agar, y las placas fueron incubadas a 37°C durante 48 horas en una estufa de incubación". "Este proceso tuvo como objetivo favorecer el crecimiento y



desarrollo de los coliformes totales para su posterior análisis” (Inofuente Ccarita, 2020).

- Cálculos: “Siguiendo los resultados de los tubos con presencia confirmada de coliformes totales y fecales, se asignaron los códigos respectivos para calcular, con referencia a las tablas estadísticas correspondientes, el NMP de coliformes totales y fecales por cada 100 ml de agua”. “Este proceso es fundamental para cuantificar la densidad probable de estas bacterias en la muestra y obtener datos precisos sobre la calidad microbiológica del agua analizada” (Inofuente Ccarita, 2020).

La cuantificación de coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CTT) se llevó a cabo al inicio, a los 5 días y al final del período de 8 días para ambos grupos, tanto el control como el experimental. Este seguimiento temporal permite evaluar la evolución de la concentración de estos microorganismos a lo largo del experimento y determinar la eficacia de las condiciones de aireación en la reducción de la carga bacteriana en las muestras de aguas residuales.

3.6.6 Remoción de carga orgánica y patógena

“El porcentaje de remoción (PR) se calcula mediante la siguiente fórmula”:

$$PR = \frac{\text{"Recuento a la entrada"} - \text{"Recuento a la salida"}}{\text{"Recuento a la entrada"}} * 100$$



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

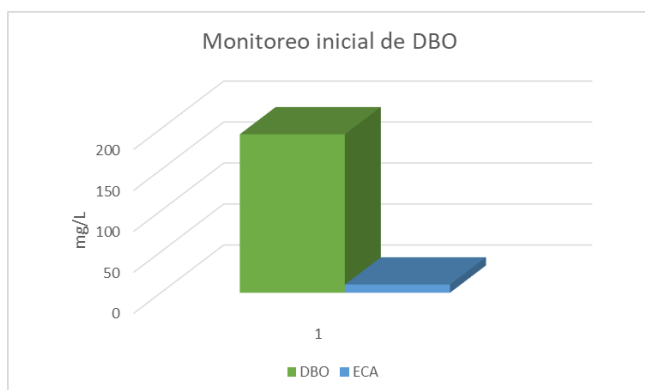
“En esta sección se exponen los resultados obtenidos durante las diversas etapas de la investigación”.

Los datos recolectados fueron sometidos a un procesamiento mediante el programa Excel, donde se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo, que incluyó la determinación del número de datos, “la media, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad”. Este enfoque permitió realizar las comparaciones necesarias. Además, se aplicó la bioestadística de probabilidades ANOVA (análisis de varianza) dado el contexto de más de tres grupos en consideración. Este procedimiento estadístico es crucial para evaluar las diferencias significativas entre los conjuntos de datos.

Análisis de muestras

Según el primer objetivo. Evaluar la concentración inicial “se llevó a cabo un análisis detallado de la carga orgánica y patógena en las aguas residuales domésticas del río Torococha, obteniendo los siguientes datos”:

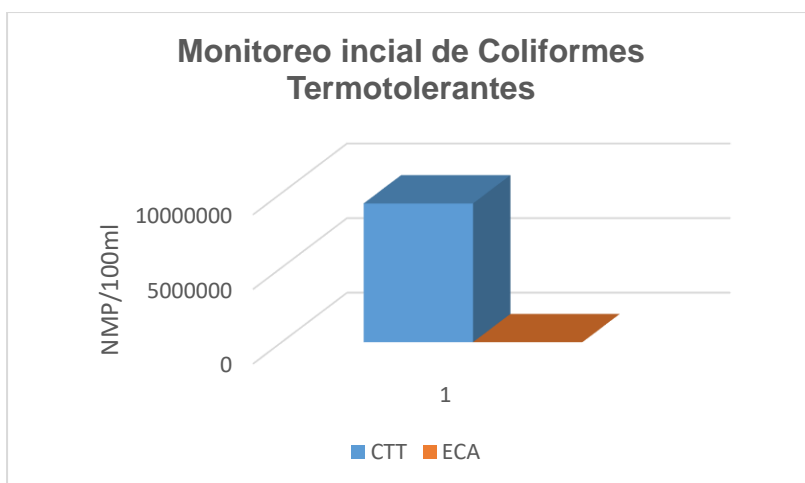
Figura 4: Parámetros iniciales de DBO



Nota: Resultados de la DBO₅ del punto de monitoreo

La figura 4 revela que los niveles de demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (193.3 mg/L) exceden los valores máximos permitidos (100 mg/L) establecidos en la norma DS/004-2017, confirmando así la problemática previamente fundamentada.

Figura 5: Parámetros iniciales de coliformes termotolerantes

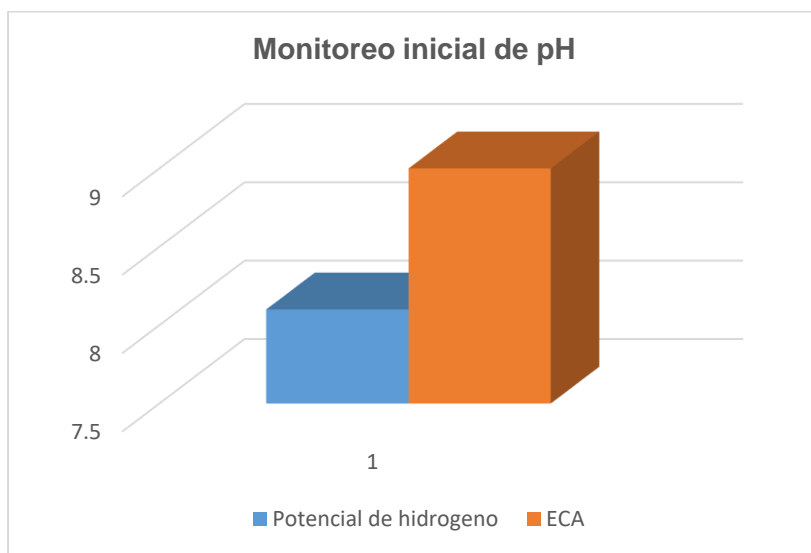


Nota: Resultados de número más probable de coliformes termotolerantes en el punto de monitoreo

Los coliformes termotolerantes en su valor máximo que debe presentar los ríos y “la concentración de contaminantes en las aguas residuales utilizadas para riego de cultivos o como agua para animales debe ser evaluada para asegurar su seguridad” alcanzó 1000 NMP/100 ml, como se evidencia en la figura 5, las analíticas realizadas a las aguas residuales del río Torococha ponen de manifiesto

con una cantidad de 9 300 000 NMP/100ml, cuyos resultados están por encima de la normatividad vigente.

Figura 6: Parámetros iniciales de pH



Nota: Resultados del potencial de hidrogeno del punto de monitoreo

“Al observar gráficamente los resultados obtenidos, se puede notar que el pH, como se muestra en la figura 6 (8.10), se mantiene dentro del rango permitido por las normativas (6.5 – 9.00)”.

En términos generales, de acuerdo con los estándares establecidos por el DS/004-2017, “la calidad del agua del río Torococha no satisface los requisitos establecidos en los parámetros evaluados”, con la excepción del resultado obtenido en el potencial de hidrógeno.

De acuerdo con el segundo objetivo, se buscó determinar el impacto de la intervención de los ciliados, tanto con aireación como sin ella, en “la variación de la carga orgánica en las aguas residuales domésticas de Juliaca muestra fluctuaciones dependiendo de diversos factores como el volumen de agua utilizado y las actividades diarias de los hogares”

Resultados finales de Post-tratamiento

“A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio acreditado”:

a. “Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)”

“La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos en las unidades experimentales sometidas a las pruebas” *Paramecium.sp* en condiciones de aireación y no aireación, además del grupo control.

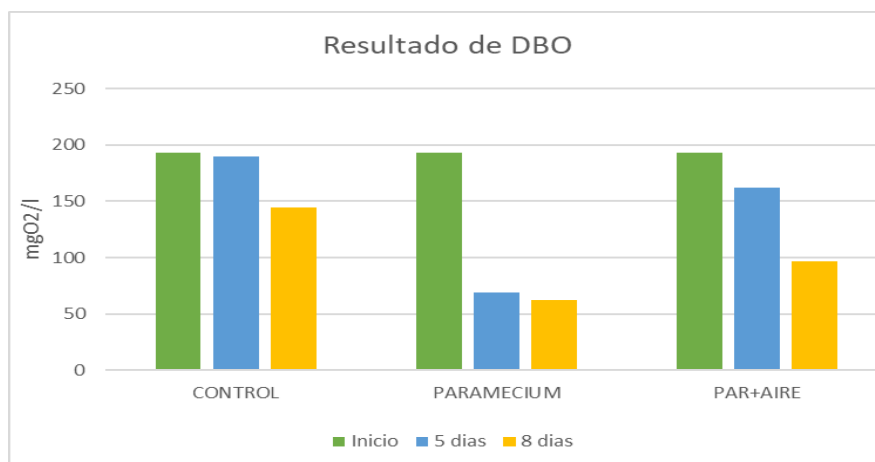
Tabla 7:
Resultados de DBO

Tiempo de Exposición	Código	Unidad	Grupo Experimental		
			Grupo Control	Con <i>Paramecium.sp</i>	Con <i>Paramecium.sp</i> y aireado
5 días	C1	mg/L	190.3	103	187.3
	C2	mg/L	183.4	77	183.8
	C3	mg/L	195.2	28	115.7
Media aritmética		mg/L	189.63	69.33	162.27
8 días	C1	mg/L	178.7	55	89
	C2	mg/L	153.4	70	99
	C3	mg/L	101	63	103
Media aritmética		mg/L	144.37	62.67	97

Fuente: Elaboración Propia

Con la sistematización de la tabla 7 se puede elaborar la siguiente figura.

Figura 7: Resultado de DBO en el tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura 6, los datos procedentes del código C, los cuales no recibieron ningún tipo de tratamiento disminuyen sus valores a los 5 días 189.63 y a los 8 días finalmente reduce a 144.37 mg/L. En el grupo experimental con *Paramecium.sp* la DBO a los 5 días disminuye a 69.33 y a los 8 días a 62.67 mg/L. En el segundo grupo experimental de *Paramecium.sp* con aireación disminuye de 162.27 a 97 mg/L respectivamente. Se evidencio que los valores de DBO obtenidos en el tratamiento con *Paramecium.sp* logran una reducción exitosa de este parámetro.

Remoción de carga orgánica.

El porcentaje de remoción (PR) del DBO₅ del grupo control y grupos experimentales se halla mediante la siguiente formula:

$$PR_{\text{(grupo control)}} = \frac{193.3 - 144.37}{193.3} * 100$$

$$PR_{\text{(grupo control)}} = 25.31\%$$

$$PR_{\text{(con ciliado)}} = \frac{193.3 - 62.67}{193.3} * 100$$

$$PR_{\text{(con ciliado)}} = 67.58\%$$

$$PR_{\text{(con ciliado + aire)}} = \frac{193.3 - 97}{193.3} * 100$$

$$PR_{\text{(con ciliado + aire)}} = 49.82\%$$

Se evidencia que existe mayor eliminación de carga orgánica en el grupo experimental de aguas residuales con ciliados, en un 67.58 %.

Evaluar el tercer objetivo, "que implica analizar el impacto de la intervención de ciliados con y sin aireación en la variación de coliformes totales y termotolerantes en las aguas residuales domésticas de Juliaca".

b. Coliformes Totales (CT)

De las unidades experimentales se analizaron los coliformes totales, los cuales fueron expuestos 8 días a los protozoarios (*Paramecium.sp*) y tenemos los siguientes datos:

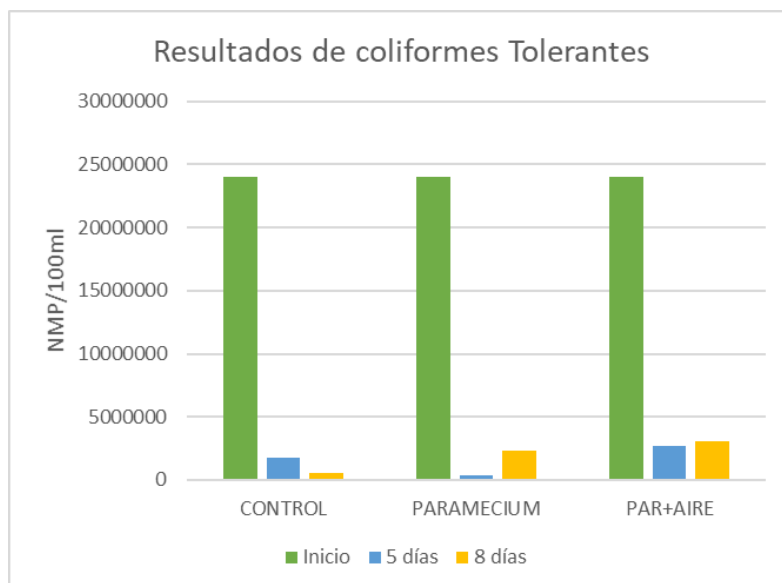
Tabla 8:
Resultados de Coliformes Totales con y sin aireación

		Grupo Experimental				
Tiempo de Exposición	Código	Unidad	Grupo Control	Con <i>Paramecium.sp</i>	Con <i>Paramecium.sp</i> y aireado	
5 días	A1	NMP/100ml	4000000	240000	240000	
	A2	NMP/100ml	230000	460000	230000	
	A3	NMP/100ml	1100000	400000	7500000	
	Media Aritmética	NMP/100ml	1776666.67	366666.67	2656666.67	
8 días	A1	NMP/100ml	400000	460000	2400000	
	A2	NMP/100ml	110000	2400000	2300000	
	A3	NMP/100ml	1100000	4000000	4600000	
	Media Aritmética	NMP/100ml	536666.67	2286666.67	3100000	

Fuente: Elaboración propia

Con la información de la Tabla 8 se generó la siguiente figura para una mejor comprensión:

Figura 8: Resultado de coliformes totales con o sin aireación.





En los resultados obtenidos se evidencia en el grupo de control los valores van disminuyendo $1,7 \times 10^6$, $5,3 \times 10^5$ NMP/100ml a través de los días. Para el grupo experimental con *Paramecium.sp* a los cinco días disminuyen a $3,6 \times 10^5$, sin embargo, al día 8 aumenta a un promedio de $2,2 \times 10^6$ NMP/100ml aproximadamente, no obstante, en el grupo de *Paramecium.sp* con aireación los coliformes totales disminuyen solo a $2,6 \times 10^6$ y luego disminuye a $3,1 \times 10^6$ NMP/100ml. Los valores de conteo de coliformes totales disminuyeron en todas las condiciones.

Remoción de carga patógena

“El porcentaje de remoción (PR) de los coliformes totales se calcula utilizando la siguiente fórmula”:

$$PR = \frac{\text{"Recuento a la entrada"} - \text{"Recuento a la salida"}}{\text{"Recuento a la entrada"}} * 100$$

$$PR_{\text{(grupo control)}} = \frac{24\,000\,000 - 536\,666.67}{24\,000\,000} * 100$$

$$PR_{\text{(grupo control)}} = 97.76\%$$

$$PR_{\text{(con ciliado)}} = \frac{24\,000\,000 - 2\,286\,666.67}{24\,000\,000} * 100$$

$$PR_{\text{(con ciliado)}} = 90.47\%$$

$$PR_{\text{(con ciliado + aire)}} = \frac{24\,000\,000 - 3\,100\,000}{24\,000\,000} * 100$$

$$PR_{\text{(con ciliado + aire)}} = 87.08\%$$

c. Coliformes Termotolerantes (CTT)

Otro grupo experimental consiste en aguas residuales con *Paramecium.sp* a condiciones de aireación, cuyos datos registrados son:

Tabla 9:

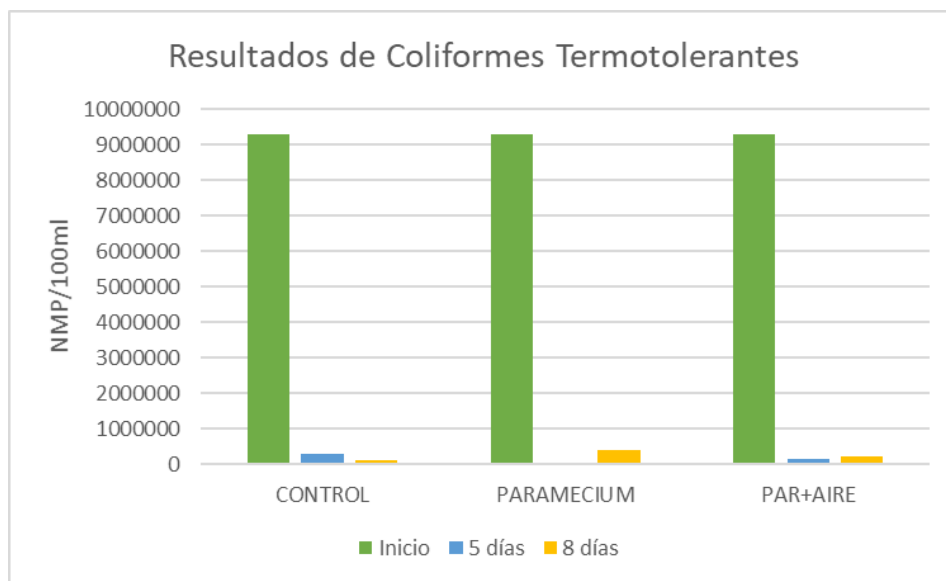
Resultados de Coliformes Termotolerantes con o sin aireación

Tiempo de exposición	Código	Unidad	Grupo Control	Grupo Experimental	
				Con <i>Paramecium.sp</i>	Con <i>Paramecium.sp</i> y aireado
5 días	B1	NMP/100ml	700000	1100	11000
	B2	NMP/100ml	15000	93000	46000
	B3	NMP/100ml	150000	23000	400000
Media aritmética		NMP/100ml	288333.33	39033.33	152333.33
8 días	B1	NMP/100ml	70000	400000	230000
	B2	NMP/100ml	93000	23000	240000
	B3	NMP/100ml	150000	750000	230000
Media aritmética		NMP/100ml	104333.33	391000.00	233333.33

Fuente: Elaboración propia.

Para una mejor interpretación de la tabla elaboramos esta siguiente figura 8:

Figura 9: Resultados de Coliformes Termotolerantes con y sin aeración



Fuente: Elaboración propia

“Como se evidencia en la figura 8”, el conteo de coliformes termotolerantes disminuyeron en los tres grupos observados, los cuales fueron, el grupo sin tratamiento alguno disminuyeron en $2,8 \times 10^5$ a 1×10^5 NMP/100ml, en el grupo experimental con *Paramecium.sp* disminuyo de $3,9 \times 10^4$ y luego aumento a $3,9 \times 10^5$ NMP/100ml, en el grupo de *Paramecium.sp* con aireación $1,5 \times 10^5$ aumentando ligeramente a $2,3 \times 10^5$ NMP/100ml aproximadamente.

Remoción de carga patógena

“El porcentaje de remoción (PR) de los coliformes termotolerantes se halla mediante la siguiente fórmula”:

$$PR = \frac{\text{"Recuento a la entrada"} - \text{"Recuento a la salida"}}{\text{"Recuento a la entrada"}} * 100$$

$$PR_{\text{ (grupo control)}} = \frac{9\,300\,000 - 104\,333.33}{9\,300\,000} * 100$$

$$PR_{\text{ (grupo control)}} = 98.88\%$$

$$PR_{\text{ (con ciliado)}} = \frac{9\,300\,000 - 391\,000.00}{9\,300\,000} * 100$$

$$PR_{\text{ (con ciliado)}} = 95.80\%$$

$$PR_{\text{ (con ciliado + aire)}} = \frac{9\,300\,000 - 233\,333.33}{9\,300\,000} * 100$$

$$PR_{\text{ (con ciliado + aire)}} = 97.50\%$$

Se puede observar que la remoción de la carga patógena (coliformes tolerantes y termotolerantes) presenta una mayor eficacia en el grupo control y el grupo experimental de aguas residuales con *Paramecium.sp*

d. Potencial de hidrogeno

Los resultados de pH fueron monitoreados por un equipo calibrado durante los 8 días establecidos, estas mediciones in-situ fueron:

Tabla 10:

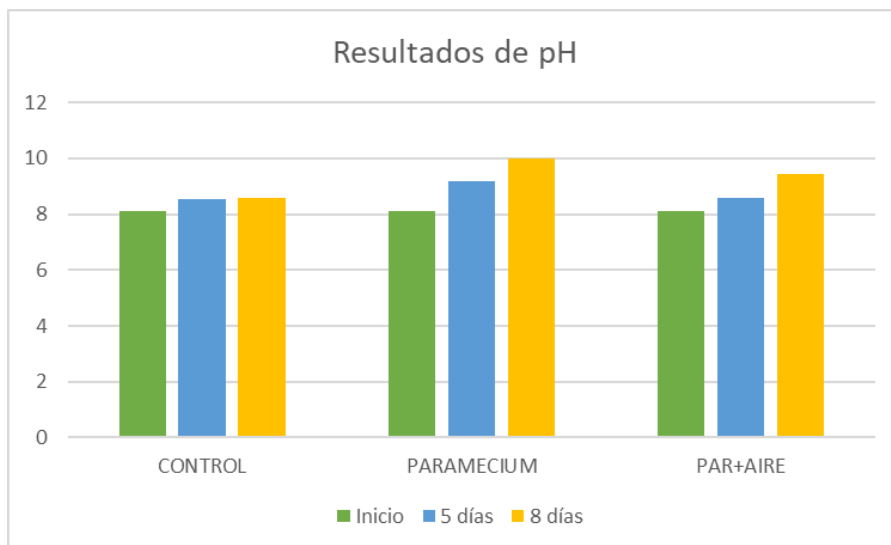
Resultados de pH del grupo control y experimental

Tiempo de Exposición	Código	Grupo Control	Con <i>Paramecium.sp</i>	Grupo Experimental Con <i>Paramecium.sp</i> y aireado
5 días	D1	8.7	9.14	8.93
	D2	8.4	9.18	8.52
	D3	8.5	9.22	8.35
Media aritmética		8.53	9.18	8.60
8 días	D1	8.58	10.05	9.41
	D2	8.58	10.02	9.43
	D3	8.55	9.96	9.45
Media aritmética		8.57	10.01	9.43

Fuente: elaboración propia.

Con la tabla mencionada se elabora la siguiente figura:

Figura 10: Resultado de pH en los grupos de control y experimental



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 9, los valores de pH procedentes del grupo control que solo contiene aguas residuales llego a incrementar en cantidades mínimas de 8.53 y al octavo día alcanzo 8.57, de la misma manera en los grupos experimentales, en el grupo de aguas residuales con *Paramecium.sp* registro a los 5 días 9.18 y al octavo día llego a 10.01 y en el grupo de *Paramecium.sp* con aireación a los cinco días 8.6 a 9.43 finalmente. “En términos generales, se aprecia un incremento leve en los valores de pH registrados”.

En referencia al pH, en el grupo de paramecium con aireación los valores promedios son estables, típicos en zonas de aireación prolongada como lo indica (Martinez, 2016).

Para el objetivo 4 de la investigación. Verificar que la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye significativamente en la carga orgánica y “patógena en las aguas residuales domesticas en Juliaca”.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

El análisis de resultados nos revela el comportamiento de los datos durante el periodo de "tratamiento de aguas residuales con *Paramecium.sp*" y aireación respectiva:

a. Evaluación estadística del tratamiento para DBO

Tabla 11:

ANOVA para DBO

"ANÁLISIS DE VARIANZA"						
"Origen de las variaciones"	"Suma de cuadrados"	"Grados de libertad"	"Promedio de los cuadrados"	F	"Probabilidad"	"Valor crítico para F"
"Entre grupos	20861.9585	2	10430.9793	4.10276759	0.03	3.402826
"Dentro de los grupos"	61018.2022	24	2542.42509			
Total	81880.1607	26				

Fuente: Elaboración propia

"Para la tabla 11 se formularon las siguientes hipótesis":

- H_0 : El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición no modifica el DBO el agua residual del río Torococha.
- H_a : El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición modifica el DBO en el agua residual del río Torococha.
- Nivel de confiabilidad al 95 %
- "Nivel de significancia alfa= 0.05"

"El valor p obtenido es de 0.03, inferior al nivel de significancia (0.05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula", lo que implica que el tratamiento con *Paramecium sp.* tiene un efecto en la reducción del DBO₅.

“El p-valor de 0.03 indica una diferencia significativa entre los tratamientos, lo cual justifica la aplicación de la prueba de Tukey para identificar el tratamiento más efectivo”.

Tabla 12:

Prueba Tukey

	A	B	C
A		67.34	24.91
B			42.43
C			

Fuente: Elaboración propia

Para la prueba Tukey, se formaron tres grupos o subconjuntos como se puede evidenciar en la tabla 12. El primer grupo está formado por agua residual, el segundo con agua residual con *Paramecium.sp* y el tercer grupo de agua residual con *Paramecium.sp* aireado.

“Se hallaron diferencias significativas entre los grupos A y B, lo que indica que la eficiencia de remoción de DBO en el agua residual mediante *Paramecium sp.* es notable”.

b. Evaluación estadística del tratamiento para los coliformes totales

Los datos obtenidos por el programa Excel se muestran a continuación:

Tabla 13:

ANOVA para Coliformes Totales

ANÁLISIS DE VARIANZA	“Suma de cuadrados”	“Grados de libertad”	“Promedio de los cuadrados”	“F”	“Probabilidad”	Alfa: 0.05 Valor crítico para F
“Origen de las variaciones”						
“Entre grupos	7.2009E+12	2	3.6005E+12	0.02856	0.97	3.40282611
Dentro de los grupos”	3.0254E+15	24	1.2606E+14			
Total	3.0326E+15	26				

Fuente: Elaboración propia

“Para la tabla 13 se formularon las siguientes hipótesis”:

- Ho: El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición no modifican los coliformes totales en el agua residual del río Torococha.
- Ha: El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición modifica los coliformes totales en el agua residual del río Torococha.
- Nivel de confiabilidad al 95 %
- "Nivel de significancia alfa= 0.05"

"Dado que el valor p es de 0.97, que supera el nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa" que se interpreta que el tratamiento con *Paramecium.sp* no modifica en la disminución de coliformes totales.

c. Evaluación estadística del tratamiento para los coliformes Termotolerantes

Tabla 14:
ANOVA para Coliformes Termotolerantes

"Origen de las variaciones"	"Suma de cuadrados"	ANÁLISIS DE VARIANZA				Valor crítico para F
		"Grados de libertad"	"Promedio de los cuadrados"	"F"	"Probabilidad"	
"Entre grupos	1137889630	2	568944815	2.74E-05	0.99997	3.4028261
"Dentro de los grupos"	4.9758E+14	24	2.073E+13			
Total	4.9758E+14	26				

Fuente: Elaboración propia

Para la tabla 14 se formularon las siguientes hipótesis:

- Ho: El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición no modifican los coliformes termotolerantes en el agua residual del río Torococha.

- Ha: El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición modifica los coliformes termotolerantes en el agua residual del rio Torococha.
- Nivel de confiabilidad al 95 %
- "Nivel de significancia alfa= 0.05"

"El valor p observado es de 0.99997, que es superior al nivel de significancia (0.05); por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa" que se interpreta que el tratamiento con *Paramecium.sp* no modifica en la disminución de coliformes termotolerantes.

d. Evaluación estadística del tratamiento para el pH

Tabla 15:

ANOVA para pH

ANÁLISIS DE VARIANZA						
"Origen de las variaciones"	"Suma de cuadrados"	"Grados de libertad"	"Promedio de los cuadrados"	"F"	"Probabilidad"	Valor crítico para F
"Entre grupos	2.18616296	2	1.093081	2.962786	0.07	3.4028261
Dentro de los grupos	8.85448889	24	0.368937			
Total	11.0406519	26				

Fuente: Elaboración propia

Para la tabla 15 se formularon las siguientes hipótesis:

- Ho: El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición no modifican el pH en el agua residual del rio Torococha.
- Ha: El tratamiento con *Paramecium.sp* con y sin aireación en 8 días de exposición modifica el pH en el agua residual del rio Torococha.
- Nivel de confiabilidad al 95 %
- "Nivel de significancia alfa= 0.05"



Se observa que el valor p es de 0.07 que es mayor al nivel de significancia (0.05) por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna que se interpreta que el tratamiento con *Paramecium.sp* no modifica en la disminución de pH.

4.2. DISCUSIÓN

“El trabajo de investigación tiene como objetivo general evaluar el impacto en la carga orgánica” y patógena de las aguas residuales domesticas que es influenciado eficientemente por la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio Juliaca.

En "Las condiciones ambientales de la ciudad altiplánica de Juliaca, situada a 3820 msnm, durante épocas de estiaje no han sido previamente investigadas, por lo que no existen datos para comparar los resultados obtenidos", no obstante, se ha realizado con investigaciones de tratamientos similares.

El tiempo de retención hidráulico de la investigación consistió en 8 días, “es un tiempo elevado, se consideró ya que tiempos de retención prolongados permiten que la biomasa disponga de mayor tiempo para eliminar la materia orgánica y otros contaminantes del agua” (Martinez, 2016).

Los ciliados en tratamiento de aguas residuales son fundamentadas con los resultados obtenidos o de comportamiento similar como también lo obtuvo (Madoni et al., 1993) y (Ozturk et al., 2016) que los grupos de protistas más representativos en tanques con aireación son los ciliados reptantes bacterívoros y los sésiles.

Según el objetivo 1: Evaluar la concentración inicial del lastre biológico y patógena del fluido sobrante domesticas del rio Torococha



El conteo de coliformes totales y coliformes termotolerantes en aguas tratadas es una alerta de contaminación, "La observación de la microfauna se ha empleado tradicionalmente como bioindicador para evaluar el rendimiento de los sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales, proporcionando información valiosa sobre la actividad biológica de los lodos activados" (Lopez Hernandez & Herrera Panduro, 2015)

En términos generales, la falta de individuos de un grupo específico no necesariamente refleja una calidad del agua definida (Rodriguez et al., 2013)

De acuerdo con el segundo objetivo, se busca determinar el impacto de la intervención de ciliados en condiciones de aireación y sin aireación sobre la variación del lastre biológico en los fluidos excedentes domésticas de Juliaca.

En la tabla se puede observar en un mayor tiempo de 8 días, menor DBO_5 , cabe decir, como en Rodriguez et al., (2013) relaciona la microfauna con la DBO_5 , ambos realizados al mismo día. De forma general se puede observar que los grupos experimentales con *Paramecium.sp*, se obtiene un menor valor de DBO_5 . Así se observa que esta relacion entre DBO y "la concentración de protozoos es de tipo logarítmico, que para disminuir el DBO_5 tiene que experimentar un aumento exponencial en la población de ciliados" (Rodriguez et al., 2013)

Como es deducible por los resultados obtenidos el grupo experimental de aguas residuales con *Paramecium.sp* sin aireación obtiene mejor remoción de DBO.

La relación observada entre la presencia de ciliados y el comportamiento de DBO_5 . Como en Baquero Vigil & Carrera Zuta, (2019) "se identifican dos grupos de organismos cuya ausencia está asociada a altos niveles de DBO_5 : los ciliados



totales y los ciliados bacteriófagos sésiles, que son responsables de clarificar el efluente al alimentarse de bacterias”.

En la imagen se observa el descenso de DBO, “los ciliados desempeñan un papel fundamental como consumidores de poblaciones bacterianas, algas y ciertos protozoarios más pequeños, y su movimiento de cilios genera una corriente que facilita la captura de estos organismos” (Piedrahita Murcia, 2013).

El factor aerobio en el tratamiento de aguas residuales mantiene un cultivo en suspensión conocido como “licor mezcla” capaz de realizar transformaciones bioquímicas de eliminación de la materia orgánica y otros contaminantes presentes en aguas residuales a depurar Martínez, (2016) y como se observa en la imagen existe una pequeña diferencia entre los grupos de aireación y el grupo sin aireación.

“Se ha vinculado la presencia de protistas con niveles bajos de DBO5 en el efluente, indicando un buen rendimiento en la depuración”, (Rodríguez et al., 2013) “al igual que con los resultados obtenidos”.

Considerando el tercer objetivo. Determinar el efecto de la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en la variación de coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales domesticas en Juliaca.

Tal como se muestra en la gráfica los coliformes termotolerantes presentes en las aguas residuales del rio Torococha se redujeron considerablemente hecho que puede ser motivado por la función de depredación de los protistas (*Paramecium.sp*) sobre poblaciones de bacterias que contribuye en la clarificación de efluentes Soriano, (2018), así como también demostraron en “la investigación la erradicación de bacterias patógenas de origen fecal” llegando a la conclusión que los protistas eliminan el 95% de *Escherichia coli*, y sin presencia de estos el porcentaje disminuye hasta un 50%



De igual manera se grafican los cambios de pH, “donde se observan un incremento con tendencia a la alcalinidad, que es un indicador de disminución de bacterias o coliformes que acidifican las aguas, los protozoos son capaces de sobrevivir o incrementarse en el pH alcalino” (Morales Aquino, 2019).

El grupo experimental con *Paramecium.sp* y aireación se considera porque “el sistema de aireación no solo oxigena, sino que también favorece la homogeneización del licor mezcla, evitando la sedimentación de la biomasa” (Martinez, 2016).

Según el objetivo 4: Verificar que la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye significativamente del lastre biológico y patógena en los fluidos sobrante domesticas en Juliaca.

Los protistas (ciliados) contribuyen en “los procesos de eliminación de contaminantes se llevan a cabo a través de su participación en las cadenas tróficas, principalmente mediante la depredación de la comunidad bacteriana”, “la erradicación de bacterias patógenas del licor mezcla, y su contribución a la biofloculación mediante la secreción de polímeros o la actividad biológica relacionada con la nutrición o el movimiento”(Salvado et al., 1997).

Al observar la diferencia significativa entre los grupos experimentales con aireación y sin aireación se esperaba mejores resultados en el grupo de aireación como se menciona que entre “las principales ventajas de la tecnología de aireación prolongada se destacan los altos rendimientos en la eliminación de materia orgánica y sólidos en suspensión” (Martinez, 2016).



CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de la carga orgánica y patógena del monitoreo inicial indican que las aguas residuales del río Torococha no cumplen con la normatividad vigente en la "demanda bioquímica de oxígeno (DBO)" 193.3 mg/L y coliformes termotolerantes 9.3×10^6 NMP/100ml, sin embargo, el parámetro de pH (8.10) si se encuentra dentro de los valores permitidos.
2. La aplicación de ciliados (*Paramecium sp*) en las muestras de aguas residuales con aireación o sin aireación han influido en la "eliminación de la materia orgánica" (67.58%), sobre todo en la demanda bioquímica de oxígeno, el grupo experimental sin aireación ha disminuido de un 193.3 a 62.67 mg/L
3. Los ciliados en las muestras de efluentes sobrantes con aireación y sin aireación han variado la carga patógena en los parámetros microorganismos (coliformes totales y coliformes termotolerantes) con un 90.47 % y 97.50% de remoción respectivamente.
4. La intervención de los ciliados (*Paramecium.sp*) ha influido de manera significativa en la carga orgánica de las aguas residuales ($p: 0.03$) mas no en la carga patógena ($p:0.97$, $p:0.99$, $p:0.07$).



RECOMENDACIONES

- La normatividad no indica parámetros biológicos en coliformes totales, es importante considerar en las investigaciones venideras los parámetros indicados.
- Se evaluó el lastre biológico se debe considerar también “la demanda química de oxígeno (DQO)”, en esta investigación no se consideró a falta de reactivos en el laboratorio de calidad ambiental de la Universidad.
- Es necesario que, en las siguientes investigaciones, se evalué los coliformes en un tiempo de 24 horas, puesto que el tiempo de vida de estas familias es de 24 a 48 horas.
- “La contaminación se origina principalmente en los efluentes” no tratados de las lagunas de oxidación, generando una significativa carga contaminante al verterse directamente al río. Este vertimiento inadecuado afecta la salud de los animales que consumen el agua del río, ya que es su única fuente de abastecimiento. La bioacumulación de contaminantes se convierte en una preocupación relevante. En consecuencia, se hace imperativo priorizar estrategias avanzadas de “depuración de aguas residuales” por parte de la entidad prestadora de servicios para mitigar este impacto ambiental y proteger la salud de la fauna ribereña.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S., & Solano, G. (2018). Evaluación Del Impacto Por Vertimientos De Aguas Residuales Domésticas, Mediante La Aplicación Del Índice De Contaminación (Icomo) En Caño Grande, Localizado En Villavicencio-Meta. [Universidad Santo Tomás. Villavicencio. Facultad ed Ingenieria Ambiental]. En *Tesis*.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14218/2018aguilarsantiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alpírez, J., Avilés, K., Castillo, H., Pinzón, I., Poveda, R. M., & Vallester, E. (2017). Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio. *Revista de Iniciación Científica*, 3, 8 Pag.
https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=utpridda2____:40973c1fcc7af8d37d0beea04ae06cba
- Arheimer, B., & Wittgren, H. B. (2002). Modelling nitrogen removal in potential wetlands at the catchment scale. *Ecological Engineering*, 19(1), 63-80.
[https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00034-4](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00034-4)
- Arregui L, Serrano S, Linares M, Pérez-Uz B, G. A. (2007). Ciliate contributions to bioaggregation: laboratory assays with axenic cultures of *Tetrahymena thermophila*. *Int Microbiol. PubMed*, 10(2), 91-96.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17661286/>
- Baquero Vigil, C., & Carrera Zuta, C. (2019). Evaluación de parámetros fisicoquímicos de aguas mieles de cacao en humedales artificiales con especies macrófitas, Tarapoto, 2019 [Universidad Cesar Vallejo]. En *Tesis*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41536>



- Campoverde, M. (2017). *Remoción de materia orgánica mediante Chrysopogon Zizanioides en el tratamiento secundario de aguas residuales domesticas de Citrar*. UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.
- Candela, R. (2016). Las microalgas y el tratamiento de aguas residuales: conceptos y aplicaciones. Una revisión bibliográfica [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. En *Tesis Monografica*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/12170/91541023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coaquira, G. M. (2017). Evaluación de las características socioeconómicas para estimar la disposición a pagar del recurso hídrico del río Torococha - Juliaca [Universidad Nacional del Altiplano]. En *Tesis UNAP*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5166/Coaquira_Coaquira_Gloria_Marisol.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Córdova Mendoza, P., Barrios Mendoza, T. O., Córdova Barrios, I. C., & Navarrete Velarde, R. A. (2021). Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante reactor anaerobio para la reutilización del efluente en cultivos agrícolas. *Revista Alfa*, 5(14), 250-261. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.114>
- Decreto Supremo N°015-2015-MINAM. (2015). Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicacion. En *Norma Legal* (p. 7 Pag.). Diario el Peruano. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N°-015-2015-MINAM.pdf>
- Devane, M. L., Moriarty, E. M., Robson, B., Lin, S., Wood, D., Webster-Brown, J., & Gilpin, B. J. (2019). Relationships between chemical and microbial faecal



source tracking markers in urban river water and sediments during and post-discharge of human sewage. *Science of the Total Environment*, 651, 1588-1604. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.258>

Díaz Álvarez, J. (2013). *Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido, generado por la actividad minera en el Municipio de Marmato- Caldas* [UNIVERSIDAD DE MANIZALES].

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/730/1/Tesis2013.pdf>

Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera*, 14(Enero-junio), 79-97. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>

DISEPROSA. (2015). *Planta de Tratamiento de Lodos de la Depuradora de San Adriá Del Besós*. <http://diseprosa.com/proyectos/planta-de-tratamiento-de-lodos-de-la-depuradora-de-san-adria-del-besos/>

Fair, G., Geyer, C., & Okun, D. (2008). Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. En E. Limusa (Ed.), *Libro* (4a ed.).

FAO. (2017). The state of agriculture and food. En *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/3/a-i7658s.pdf>

García, L., & Iannacone, J. (2014). Reviewarticle /Artículo De Revisión. *The Biologist (Lima)*, 12(1), 133-152.

Guerrón Cárdenas, A. (2016). Análisis de Contaminantes Emergentes Orgánicos



en Agua Residual [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. En *Tesis*.

<http://132.248.9.195/ptd2017/febrero/0756117/0756117.pdf>

Gutiérrez Velásquez, M., Córdova Mendoza, P., García Espinoza, A. J., Peña

Casas, E. P., Barrios Mendoza, T. O., & Peña Casas, E. L. (2022). Alternativa de tratamiento terciario de aguas residuales mediante humedal de flujo subsuperficial para reúso agrícola. *Revista Alfa*, 6(18), 503-515.

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.186>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa y mixta. En *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

INEI. (2017). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA*.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1496/libro.pdf

INEI. (2020). Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2019 - Nacional y Departamental. En *Inei*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Endes2019/

Inofuente Ccarita, W. (2020). Influencia de las Letrinas en la Calidad

Microbiológica del Agua Subterránea en la Urbanización San Isidro Ccacachi Juliaca-2029. En *Tesis*. Universidad Nacional de Juliaca.

Lara Muñoz, E. M. (2011). Fundamentos de Investigación. Un enfoque por

competencias. En A. Herrera (Ed.), *Libro* (Primera Ed). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México. file:///D:/00_Mis_Proyecto_Tesis_FIAS-UNICA-2022/Tesis21_2022_FIAS_Ayarza_Huamani_Ruben



Fernando/Libro/Fundamentos_de_Investigacion_lara.pdf

Li, Z., Sheridan, P. P., & Shields, M. S. (2015). The Impact of Enterohemorrhagic Escherichia coli (EHEC) on Ciliate Protozoan Populations in Municipal Sewage. *Advances in Microbiology*, 05(09), 668-676.
<https://doi.org/10.4236/aim.2015.59069>

Lopez Hernandez, R. A., & Herrera Panduro, K. L. (2015). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para Reuso en riego de Parques y Jardines en el distrito de la Esperanza, Provincia Trujillo. La Libertad [Universidad Privada Antenor Orrego]. En *Tesis*.
https://node1.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/002/201/2201005.pdf_file.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=7PKKQ3DUV8RG19BL%2F20220216%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220216T182443Z&X-Amz-SignedHead

Luna-Pabello, V., & Miranda-ríos, M. (2001). Estado del arte y perspectivas de aplicación de los humedales artificiales de flujo horizontal en México . Serie : Tratamiento biológico de aguas residuales . En *Researchgate*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Victor-Luna-Pabello/publication/279195466_Estado_del_arte_y_perspectivas_de_aplicacion_de_los_humedales_artificiales_de_flujo_horizontal_en_Mexico_Serie_Tratamiento_b

Madoni, P., Davoli, D., & Chierici, E. (1993). Comparative analysis of the activated sludge microfauna in several sewage treatment works. *Water Research*,



27(9), 1485-1491. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(93\)90029-H](https://doi.org/10.1016/0043-1354(93)90029-H)

Martelo, J., & Lara Borrero, J. L. B. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales. *Universidad EAFIT Colombia*, 8(15), 221-243.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83524069011>

Martinez, B. M. D. (2016). Eficiencia en la remocion de la demanada bioquimica de oxigeno, demanda quimica de oxigeno y solidos suspendidos totales en la planata de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de celendin

[Universidad Nacional de Cajamarca]. En *Tesis*.

<http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/1760/TESIS MANUEL DAVID MARTINEZ BARDALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martinez Gonzales, I. (2016). Estudio De La Dinámica De Protistas Y Metazoos En Un Reactor Biológico De Aireación Prolongada Con Macrófitas En

Flotación Y Su Relación Con Las Variables Físicoquímicas [Universidad de Valencia]. En *Tesis Maestria*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/65493/MIA_TFM_Irene_Martinez.pdf?sequence=1

Méndez, L., Miyashiro, V., Rojas, R., Cotrado, M., & Carrasco, N. (2004).

Tratamiento De Aguas Residuales Mediante Lodos Activados a Escala De Laboratorio. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 7, 74-83.

<http://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/33982176/a10.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1481546914&Signature=uNQsTsPgd9TGRDyHHyHWusYermE%3D&response-content-disposition=inline%3B>

filename%3D74_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MEDIA.pdf

MINAM. (2019). *Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención*



Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 46.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Segundo informe ONS.pdf>

Mora, E. C., Ugalde Herra, J. L., & Rodríguez Cambronero, D. (2017). Evaluación de una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales ordinarias por medio de un filtro percolador con relleno de esponjas colgantes de flujo descendente (DHS) como postratamiento de un efluente de sedimentador primario. *Revista Ingeniería*, 28(1), 60. <https://doi.org/10.15517/ri.v28i1.30931>

Morales Aquino, M. E. (2019). Diseño de un Concentrador Solar Para Desinfección de Agua Para Consumo Humano en el C. P. de Cashua, distrito Santa María del Valle, Huánuco 2019. En *Tesis Maestría* (p. 109). <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2097>

Morales, G. R. (2014). Evaluación de la Estabilidad de un sistema de Lodos Activados mediante Indicadores Físicoquímicos y Biológicos. En *Tesis*. <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-gabriela-morales-2014.pdf>

MVCS. (2017). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento. En *El Peruano* (p. 88). Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-del-decreto-legisl-decreto-supremo-n-019-2017-vivienda-1537155-4/>

Neyra, P., & Yucra, L. (2017). Impacto del Vertimiento de Aguas Residuales en las Comunidades Fitoplanctónicas de la Zona Marino Costera de Ilo -



Moquegua [Universidad Nacional de Moquegua]. En *Tesis*.

https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/52/T_095_46675980_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Noyola, A., Morgan-Sagastume, J. M., & Guereca, L. P. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. En *Libro* (1ra Edicio). Instituto de Ingenieria - UNAM.

<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a12>

Obón de Castro, J. M. (2018). Análisis Microbiológico Del Agua. En *Manual de practicas de laboratorio de Microbiología*. Manual de Practicas de laboratorio de Microbiología. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1zk0mfb.13>

Ocola, J. J. O., & Laqui, W. F. (2017). Fuentes Contaminantes En La Cuenca Del Lago Titicaca. En *Lexus*. ANA. www.ana.gob.pe

OEFA. (2014a). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*, 36.

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

OEFA. (2014b). Fiscalización ambiental en aguas residuales. En *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*. Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Orozco Gaviria, C. A., Triviño Cabrera, C. C., & Manrique Losada, L. (2014). Arranque de un Reactor UASB para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Condiciones Andino Amazónicas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 10(2), 170-185. <https://doi.org/10.18359/rfcb.328>

Ozturk, M. C., Martin Serrat, F., & Teymour, F. (2016). Optimization of aeration profiles in the activated sludge process. *Chemical Engineering Science*, 139, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2015.09.007>



- Piedrahita Murcia, M. (2013). Implementacion Y Reproduccion Del Protozoario Paramecium Sp En Laboratorios Protozoario Paramecium Sp . En Laboratorios,Tesis de Maestria, Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia. [Universidad Nacional de Colombia]. En *Tesis Maestria*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21124/71641851.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Puigagut, J., Maltais-Landry, G., Gagnon, V., & Brisson, J. (2012). Are ciliated protozoa communities affected by macrophyte species, date of sampling and location in horizontal sub-surface flow constructed wetlands? *Water Research*, 46(9), 3005-3013. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.001>
- Rodriguez, E., Salvado, H., Aals, J. J., & Martin, L. (2013). Generalidades Sobre el Proceso de Reduccion de Nitrogeno en Aguas Residuales de Forma Biologica. En *Microbiologia* (p. 25 Pag.).
- Rojas, R. (2002). *Guía Para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua Para Consumo Humano* (Vol. 2).
- Salvado, H., Rius, M., Amigo, J., & Gracia, M. del P. (1997). Capacidad indicadora de los distintos grupos de Protozoos y Metazoos en sistemas de Depuración por fangos activos según su modo de alimentación y tipo de relación con el flóculo. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 47, 99-107. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.fciencias.unam.mx:8080/jspui/bitstream/11154/143506/1/47VCapacidadIndicadora.pdf
- Sanabria Perez, N. R. (2021). Rapidez de Transferencia de Oxigeno por Aireacion de Agua Residual, en un Colector Rotativo Circular [Universidad Nacional del Centro del Peru]. En *Tesis Maestria*. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6884/T010_41



278742_M.pdf?sequence=1

- Solarte, Y.; Peña, M.; & Nadera, C. (2006). Transmisión de Protozoarios Patógenos a través del Agua para Consumo Humano. *Colombia Médica*, 37(1), 74-82.
- Soriano, M. (2018). "Evaluación De La Calidad Fisicoquímica Y Microbiológica Del Agua Subterránea Utilizada Para El Consumo Humano En El Centro Poblado Pata Pata - 2018". UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- Sunass. (2015). *Plan Operativo Institucional*.
- SUNASS. (2016). *SUNASS y GIZ Presentan Estudio Sobre la Situación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales* (p. 2 Pag.). NOTA DE PRENSA N° 037-2016 Con. <https://www.aderasa.org/boletin-mayo-2016/sunass-y-giz-presentan-estudio-sobre-la-situacion-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- Supo, J. (2015). *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis* (Primera Ed). BIOESTADISTICO EIRL. <https://www.amazon.com/-/es/Dr-José-Supo/dp/1514270005>
- Tafur, N., Torres, E., Robladillo, I., Zeña, J., & Reategui, P. (2022). Microorganismos patógenos en sistemas de abastecimiento de agua para consumo de asentamientos humanos, Ucayali 2019. *Revista*, 12(1), 725-737. <http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/72/116>
- Tolouei, S., Dewey, R., Snodgrass, W. J., Edge, T. A., Andrews, R. C., Taghipour, M., Prévost, M., & Dorner, S. (2019). Assessing microbial risk through event-based pathogen loading and hydrodynamic modelling. *Science of the Total Environment*, 693. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.373>
- Tumwebaze, I. K., Rose, J. B., Hofstra, N., Verbyla, M. E., Musaazi, I., Okaali, D.



A., Kaggwa, R. C., Nansubuga, I., & Murphy, H. M. (2019). Translating pathogen knowledge to practice for sanitation decision-making. *Journal of Water and Health*, 17(6), 896-909. <https://doi.org/10.2166/wh.2019.151>

Valencia, A. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis - Provincia de Chimborazo. *Dspace, Bachelor*, 178. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3118>

Vilaseca Vallvè, M. M. (2001). Observación microscópica de fangos activados en los tratamientos De depuración biológica. *Boletín Intexter del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial*, 119, 67-74.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/1726/TREBALL8.pdf>



ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿De qué manera afecta la carga orgánica y patógena en las aguas residuales domesticas con la intervención de los ciliados en condiciones de laboratorio en la ciudad de Juliaca?</p> <p>Problemas Específicos PE1: ¿En qué condiciones se encuentra la concentración inicial de la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domesticas del rio Torococha? PE2: ¿Cómo afecta la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en la variación de la carga orgánica de las aguas residuales domesticas en Juliaca? PE3: ¿Cómo afecta la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en los coliformes totales y termotolerantes de las agua residuales domesticas e Juliaca? PE4: ¿En que medida la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye significativamente en la carga orgánica y patógena en las aguas residuales doméstica en Juliaca?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar el efecto en la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domesticas que es influenciado por la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio Juliaca.</p> <p>Objetivos Específicos OE1: Evaluar la concentración inicial de la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domesticas del rio Torococha OE2: Determinar el efecto de la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en la variación de la carga orgánica de las aguas residuales domesticas en Juliaca OE3: Determinar el efecto de la intervención de los ciliados con aireación y sin aireación en la variación de coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales doméstica en Juliaca. OE4: Verificar que la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye significativamente en la carga orgánica y patógena en las aguas residuales domesticas n Juliaca.</p>	<p>Hipótesis general El efecto en la carga orgánica y patógena del agua residuales domesticas es influenciado eficientemente por la intervención de ciliados en condiciones de laboratorio Juliaca.</p> <p>Hipótesis Específicas HE1: La concentración inicial de la carga orgánica y patógena de las aguas residuales domesticas del rio Torococha se encuentran por encima de los parámetros normativos. HE2: Los ciliados con aireación y sin aireación influyen en la variación de la carga orgánica de las aguas residuales domesticas de Juliaca HE3: Los ciliados con aireación y sin aireación influyen en la variación de coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales domesticas de Juliaca HE4: La intervención de ciliados en condiciones de laboratorio influye signigificativamente en klarga orgánica y patógena en las aguas residuales domesticas en Juliaca.</p>	<p>Variable VI: Intervención de ciliados en condiciones de laboratorio. Indicadores o Dimensiones: D_{1,1}: Grupo control D_{1,2}: Grupo de ciliados sin aireación D_{1,3}: Grupo de ciliados con aireación</p> <p>Variable VD:</p> <p>Indicadores o Dimensiones: D_{2,1}: Carga orgánica D_{2,2}: Carga patógena</p>	<p>Tipo de investigación La investigación será tipo Experimental</p> <p>Según datos manejados Cuantitativa</p> <p>Población Muestras de aguas residuales en el rio Torococha, distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno.</p> <p>Muestra 9 muestras representativas en envases PET de agua de mesa con una capacidad de 10 litros.</p>

ANEXO 1: Prueba en blanco de experiencia



ANEXO 2: Agua residual con paramecium y oxígeno



ANEXO 3: Etiquetado de muestras



ANEXO 4: instalación de grupo control y experimental





**UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL**

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 371 – 2019

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante : Alina Bailón Sánchez Moreno

II. DATOS DE MUESTREO

Código Campo	Origen de la muestra	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo
A (Muestra Control)	AGUA RESIDUAL DEL RIO TOROCOCHA	JULIACA	SAN ROMAN	PUNO	22 – julio -2019 4:00 pm
B (Paramecios)	AGUA RESIDUAL DEL RIO TOROCOCHA	JULIACA	SAN ROMAN	PUNO	22 – julio -2019 4:00 pm
C(Paramecios/aire)	AGUA RESIDUAL DEL RIO TOROCOCHA	JULIACA	SAN ROMAN	PUNO	22 – julio -2019 4:00 pm

Presentación: En frascos esterilizados de 500 y 300 ml.

Muestreado por: Alina Bailón Sánchez Moreno

Fecha de recepción: 22 de julio del 2019

Fecha de Análisis: 22 al 27 de julio del 2019

III. RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	A-1	A-2	A-3
01	POTENCIAL DE HIDROGENO	-	8.7	8.4	8.5

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	B-1	B-2	B-3
01	POTENCIAL DE HIDROGENO	-	9.14	9.18	9.22

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	C-1	C-2	C-3
01	POTENCIAL DE HIDROGENO	-	8.93	8.52	8.35

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	A-1	A-2	A-3
01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	4x10 ⁶	2.3x10 ⁵	1.1 x10 ⁶
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	7x10 ⁵	1.5x10 ⁴	1.5x10 ⁵
03	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	190.3	183.4	195.2

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	B-1	B-2	B-3
01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	2.4 x 10 ⁵	4.6x10 ⁶	4x10 ⁵
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	1.1x10 ³	9.3x10 ⁵	2.3x10 ⁴
03	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	103.0	77.0	28.0

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	C-1	C-2	C-3
01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	2.4x10 ⁵	2.3x10 ⁵	7.5x10 ⁶
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	1.1x10 ⁴	4.6x10 ⁴	4x10 ⁵
03	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	187.3	183.8	115.7

MÉTODOS 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
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Juliaca, 16 de diciembre del 2019

M.Sc. Ing. Jesús Esteban Castillo Machaca
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 372 – 2019

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante : Alina Bailón Sánchez Moreno

II. DATOS DE MUESTREO

Código Campo	Origen de la muestra	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo
A (Muestra Control)	AGUA RESIDUAL DEL RIO TOROCOCHA	JULIACA	SAN ROMAN	PUNO	25 – julio -2019 4:00 pm
B (Paramecios)	AGUA RESIDUAL DEL RIO TOROCOCHA	JULIACA	SAN ROMAN	PUNO	25 – julio -2019 4:00 pm
C(Paramecios/aire)	AGUA RESIDUAL DEL RIO TOROCOCHA	JULIACA	SAN ROMAN	PUNO	25 – julio -2019 4:00 pm

Presentación: En frascos esterilizados de 500 y 300 ml.

Muestreado por: Alina Bailón Sánchez Moreno

Fecha de recepción: 25 de julio del 2019

Fecha de Análisis: 25 al 29 de julio del 2019

III. RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	A-1	A-2	A-3
01	POTENCIAL DE HIDROGENO	-	8.58	8.58	8.55

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	B-1	B-2	B-3
01	POTENCIAL DE HIDROGENO	-	10.05	10.02	9.96

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	C-1	C-2	C-3
01	POTENCIAL DE HIDROGENO	-	9.41	9.43	9.45

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	A-1	A-2	A-3
01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	4x10 ⁵	1.1x10 ⁵	1.1 x10 ⁶
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	7x10 ⁴	9.3x10 ⁴	1.5x10 ⁵
03	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	178.7	153.4	101.0

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	B-1	B-2	B-3
01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	4.6 x 10 ⁵	2.4x10 ⁶	4x10 ⁷
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	4x10 ⁵	2.3x10 ⁴	7.5x10 ⁶
03	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	55.0	70.0	63.0

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	C-1	C-2	C-3
01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	2.4x10 ⁶	2.3x10 ⁷	4.6x10 ⁶
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	2.3x10 ⁵	2.4x10 ⁶	2.3x10 ⁵
03	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	89.0	99.0	103.0

MÉTODOS 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
E. P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Juliacá, 16 de diciembre del 2019

Ing. Alina Bailón Sánchez Moreno
LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 373 – 2019

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante : Alina Bailón Sánchez Moreno

II. DATOS DE MUESTREO

Código Campo	Origen de la muestra	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y hora de muestreo
A (Muestra inicial)	AGUA RESIDUAL DEL RIO TOROCOCHA	JULIACA	SAN ROMAN	PUNO	17 – julio -2019 4:00 pm

Presentación: En frascos esterilizados de 500 y 300 ml.

Muestreado por: Alina Bailón Sánchez Moreno

Fecha de recepción: 17 de julio del 2019

Fecha de Análisis: 17 al 22 de julio del 2019

III. RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
01	POTENCIAL DE HIDROGENO	-	8.10
02	TEMPERATURA	°C	14.0

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	A-1
01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	2.4x10 ⁷
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	9.3x10 ⁶
03	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /l	193.3

MÉTODOS 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
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

M.Sc. Ing. Jesús Esteban Castillo Machaca
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 6 DE SETIEMBRE 2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ALINA BAYLON SANCHEZ MORENO

Dirección: Av. El Ejército 981 - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 01317910

Teléfono: 951455372 email: alinabaylon2701@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: Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EFFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA Y PATÓGENA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

POR LA INTERVENCIÓN DE CILIADOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO JULIACA - 2021

Palabras claves, (3 a 5 términos): Aguas Residuales, Ciliados, Dbo, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes

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

1

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, entre 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 Título 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

6 DE SETIEMBRE DE 2024
Fecha