

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para la  
remoción de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes en el  
tratamiento de agua del río Shullcas, 2024**

Ronald Fernandez Quispe

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : DANTE MANUEL GARCÍA JIMÉNEZ

Asesor de trabajo de investigación

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación

**FECHA** : 08 de Abril de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

### **Aplicación De Microorganismos Eficaces (EM) Para La Remoción De DQO, DBO<sub>5</sub> y Coliformes Termotolerantes En El Tratamiento De Agua Del Río Shullcas, 2024**

**Autores:**

1. Ronald Fernandez Quispe –EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía

SI  NO

- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI  NO

Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 15

- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo. Como símbolo de amor y gratitud a mis queridos padres Aurelio y Natividad; hermanos, A mi esposa, a mi adorada hija Aitana y familiares en general por su permanente apoyo incondicional ya sea moral y económicamente para así concluir mis estudios y por ende realizarme como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quería agradecer el apoyo recibido por parte de toda mi familia, desde mis padres, hermanos y hermanas. Mis padres, que siempre han estado apoyándome y a mi lado, desde que empezara a estudiar esta bonita pero dura carrera como es la de ingeniería ambiental, y que siempre me han sabido inyectar moral en mis peores momentos, no solo vividos a causa de mis estudios sino como consecuencia de la vida, incluso cuando ellos no encontraban moral para ellos mismos. A mis hermanos que por supuesto son los mejores del mundo, por lo menos para mí. A mi hermano Jhon Alex quien siempre me apoyo para la realización de este proyecto, que siempre se han sentido muy orgullosos de mí. que se sentirán muy orgullosos de mí, y de que haya conseguido el objetivo que me propuse cuando decidí ser ingeniero.

## INDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1.    Planteamiento y formulación del problema .....	12
1.1.1.    Problema General.....	13
1.1.2.    Problemas Específicos .....	13
1.2.    Objetivos .....	13
1.2.1.    Objetivo general.....	13
1.2.2.    Objetivos específicos .....	13
1.3.    Justificación e importancia.....	14
1.4.    Hipótesis.....	14
1.4.1.    Hipótesis de Investigación $H_i$ .....	14
1.4.2.    Hipótesis Nula $H_0$ .....	14
1.4.3.    Hipótesis específicas.....	14
1.5.    Operacionalización de variables .....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
2.1.    Antecedentes de la investigación .....	17
2.1.1.    Antecedentes Internacionales .....	17
2.1.2.    Antecedentes Nacionales .....	19
2.1.3.    Antecedentes Regionales y Locales .....	21
2.2.    Bases teóricas .....	21
2.2.1.    Microorganismos eficientes.....	21
2.2.2.    Aguas Residuales .....	22
2.2.3.    Tratamiento de aguas residuales .....	22
2.2.4.    Sostenibilidad hídrica .....	23
2.2.5.    Parámetros fisicoquímicos del agua .....	23
2.2.6.    Contaminación hídrica.....	23
2.3.    Definición de términos básicos.....	24
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	26
3.1.    Método y alcance de la investigación .....	26
3.1.1.    Método General .....	26
3.1.2.    Tipo de investigación.....	26

3.1.3.	Nivel de investigación .....	27
3.2.	Diseño de la investigación.....	27
3.3.	Población y muestra .....	27
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.4.1.	Técnicas .....	27
3.4.2.	Instrumentos .....	27
3.4.3.	Técnicas de proceso y análisis de datos .....	28
3.4.3.1.	Ubicación geográfica del proyecto.....	28
3.4.4.	Materiales y Equipos .....	28
3.4.5.	Procedimiento del trabajo de investigación.....	28
3.4.5.1.	Etapa de Campo .....	30
3.4.5.2.	Etapa experimental.....	31
3.4.5.3.	Etapa de Análisis en el laboratorio.....	32
3.4.5.4.	Medición, toma de muestra y metodología de análisis de parámetros en estudio	
	33	
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		34
4.1.	Presentación de resultados .....	34
4.2.	Prueba de hipótesis .....	42
CONCLUSIONES .....		47
RECOMENDACIONES.....		49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		50
ANEXOS .....		55
ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA.....		55
ANEXO 2 – CADENA DE CUSTODIA.....		56
ANEXO 3 – EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.....		57
ANEXO 4– Otros resultados .....		64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización.....	16
Tabla 2. Toma de muestra, preservación y almacenamiento.....	30
Tabla 3. Diseño experimental para el tratamiento de aguas residuales .....	32
Tabla 4. Medición, toma de muestra y metodología de análisis de parámetros en estudio.....	33
Tabla 5 Concentraciones iniciales De los parámetros DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes .....	34
Tabla 6. Comparación de los valores iniciales con los límites establecidos en el ECA Agua ....	34
Tabla 7. Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a los 15 días.....	35
Tabla 8. Análisis de porcentaje de remoción para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a los 15 días.....	35
Tabla 9. Análisis de la Demanda Química de oxígeno (DQO) a los 30 días .....	36
Tabla 10. Análisis de porcentaje de remoción para la Demanda Química de Oxígeno (DBO) a los 30 días.....	36
Tabla 11. Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) a los 15 días .....	37
Tabla 12. Análisis de porcentaje de remoción para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) a los 15 días .....	37
Tabla 13. Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) a los 30 días .....	38
Tabla 14. Análisis de porcentaje de remoción para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) a los 30 días.....	39
Tabla 15. Análisis de Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL) .....	40
Tabla 16. Análisis de porcentaje de remoción para los Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL) a los 15 días .....	40
Tabla 17. Análisis de Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL) .....	41
Tabla 18. Análisis de Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL) a los 30 días .....	42
Tabla 19. Pruebas de normalidad para cada los parámetros DBO5, DQO y Coliformes termotolerantes.....	43
Tabla 20. ANOVA para la demanda química de oxígeno (DQO).....	43
Tabla 21. ANOVA para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	45
Tabla 22. Comparación de efectos para los coliformes termotolerantes (NMP/ 100mL) .....	46

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Metodología aplicada. Elaboración propia .....	29
Figura 2. Comparación de la Demanda Química del Oxígeno (DQO).....	35
Figura 3. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno entre las muestras .....	36
Figura 4. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno entre las muestras .....	38
Figura 5. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno entre las muestras .....	39
Figura 6. Comparación de los Coliformes Fecales por número más probable entre las muestras .....	41
Figura 7. Comparación de Coliformes Fecales por número más probable entre las muestras. ...	42
<i>Figura 8.</i> Efectos promedio para el parámetro DQO (mg/L) según la dosis y el tiempo de contacto.....	44
<i>Figura 9.</i> Efectos promedio para el parámetro DBO5 (mg/L) según la dosis y el tiempo de contacto.....	45

## RESUMEN

El principal objetivo del presente trabajo de investigación, titulado “Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes en el tratamiento del Río Shullcas, 2024” fue determinar cuál es el efecto de los microorganismos eficaces (EM) dentro de la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub>, así como de coliformes termotolerantes durante el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024. Se empleó una metodología aplicada en que se optó por un nivel relacional, así como que el estudio tenga un diseño experimental. Como parte de los resultados, se observó que, en base al porcentaje de remoción, con respecto a la aplicación de microorganismos eficaces, hubo una mayor eficiencia cuando se aplicó una dosis mayor. Asimismo, los resultados extraídos de la evaluación de 15 días, donde se aplicaron los tratamientos T1 (4mL), T2 (8mL) y T3 (12 mL), resultaron ser no eficientes, a diferencia del parámetro Coliformes fecales en el tratamiento 1, donde se obtuvo una remoción del 73.71 %. En la evaluación de 30 días al aplicar los tratamientos T1 (4mL), T2 (8mL) y T3 (12 mL), se evaluó el parámetro DBO<sub>5</sub> para el cual se tuvo un tratamiento eficiente con un porcentaje de remoción del 81.58 % cuando se aplicó una dosis de 4 ml. En la evaluación de DQO, se obtuvieron 2 tratamientos eficientes, el tratamiento T1 (4ml) y el tratamiento T2 (8 ml); en ellos, se obtuvieron porcentajes de remoción de 100 % y 77.75 %, respectivamente. En la evaluación del parámetro Coliformes fecales, todos los tratamientos fueron eficientes: el tratamiento T1 (4 ml), el tratamiento 2 (8 ml) y el tratamiento 3 (12 ml) obtuvieron un porcentaje de remoción de 99.99 %, 99.99 % y 99.95 %, correspondientemente. En conclusión, al evaluar la prueba de hipótesis para los parámetros DQO, DBO<sub>5</sub>, y coliformes fecales, en la prueba de dosis se presentó un efecto no significativo y con respecto al tiempo de contacto presentó un efecto significativo.

**Palabras claves:** Microorganismos eficaces, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Coliformes termotolerantes.

## ABSTRACT

The main purpose of this research paper, titled "Application of Effective Microorganisms (EM) for the Removal of COD, BOD5, and Thermotolerant Coliforms in the Treatment of the Shullcas River, 2024," was to determine the effect of effective microorganisms (EM) in the removal of COD, BOD5, as well as thermotolerant coliforms during the treatment of water from the Shullcas River in 2024. An applied methodology was used, opting for a relational level, with an experimental design. As part of the results, it was observed that, based on the removal percentage, there was greater efficiency when a higher dose of effective microorganisms was applied. Additionally, the results from the 15-day evaluation, where treatments T1 (4 mL), T2 (8 mL), and T3 (12 mL) were applied, were found to be inefficient, with the exception of the Fecal Coliform parameter in treatment 1, which achieved a removal of 73.71%. In the 30-day evaluation, when treatments T1 (4 mL), T2 (8 mL), and T3 (12 mL) were applied, the BOD5 parameter was assessed, and an efficient treatment was observed, with a removal percentage of 81.58% when a 4 mL dose was applied. In the evaluation of COD, two efficient treatments were found: Treatment T1 (4 mL) and Treatment T2 (8 mL), with removal percentages of 100% and 77.75%, respectively. In the evaluation of the Fecal Coliform parameter, all treatments were efficient: Treatment T1 (4 mL), Treatment T2 (8 mL), and Treatment T3 (12 mL) achieved removal percentages of 99.99%, 99.99%, and 99.95%, respectively. In conclusion, when evaluating the hypothesis test for the parameters COD, BOD5, and fecal coliforms, the dose test showed no significant effect, whereas the contact time showed a significant effect.

**Keywords:** Effective microorganisms, Biochemical oxygen demand, Chemical oxygen demand, Thermotolerant coliforms.

## INTRODUCCIÓN

Las aguas contaminadas generadas por residuos industriales, domésticos o municipales generadas y modificadas por actividades antropogénicas, poseen componentes químicos y diversos microorganismos patógenos, incluyendo bacterias, protozoos y virus que representan una amenaza en el bienestar de los individuos y el equilibrio ecológico (1), ya que esa agua es usada para consumo directo no siendo apta como agua de uso y consumo humano, actividades domésticas, producción de alimentos o recreación (2). Además, la presencia de agua contaminada por los residuos y la carencia de sistemas básicos de saneamiento, en las naciones más empobrecidas, son barreras de la pobreza extrema para su eliminación y la erradicación de enfermedades como: la fiebre tifoidea, la disentería, afecciones del tipo diarreicas, la hepatitis A y la poliomielitis (2).

Frente a este contexto, y al evidente crecimiento urbano y demográfico en América Latina, 28 millones de pobladores todavía no cuentan con accesibilidad a una fuente adecuada de cuerpo hídrico y 83 millones carecen de instalaciones seguras para la eliminación y disposición de desechos humanos (3). La contaminación de los cuerpos hídricos en la región es agravada por la práctica de verter aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento previo, generando contaminación en los ríos a través de microorganismos patógenos como coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia Coli*, productos químicos y residuos industriales. Esta contaminación tiene consecuencias negativas en términos ecológicos, sociales y económicos, deteriorando la calidad del agua que es un recurso vital y reduciendo su disponibilidad (4). Es ampliamente reconocido que aproximadamente el 80% de las aguas residuales generadas por actividades humanas se vierten en cuerpos de agua sin someterse a ningún proceso de tratamiento (5). Como resultado de esta práctica, numerosos ríos, lagos y lagunas presentan niveles significativos de contaminación. Es importante destacar que esta problemática es más evidente en naciones donde la actividad industrial es más intensa (6).

Por otra parte, la ONU (2022) afirma que a mayor sea el crecimiento demográfico de una población, mayor es la necesidad de abastecerse de agua potable en sus poblaciones para sus diversos usos siendo uno de ellos el de consumo directo, pero no todos los países se encuentran listos para afrontar esta situación (7). Entonces, se puede inferir que, si los servicios de saneamiento y agua son inexistentes, gestionados de manera inadecuada o insuficientes, la población queda expuesta a riesgos para la salud preocupantes, los cuales podrían prevenirse. Esta prevención resulta especialmente crucial en instalaciones de salud que presentan escasez de servicios oportunos de abastecimiento de agua, higiene o saneamiento, ya que tanto

profesionales de la salud como pacientes enfrentan se ven enfrentando un riesgo significativo de contraer infecciones y enfermedades (2).

En este contexto, el EM (Microorganismos eficaces) es un cultivo mixto compuesto de microorganismos beneficiosos. Estos pueden aparecer de forma natural y utilizarse para la elaboración de fertilizantes que potencien tanto la variedad microbiana de los terrenos como de las plantas (8). Existen estudios que demuestran que incorporar de cultivos de EM al ecosistema es obtiene una forma de inoculación de estos cultivos suelo/planta. A partir de esto, se adquiere la capacidad de incrementar la calidad; mejorar la salud del suelo, así como su crecimiento; el incremento de la producción; y un incremento en la calidad de las cosechas (8). EM alberga especies de microorganismos escogidas que, entre sus poblaciones dominantes, incluyen bacterias de ácido lácticas y levaduras, además de un grupo de bacterias ácido lácticas y levaduras descenso en la cantidad de bacterias fotosintéticas. Todos estos son mutuamente compatibles entre sí, así como aptos para cohabitar en un mismo cultivo líquido (8).

Por ello, la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) para la remoción de DQO, DBO y coliformes permite un adecuado tratamiento del agua. La razón de esto es que son una mezcla de microorganismos benéficos (levaduras, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas) que pueden ayudar a mejorar el proceso remoción. De igual forma, el proceso planteado permite aprovechar mejor los residuos orgánicos (9).

Frente a todo lo mencionado, la presente investigación se propone a comprobar la aplicación de microorganismos eficaces para la remoción de DQO, DBO y coliformes termotolerantes, con la finalidad obtener una adecuada limpieza del río Shullcas.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

El aumento constante de la población, sumado a la demanda de agua como un servicio esencial para procurar mantener la calidad de vida de las personas, ha resultado en un aumento de los desechos domésticos generados por las actividades humanas en una ciudad en crecimiento (10). Esta situación ha causado un deterioro en la calidad del agua, ya que tanto sustancias orgánicas como inorgánicas son responsables de la contaminación del agua, y en todos los escenarios ha tenido impactos adversos (11). Según la Organización Mundial de la Salud (2) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (12). Esta contaminación del agua es una amenaza que atenta en contra de la salud pública y el medio ambiente.

En las áreas rurales del Perú, aproximadamente 1 de cada 3 ciudadanos aún no dispone de acceso a agua potable. De aquellos que tienen acceso, tan solo el 1%, según datos de 2015, utilizaba agua clorada. Esta carencia es sin duda uno de los factores principales que contribuyen a la alarmante cifra de más de mil casos de diarrea en niños menores de 5 años reportados anualmente por el Ministerio de Salud (13). Ante esta situación, a nivel nacional, se promulga el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Dentro de este documento, se establecen los Límites Máximos Permisibles (LMP) con respecto a la presencia de efluentes provenientes de plantas de tratamiento que se encuentran en aguas residuales, ya sean domésticas o municipales. Este decreto abarca siete parámetros de monitoreo que son aplicables a los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con el objetivo de descargar los excedentes en cuerpos receptores. Estos parámetros incluyen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO); sin embargo, la falta de cumplimiento efectivo de estas normativas ha perpetuado la contaminación de los cuerpos hídricos (14).

Una de las principales fuentes de abastecimiento de agua en Perú es el río Shullcas, ubicado en la región Junín, atraviesa los distritos de El Tambo y Huancayo (15). Este río enfrenta graves niveles de contaminación debido al vertido de aguas residuales domésticas e industriales, desperdicios, sustancias químicas y desechos plásticos (16). Estudios recientes indican que, en ciertos tramos, los niveles de nitrato exceden hasta 60 veces los estándares de calidad establecidos, mientras que parámetros como coliformes totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y presencia de *E. coli* superan los límites aceptables (17). Además, se carece de una planta de tratamiento de aguas residuales adecuada, lo que agrava el deterioro ambiental y los riesgos para la salud de los habitantes cercanos (18).

La contaminación del río Shullcas no solo pone en riesgo la salud de la población local, sino que también afecta la biodiversidad y el ecosistema del río (13). Aunque la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 prohíbe que se viertan sustancias contaminantes, la implementación de

dicha medida no es insuficiente (19). La falta de monitoreo continuo y acciones efectivas ha permitido que esta problemática persista, generando la necesidad urgente de soluciones integrales, como la instalación de plantas de tratamiento, el fortalecimiento de las políticas públicas y la educación ambiental. Sin estas intervenciones, la calidad del agua continuará deteriorándose, perpetuando los riesgos sanitarios y ambientales (10).

### **1.1.1. Problema General**

¿Cuál es el efecto presente en los microorganismos eficaces (EM) en el proceso de remoción de DQO, DBO<sub>5</sub>, y coliformes termotolerantes en el tratamiento del Río Shullcas, 2024?

### **1.1.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las concentraciones iniciales de DQO, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes que presentan las aguas del Río Shullcas, 2024?
- ¿Qué efecto está presente los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024?
- ¿Qué efecto producen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024?
- ¿Qué efecto tiene los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar cuál es el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en el proceso de remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar las concentraciones iniciales de DQO, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes que están presentes dentro de las aguas del Río Shullcas, 2024.
- Determinar el efecto que producen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.
- Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en el proceso de remoción de DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.

- Determinar el efecto que los microorganismos eficaces (EM) en el proceso de remoción de coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.

### **1.3. Justificación e importancia**

Los coliformes termotolerantes transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control, ya que estas pueden traer enfermedades bacterianas (13). Asimismo, la alta contaminación hidráulica del río Shullcas y sus afluentes resulta perjudicial para la salud de sus habitantes y consumidores porque trae consigo enfermedades que pueden ser crónicas y llevar a la muerte. Por lo tanto, es necesaria la aplicación de un método que remueva de forma efectiva el DQO, DBO<sub>5</sub> y los coliformes termotolerantes que se encuentran presentes en estas aguas. De esta manera, podría llegar a ser más saludable para sus consumidores y reducir la alarmante cifra de enfermedades estomacales en los niños de zonas rurales.

Además, un aspecto importante de este trabajo es su enfoque en la optimización del uso de microorganismos. No se trata solo de identificar una aplicación viable, sino de asegurar que se maximice su eficacia. Esta investigación, por lo tanto, puede servir como punto de partida para futuras investigaciones en el campo de la química verde, abriendo el camino para el desarrollo de otros métodos en la solución de problemas medioambientales.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis de Investigación Hi**

El efecto que tienen los microorganismos (EM) en la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.

#### **1.4.2. Hipótesis Nula Ho**

El efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es no significativo.

#### **1.4.3. Hipótesis específicas**

- El efecto que producen los microorganismos eficaces (EM), dentro de un plazo de 15 y 30 días, en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas durante el año 2024 es significativo.
- El efecto originado por los microorganismos eficaces (EM), dentro del lapso de 15 a 30 días, en la remoción de DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de agua del Río Shullcas durante el año 2024 es significativo.

- El efecto producido por los microorganismos eficaces (EM), en un periodo de entre 15 a 30 días, al respecto de la remoción de coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.

## 1.5.Operacionalización de variables

**Tabla 1.** *Matriz de operacionalización*

VARIABLES	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	<p><b>Microorganismos eficaces:</b> Son microorganismos naturales que están constituidos por la presencia de bacterias fotosintéticas o fototróficas, bacterias ácido lácticas, y levaduras. (20)</p>	Microorganismos eficaces	ng/L	mg/L
		Tiempo de activación	Revoluciones por minuto (rpm) Tiempo de agitación	Revoluciones por minuto (rpm) Tiempo de agitación
		Tiempo de contacto	Min	Min
DEPENDIENTE	<p><b>Coliformes termotolerantes:</b> Son aquellos seres vivos de pequeña envergadura, cuya presencia en el medio ambiente es la causante del surgimiento de enfermedades que pueden originar la propagación de otras enfermedades severas y patologías que repercuten gravemente en la salud física. (21).</p> <p><b>DQO:</b> El parámetro de DQO viene a ser la cantidad consumida de oxígeno por parte de las sustancias orgánicas (22).</p> <p><b>DBO<sub>5</sub>:</b> Es la cantidad de oxígeno usada por los microorganismos para oxidar la materia orgánica, tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas (22).</p>	<p>Porcentaje de remoción de DQO y DBO<sub>5</sub></p> <p>Porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes</p>	%	%

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

En la investigación de tesis de Escobar y Molina (23) titulada *Empleo de microorganismos eficientes (biopreparado) en remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO de lodos residuales de industrias pesqueras, con base en compostaje*, se presentó por objetivo examinar cómo la utilización de microorganismos eficientes afectó la eliminación de DBO<sub>5</sub> y DQO en los lodos residuales de la industria pesquera a través del proceso de compostaje. Para la elaboración de estudio, se empleó metodología basada en un diseño completamente al azar. Incluyó cuatro tratamientos, donde en cada uno se desarrollaron tres repeticiones. Antes de realizar la experimentación, se sometieron los tratamientos a un período de aclimatación, así como de crecimiento, de los microorganismos eficientes utilizados como inóculo. Este proceso duró un lapso de 20 días. El experimento se desarrolló durante un período de 15 días en que se trabajó con tres concentraciones distintas de microorganismos, cada una de ellas con porcentajes de 4%, 6%, 8% y 10%, respectivamente. Se evaluó el avance de los tratamientos mediante un análisis de laboratorio y por medio de pruebas estadísticas. Para ello, se utilizó una SPSS 23.0. Entre las diferentes concentraciones evaluadas, se determinó una concentración del 10%. En ese sentido, resultó ser la más eficaz en el tratamiento de los lodos residuales de la industria pesquera, logrando eliminar el 97.78% de DBO<sub>5</sub> y el 95.06% de DQO. En conclusión, estudio demostró la existencia de diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para ambos parámetros. Además, se observó que los lodos residuales tratados presentaron una reducción en la intensidad de los olores en comparación con las muestras iniciales sin tratamiento, lo que los hizo adecuados para su reutilización en procesos de compostaje. Esto resultó ser una opción respetuosa con el medio ambiente.

En el proyecto de investigación realizado por Espinoza y Zambrano, titulado *Eficiencia de microorganismos (Saccharomyces sp, Lactobacillus spp, Rhodopseudomona spp) en el tratamiento de aguas residuales de la ESPAM MFL*, el objetivo fue evaluar la eficiencia de los microorganismos durante el tratamiento de las aguas residuales de la ESPAM MFL. La metodología empleada estudió 9 unidades experimentales. Asimismo, se realizó un diseño completamente al azar debido a que la variable dependiente es de carácter numérica continua que se analizó en un software SPSS. Las variables estudiadas fueron dos: la dosis de microorganismos eficientes (EM) y la eficiencia de remoción de carga orgánica en las aguas residuales de la ESPAM MFL. En la investigación, también se estudiaron 3 concentraciones de EM, con porcentajes de 0.75%, 1.25% y 2%, respectivamente. A partir de este análisis, los resultados obtenidos indicaron que, de los tres tratamientos, tuvo una mayor viabilidad económica la dosis de 2%, debido a que presentó un porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> de

58,70%; y un porcentaje de 56,97% en cuanto a DQO. Finalmente, se concluyó que los tratamientos aplicados estadísticamente presentaron valores significativos de  $p < 0,05$ , tanto en la DBO5 como en DQO (24).

En el artículo titulado “Coliforms removal efficiency of Wupa wastewater treatment plant, Abuja, Nigeria”, el principal objetivo fue investigar cuál era la eficiencia en la eliminación de coliformes dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada en Wupu, Abuja, Nigeria durante un periodo de cinco años consecutivos (2013-2017). La investigación utilizó análisis estadísticos para evaluar la correlación entre los parámetros de coliformes y otros componentes bioquímicos y su eficiencia. El estudio se realizó con la ayuda de datos sobre las características promedio anuales de las aguas residuales tratadas y no tratadas de las plantas de tratamiento. La correlación entre la eficiencia de eliminación de coliformes y la demanda bioquímica de oxígeno, así como también la demanda química de oxígeno, el sólido suspendido total y *E. coli*, se exploró utilizando la prueba t estática de medias de muestra pareadas, las cuales presentaron un nivel de significancia del 5%. El resultado del estudio indicó una eficiencia de eliminación de coliformes totales y *E. coli* que oscila en un rango de 99,96% al 99,98% y del 87% al 99,97% respectivamente. Finalmente, se concluyó que la DBO tiene un valor de correlación de  $0,4919 < 0,5$  en comparación con otros parámetros  $> 0,5$  (25).

En el artículo de Kaur B., Choudhary R., Sharma G. y Kaur L. titulado “Sustainable and effective microorganisms method for wastewater treatment”, se tuvo como objetivo describir una solución de agua libre de patógenos para el tratamiento de aguas residuales que utiliza tecnología efectiva de microorganismos con la finalidad de mejorar los índices de calidad de agua en el lugar de experimentación. Para realizar la medición de parámetros fisicoquímicos, se recolectaron muestras de agua y se analizó el pH, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (TDS), demanda de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), entre otros. Los resultados obtenidos fueron que se obtuvo niveles por debajo de los límites establecidos por la OMS a 7,30, 48, 1114, 43 y 4,36 mg/L respectivamente, después de 105 días, de pH, sólidos totales en suspensión, los sólidos disueltos totales, la demanda bioquímica de oxígeno y los niveles de fósforo total. El estudio encontró una reducción de  $>99\%$  en el recuento total en placa y coliformes fecales, así como *E. coli* no detectable. Finalmente, dentro del estudio, se concluyó que la tecnología EM, empleada para el tratamiento de aguas residuales, puede reducir en gran tamaño el impacto ambiental, pues disminuye las concentraciones de aceite y grasa (26).

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la investigación realizada por Juan Vigo, titulada *Efecto de Microorganismos Eficaces (ME) en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altoandina*, se tuvo por objetivo evaluar cómo los microorganismos eficaces (ME) afectan la depuración de aguas residuales domésticas en una zona de gran altitud. Para ello, se llevaron a cabo pruebas utilizando cuatro tratamientos, dos de los cuales incluían la adición de ME en sistemas aeróbicos y anaeróbicos, mientras que los otros dos sirvieron como grupo de control. Los resultados mostraron que los tratamientos con ME lograron una mejor eliminación de materia orgánica y nitrógeno. También, se generó energía solar a partir de colectores solares. Estos hallazgos fueron relevantes, pues permitirán mejorar el proceso de depuración de aguas residuales ubicadas en zonas de gran altitud.

Por otra parte, la tesis Guzmán y Sánchez (16) que lleva por título *Revisión y Análisis de la Eficiencia del Manejo de Aguas Residuales con Microorganismos Eficaces y de Montaña* tuvo como propósito comparar la eficacia en el tratamiento de aguas residuales utilizando microorganismos eficaces, según la investigación de Apaza (2017), así como de microorganismos de montaña, esto último según los estudios de Díaz y Collantes (2019). Para lograr estos objetivos, se realizó una búsqueda exhaustiva de información a través de diferentes bases de datos y repositorios universitarios, tanto nacionales como internacionales, seguida de una revisión sistemática que seleccionó dos estudios relevantes. Los resultados indicaron que los microorganismos de montaña muestran un buen rendimiento en cuanto a la eliminación de parámetros como DQO, DBO<sub>5</sub>, coliformes totales y coliformes fecales dentro de un período de 20 días, en comparación con los microorganismos eficaces, que logran los mejores resultados en 30 días, particularmente en la reducción de DQO, aceites y grasas, y sólidos suspendidos totales. De forma sintetizada, se puede decir que tanto los microorganismos eficaces como los de montaña son apropiados para el tratamiento de aguas residuales. Es relevante destacar el uso de microorganismos de montaña en el tratamiento de aguas residuales, pues es un área de estudio poco documentada, y la elección del método de tratamiento debe adaptarse al destino previsto del agua residual (14).

Por otro lado, en la licenciatura presentada por Gonzales y Quispe, titulada *Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Huancavelica en el 2020*, se centraron en evaluar el impacto de los microorganismos eficaces (EM) dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas, ubicadas en el distrito de Huancavelica durante el año 2020. El proceso de aplicación se llevó a cabo en forma de solución o EM activado. Durante un período de tres meses, se realizaron evaluaciones en los días 0, 32, 62 y 90 del tratamiento con la finalidad de determinar cómo estos microorganismos afectan la calidad y porcentajes del agua residual. Los estudios incluyeron parámetros como el

pH, la temperatura y la DQO (demanda química de oxígeno). Por su parte, los resultados revelaron que los microorganismos eficaces (EM) sí influían en el tratamiento del agua residual, particularmente durante el primer mes. De esta forma, se evidenció que los recipientes N° 02 y N° 03 demostraron las mayores eficiencias en la remoción de DQO, con promedios que alcanzaron el 44.75% y 39.95%, respectivamente. Asimismo, se observó que, en el primer mes del proceso, los tres recipientes (EM) lograron eficiencias significativas debido a la capacidad de los microorganismos para degradar rápidamente la materia orgánica (DQO) en los primeros días del tratamiento. De esta forma, se concluyó que proceso de degradación de la DQO se relaciona con el aumento del inóculo y la disminución del sustrato a lo largo del período de monitoreo (20).

En el artículo de Mamani et al., titulado *Depuración de aguas residuales domésticas con microorganismos eficientes en condiciones altiplánicas en sistema mixto (anaerobio-aerobio)*, se tuvo por objetivo evaluar la depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altiplánicas empleando Microorganismos Eficientes (ME) en un sistema mixto (anaerobio-aerobio). La metodología se llevó a cabo en 3 meses bajo condiciones no controladas en la Villa Chullunquiani, carretera Arequipa Km 6, y se basó en un diseño mixto de flujo continuo compuesto de un tanque séptico, sistema de aireación por bandejas y canal de oxidación, con tiempo de retención hidráulico de 15 días y con un caudal de 5.6 m<sup>3</sup>/DBO5, SST y CTT cada 5 días. Se llevó tres tratamientos, T1 (control), T2 (3 L de microorganismo eficiente) y T3 (4 L de microorganismos eficientes) que tuvo como mejor resultado el tratamiento T3, ya que obtuvo un porcentaje de remoción de 78% para DBO5, 73% para los SST y 99,97% para los CTT obtenido en promedio aproximado de 82,99% de la eficiencia, lo que permite alcanzar con el cumplimiento de la normativa peruana del LMP en el vertimiento del efluente a un cuerpo receptor. Por ello, se concluyó que los microorganismos eficientes contribuyen en la disminución de la DBO5, SST y CTT en condiciones altiplánicas a 3850 msnm (27).

La tesis de Mestanza, titulada *Propuesta de tratamiento de aguas residuales en el centro de beneficio María de Fátima del distrito de la victoria*, tuvo como objetivo realizar una propuesta de tratamiento de aguas residuales con el fin de reducir el impacto ambiental. Se tomó muestras de aguas residuales y se envió al laboratorio para sus posteriores análisis en el cuál se evaluaron parámetros como pH a 25°C, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales. Los resultados fueron un pH de 7,42, DBO de 2,100 mg/L, DQO de 3,870 mg/L y SST de 1,120 mg/L que, en comparación a los límites máximos permisibles, están fuera del rango. Se puede concluir, por ello, que las muestras probablemente requieran un tratamiento antes de ser vertidos con el fin de disminuir la carga orgánica y contaminante de su estructura (28).

### **2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales**

En la tesis de Romero Pollet, titulada *Influencia de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Quilcas, 2019*, se tuvo como objetivo principal determinar la influencia de los microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Quilca y la metodología utilizada constó de 12 unidades de contenedor de agua residual, cada una con 18 litros haciendo un total de 216 litros para el tratamiento biológico y aplicación de los microorganismos eficaces. Durante el proceso de remoción, se evaluaron los datos de temperatura y pH por un periodo de 39 días las mediciones se realizaron de manera interdiaria. Se concluyó que las aplicaciones de microorganismos eficaces mejoraron con la reducción la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con un nivel de confianza del 95% obtenidos resultados menores a 1,9 mg/L, teniendo en cuenta el tiempo de remoción y los factores de pH y temperatura, el valor de DBO disminuyó en la dosis de 6% y 8% de EM en agua. (29)

En la tesis de García Zoraya, titulada *Efecto del tratamiento contingente de coliformes termotolerantes en efluente de PTAR del centro poblado Huamanmarca - Huayucachi, Huancayo 2021*, se tuvo como objetivo determinar el efecto del tratamiento contingente en el efluente que no cumple con LMP de coliformes termotolerantes de la PTAR Huamanmarca, distrito de Ayacucho, Huancayo 2021. La investigación fue aplicada y de nivel explicativo, el diseño experimental que posee considero el análisis de una variable independiente con una o más variables dependientes. Se tomó una muestra de agua residual al azar de 20 litros en el cual se analizó el parámetro de coliformes termotolerantes que obtuvo como resultado un valor dentro de lo permitido del límite máximo permisible con un porcentaje de remoción de 96,48% de eficiencia. Finalmente, se concluyó en que los valores experimentales, de coliformes termotolerantes y E. coli, obtenidos están dentro del rango de límite máximo permisible (30).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Microorganismos eficientes**

Los microorganismos eficientes, abreviados como ME, son productos líquidos formulados que engloban una diversidad de más de 80 especies de microorganismos. Estas especies incluyen tanto microorganismos aeróbicos como anaeróbicos, e incluso algunas especies fotosintéticas.

La característica destacada de los ME es su capacidad para coexistir como comunidades microbianas y, en algunos casos, incluso pueden complementarse entre sí (31). Por tal motivo, el empleo de microorganismos eficientes (EM) en el tratamiento de aguas contaminadas se ha convertido en una opción atractiva, reemplazando a los métodos convencionales basados en procesos fisicoquímicos para la eliminación de sustancias que afectan su calidad. La eficacia de los EM radica en la combinación de microorganismos beneficiosos presentes en entornos naturales, que son compatibles desde el punto de vista fisiológico y que cuentan con capacidades de fermentación, síntesis de compuestos bioactivos, competencia y antagonismo frente a patógenos (32).

### **2.2.2. Aguas Residuales**

Son una masa de agua proveniente de procesos donde se ve afectada debido a los elementos que la componen, conteniendo así compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden resultar tóxicos y presentarse como agentes patógenos como lo pueden ser virus y bacterias; estas aguas pueden provenir tanto de las actividades industriales como domésticas, siendo la primera causante de tóxicos en mayor medida de metales pesados y la segunda resultante de aguas grises y aguas negras. Puede contener diversas variedades contaminantes, dependiendo de su origen, y pueden representar un peligro para la salud humana, así como para la preservación del medio ambiente, si no se tratan de forma adecuada antes de su liberación en el ambiente (20). Estas aguas se han mostrado como un agente contaminante importante en tanto estas masas no se encuentran aisladas y se asocian con masas aún más grandes generando que estas, también, adquieran sus agentes contaminantes, lo cual sucede también con los suelos afectando en gran medida la diversidad de flora y fauna; con ello, esta se ha convertido en un tema central de la sostenibilidad de los procesos económicos y el desarrollo al tomar en consideración que las actividades humanas requieren en gran medida del uso de agua para su óptimo desenvolvimiento (21).

### **2.2.3. Tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales abarca procesos físicos, químicos y biológicos, cada uno con aplicaciones específicas. Los procesos físicos separan partículas del agua mediante principios como sedimentación, flotación y filtración, aprovechando diferencias en densidad o tamaño (33). Los procesos químicos emplean sustancias como coagulantes y floculantes que agrupan partículas coloidales en flóculos más densos, facilitando su eliminación mediante decantación o filtración, ideales para sólidos finos o contaminantes disueltos. Por último, los procesos biológicos imitan sistemas naturales, como los de ríos o suelos, donde microorganismos descomponen materia orgánica en dióxido de carbono, agua y biomasa. Estos pueden ser aeróbicos, que requieren oxígeno, o anaeróbicos, que funcionan sin él, y permiten estabilizar y remover contaminantes. La combinación de estos métodos garantiza una depuración eficiente,

adaptable a distintos tipos de contaminantes, mejorando la calidad del agua y protegiendo el medio ambiente (34).

#### **2.2.4. Sostenibilidad hídrica**

La sostenibilidad hídrica implica la gestión responsable y equilibrada de los recursos hídricos para garantizar su disponibilidad y calidad a largo plazo, considerando tanto las necesidades actuales como las futuras. En este contexto, la gestión de los recursos hídricos se enfoca en planificar, desarrollar, distribuir y supervisar el uso eficiente del agua, integrándose como una parte esencial de la gestión del ciclo hidrológico (35). Este proceso no solo busca satisfacer las demandas competitivas de agua, sino también priorizar su asignación equitativa para cumplir con usos domésticos, agrícolas, industriales y ambientales. Esta gestión se rige por políticas y regulaciones establecidas que aseguran la protección del recurso y promueven prácticas sostenibles (35). Idealmente, una gestión adecuada integra una visión amplia que abarca no solo las expectativas futuras de riego, sino también la conservación de los ecosistemas acuáticos y la resiliencia frente a los impactos del cambio climático. De este modo, la sostenibilidad hídrica se convierte en un pilar esencial para el bienestar social, económico y ambiental (36).

#### **2.2.5. Parámetros fisicoquímicos del agua**

Los parámetros fisicoquímicos del agua se construyen a partir de cuatro factores fundamentales: la hidrología (H), el medio ambiente (E), la vida (L) y las políticas (P) que interactúan en el contexto de una cuenca hidrográfica bajo tres parámetros clave: presión, estado y respuesta (PER) (37). Este enfoque, conocido como el método PER, constituye una metodología integral para evaluar la sostenibilidad de los recursos hídricos, permitiendo tanto cualificar los estándares de calidad del agua como cuantificar el volumen total de agua utilizado por la población en una región específica. Para ello, se apoya en herramientas de políticas públicas que facilitan el análisis. La estimación del índice se realiza mediante el uso de datos históricos que reflejan la calidad y cantidad del recurso hídrico disponible, considerando también las dinámicas poblacionales involucradas. Finalmente, el análisis permite determinar si la región evaluada alcanza un nivel aceptable de sostenibilidad, con base en valores ideales de gobernabilidad y gestión integrada de los recursos hídricos, los cuales se reflejan en índices cercanos a 1 o al 100, dependiendo de las métricas utilizadas como referencia (38).

#### **2.2.6. Contaminación hídrica**

La contaminación hídrica, también conocida como contaminación del agua, se define como una alteración de su composición química, física o biológica, mayormente atribuible a actividades humanas, que la convierte en un recurso inadecuado o peligroso para su aprovechamiento en diversas áreas como el consumo humano, la agricultura, la industria, la pesca, las actividades recreativas, y, también, afecta gravemente a los ecosistemas naturales y la vida animal (39). Esta

problemática ambiental está asociada a múltiples agentes contaminantes, entre los que destacan los residuos sólidos domésticos, desechos químicos provenientes de fábricas e industrias, aguas residuales sin tratar, agentes infecciosos, excesos de nutrientes que promueven la eutrofización, petróleo y sus derivados, sedimentos y minerales movilizados por tormentas, sustancias radioactivas, y vertimientos de aguas servidas (40). Estos contaminantes no solo comprometen la calidad del agua, sino que también representan un riesgo significativo para la salud humana, ya que diversos microorganismos presentes en el agua contaminada pueden ser causantes de enfermedades como infecciones gastrointestinales, infecciones víricas, cólera, fiebre tifoidea, así como de problemas cutáneos y oculares (39).

### **2.3. Definición de términos básicos**

**DQO.** Son las siglas de Demanda Química de Oxígeno, lo cual refiere a la cantidad de oxígeno que hace falta para poder eliminar los agentes contaminantes en el agua ya utilizada en las actividades humanas o a fin de que en su estado natural sean procesadas para su uso (41).

**DBO<sub>5</sub>.** Son las siglas de Demanda Biológica de Oxígeno en un lapso de cinco días por parte de seres vivos como lo son las bacterias u otros cuya participación es sustancial para la degradación de los agentes contaminantes en el agua implicando ello las necesidades para la supervivencia de dichos seres para el cumplimiento de su objetivo (42).

**Coliformes termotolerantes.** Se trata de agentes patógenos provenientes en mayor medida de residuos fecales dentro del agua que, tras su consumo, puede causar múltiples enfermedades y condiciones que ponen en riesgo la salud, frente a la cual se establecen procesos de descontaminación (43)

**Microorganismos eficaces (EM).** Son una mezcla de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos utilizados en la producción de compost, la remediación ambiental y el tratamiento de aguas. Su eficacia aumenta al combinarse con enmiendas orgánicas, y contienen bacterias fotosintéticas, levaduras, bacterias de ácido láctico y hongos, esenciales para diversas aplicaciones agrícolas y ambientales (44).

**Aguas residuales.** Las aguas residuales son aquellas que han experimentado modificaciones en sus propiedades físicas, químicas o biológicas debido a la presencia de diversos contaminantes, tales como desechos sólidos, sustancias químicas, elementos biológicos, residuos provenientes de actividades municipales, industriales o agrícolas, perjudicando los ecosistemas acuáticos y en el medio que los rodea (45).

**Tratamiento de aguas residuales.** El tratamiento de aguas residuales busca reducir la materia orgánica y los contaminantes, además de restaurar los niveles de oxígeno necesarios para la vida mediante microorganismos que consumen la materia orgánica, los cuales luego son separados

del agua. Asimismo, se eliminan sólidos como trapos, maderas, arena y partículas, garantizando la calidad del agua tratada (29).

**Sostenibilidad hídrica.** La sostenibilidad hídrica se refiere a cubrir la necesidad actual de agua sin poner en riesgo el abastecimiento futuro de agua, manteniendo simultáneamente la preservación del medio ambiente (46)

**Efluente.** Los efluentes son descargas líquidas de materiales de desecho, tratados o no, que generalmente contienen aguas contaminadas producto de actividades como la pesca o acuicultura que pueden estar en solución o suspensión, son considerados residuos y deben cumplir con regulaciones ambientales específicas (47).

**Parámetros fisicoquímicos del agua.** Los parámetros fisicoquímicos del agua, como el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica, son indicadores clave de la calidad del agua, ya que reflejan su capacidad para sustentar la vida y las condiciones ambientales en un ecosistema (22).

**Contaminación hídrica.** La contaminación hídrica se refiere a cualquier alteración de las características físicas, químicas, orgánicas, radiactivas o microbiológicas del agua, generalmente causada por actividades humanas o procesos naturales y que implica la presencia de vertidos, derrames y desechos que incrementan la degradación del agua, afectando su calidad y su capacidad para sostener la vida (48).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Método y alcance de la investigación**

#### **3.1.1. Método General**

Esta investigación se centra en determinar la influencia de los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y coliformes termotolerantes o fecales en el Río Shullcas, Huancayo con la finalidad de que se pueda realizar una aplicación a nivel piloto para el tratamiento de estas aguas y disminuir los contaminantes presentes. La preocupación principal de este trabajo de investigación es determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas.

La investigación está estructurada en base al método científico el cual se caracteriza por ser fáctico, los hechos de la realidad van de lo particular y concreto a lo conceptual, todo esto en base a reglas metodológicas que comprenden la utilización de estrategias, procedimientos basados en normas, con técnicas e instrumentos (49). Su propósito es comprobar la severidad de una acción, es progresivo y autocorrectivo; sus conclusiones se expresan a partir del tipo de investigación en la que se trabaja. Asimismo, se emplea el diseño experimental con un nivel explicativo, estos estudios van más allá de describir fenómenos o conceptos o la relación entre estos; es decir, están conducidos a argumentar con respecto a las causas de los eventos y fenómenos sociales o físicos (50).

Como lo indica su nombre, su interés se centra en explicar por qué por el cual ocurre un fenómeno, las condiciones en las que se manifiesta y el por qué se relacionan las variables.

La investigación se estructura en base al método experimental, que consiste en diseñar y realizar experimentos controlados para probar hipótesis específicas para lo cual se incluyen los métodos de muestreo, la medición de variables dependientes e independientes, análisis de laboratorio, las técnicas a aplicar desde la obtención de resultados y la evaluación de estos para ser analizados e interpretados para una próxima discusión de la hipótesis planteada (50).

#### **3.1.2. Tipo de investigación**

El trabajo de investigación es de tipo aplicada con un nivel relacional y el diseño de tipo experimental, se realizará la modificación y se llevará a cabo el control de las variables independientes y así medir su efecto sobre las variables dependientes.

La investigación aplicada con un enfoque relacional y un diseño experimental se fundamenta en la aplicación de teorías y conceptos existentes para abordar problemas concretos en contextos reales. Este tipo de investigación implica establecer relaciones entre variables y probar hipótesis

a través de métodos experimentales cuidadosamente diseñados. El objetivo principal es generar conocimiento que no solo contribuya al entendimiento teórico, sino que también tenga implicaciones prácticas y aplicables en el mundo real, ofreciendo soluciones concretas y prácticas para desafíos específicos en un área determinada (51).

### **3.1.3. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es experimental, dado que implica la manipulación de varias variables independientes, que en este estudio son tres: microorganismos eficaces, tiempo de activación y tiempo de contacto, para evaluar su impacto sobre varias variables dependientes, como el porcentaje de remoción de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes, bajo condiciones controladas.

### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la presente investigación es experimental puesto que se manipula la variable independiente para observar los efectos sobre el rendimiento de estos a través de la evaluación de la variable dependiente (50).

Esto se debe a que el estudio implica la aplicación de una técnica específica (uso de microorganismos eficaces) y la medición de sus efectos sobre ciertos parámetros (DQO, DBO5 y coliformes termo tolerantes) en un entorno controlado o semi-controlado (tratamiento del río). El propósito es observar y analizar los cambios producidos por esta intervención para establecer conclusiones basadas en los datos obtenidos.

### **3.3. Población y muestra**

La población es la cantidad para tomar de la muestra de agua del Río Shullcas contaminada con descargas de agua residual, Huancayo.

En el siguiente trabajo de investigación, se tomarán 20 litros de agua del Río Shullcas contaminada con descargas de aguas residuales. Se enviarán a laboratorio para los análisis preliminares 10 litros.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

Las técnicas que se desarrollarán en el presente trabajo son del tipo análisis e instrumental.

#### **3.4.2. Instrumentos**

Estos instrumentos están basados en la operacionalización de las variables y el modelo estadístico a usar. Además, se utilizó la cadena de custodia como instrumento de recolección de datos en el monitoreo.

### **3.4.3. Técnicas de proceso y análisis de datos**

El procesamiento y análisis de los datos se desarrollaron empleando el programa Excel, donde se analizaron los valores obtenidos.

#### **3.4.3.1. Ubicación geográfica del proyecto**

La presente investigación realizó las tomas de muestras en el Río Shullcas, Huancayo 474486.00 Este, 8665521.00 Sur.

### **3.4.4. Materiales y Equipos**

Para el monitoreo en la toma de muestra, se utilizaron los siguientes:

- Un cooler
- Icepack
- Equipos de protección personal (guantes, guardapolvo, casco y mascarilla)
- Libreta
- Lapicero

### **3.4.5. Procedimiento del trabajo de investigación**

El trabajo se dividió en dos etapas principales: la etapa de campo y la etapa experimental. En la etapa de campo, se realizó la toma de muestras del agua del río Shullcas mediante un monitoreo que permitió recolectar datos representativos del área de estudio. Estas muestras fueron sometidas a una caracterización fisicoquímica y microbiológica inicial, evaluando parámetros clave como DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes, con el objetivo de establecer una línea base de las condiciones del agua antes de la aplicación de tratamientos.

En la etapa experimental, los microorganismos eficaces (EM) fueron activados para su posterior uso en el tratamiento del agua. Las muestras recolectadas fueron divididas en un grupo control, que no recibió ningún tratamiento, y grupos experimentales que fueron tratados con diferentes dosis de EM: 2 ml/L, 4 ml/L y 6 ml/L. Estos tratamientos se llevaron a cabo durante periodos de 15 y 30 días, permitiendo evaluar la eficacia del método bajo diferentes tiempos de exposición.

Finalmente, después del tratamiento, las muestras fueron nuevamente sometidas a una caracterización fisicoquímica y microbiológica para determinar la reducción de los niveles de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes. Este procedimiento permitió comparar los resultados iniciales y finales, proporcionando información valiosa sobre la efectividad de los microorganismos eficaces en la mejora de la calidad del agua del río Shullcas.

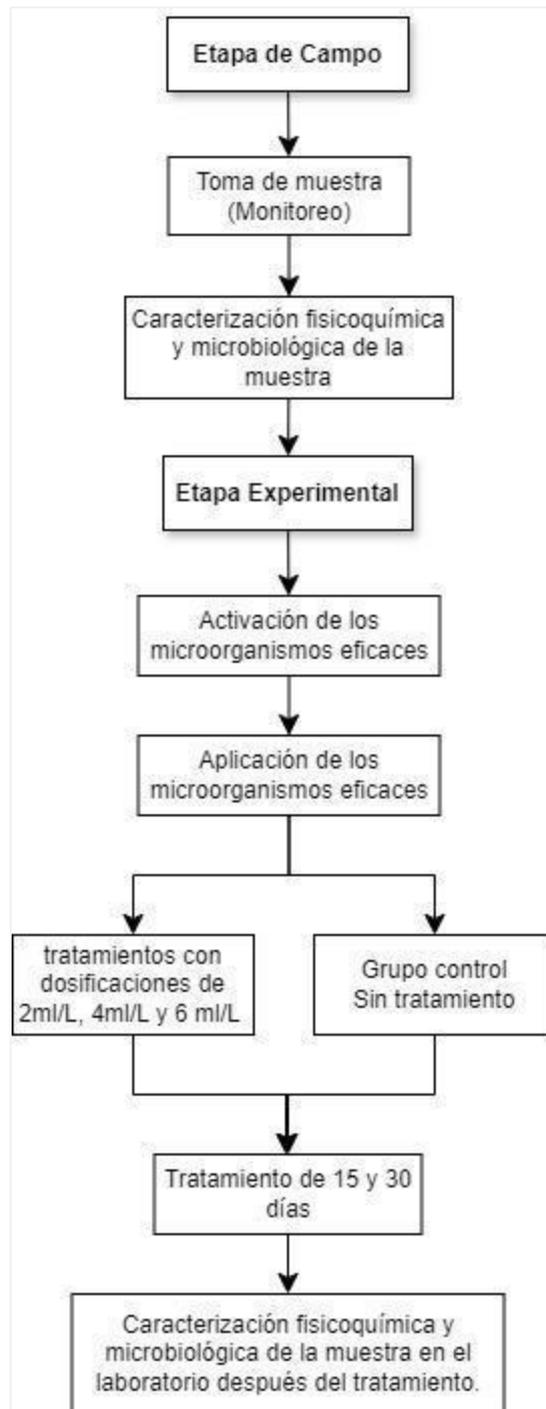


Figura 1. Metodología aplicada. Elaboración propia

### 3.4.5.1. Etapa de Campo

#### a. Monitoreo de la muestra in situ

Se realizó la toma de la muestra el día 06 de marzo del 2024 a la 1:41 pm en un solo día, se utilizaron los envases para la recolección de la muestra. Se recolectó 100 ml en base al Protocolo de Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos Autoridad Nacional del Agua, la toma de la muestra se realizó de forma inmediata y se preservó el parámetro DQO.

**Tabla 2.** Toma de muestra, preservación y almacenamiento

Parámetro	Tipo de recipiente	Toma de muestra, condiciones de almacenamiento y preservación	Tiempo de almacenamiento
DQO	Plástico o vidrio	Para la preservación de la muestra se debe acidificar con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta llegar a un rango de pH de 1-2. Mantener la muestra a temperatura menor a los -18°C	6 meses
DBO <sub>5</sub>	Plástico o vidrio oscuro	Al realizar la toma de muestra, a la hora de sellar el recipiente verificar que hay ausencia de burbujas. Mantener la muestra a temperatura menor a los -18°C	24 horas
Coliformes Termotolerantes o fecales	Vidrio estéril	Al realizar el muestreo se debe dejar un espacio de 1/3 entre la muestra y la tapa. Almacenamiento	24 horas

*Nota.* Elaboración propia, basado en la información tomada de Autoridad Nacional del Agua (30).

## **b. Caracterización inicial de parámetros**

Se realizó la toma de muestras del Río Shullcas, Huancayo, se tomó nota de las coordenadas del punto de monitoreo y se llenaron los frascos con la muestra, se rotuló y se llenó la cadena de custodia, posteriormente se transportaron de forma cuidadosa y en lo posible en el menor tiempo para ser analizadas.

Para el envío de las muestras tratadas al laboratorio se tuvo que recoger nuevamente un cooler con los materiales respectivos:

- Para el análisis de DQO: 1 envase de plástico con una capacidad de 100 ml.
- Para el análisis de DBO<sub>5</sub>: 1 envase de plástico con una capacidad de 1000 ml.
- Para el análisis de coliformes termotolerantes o fecales: 1 envase de plástico con una capacidad de 250 ml.

### **3.4.5.2. Etapa experimental**

Para los tratamientos en el procedimiento experimental se usó lo siguiente:

- Jarra
- Olla pequeña
- Tapers herméticos
- Maleza de caña
- Microorganismos eficaces
- Agua libre de cloro
- Jeringas
- Termómetro
- libreta

## **a. Activación de microorganismos eficaces**

Para el proceso de activación de los microorganismos eficientes, se preparó en una proporción del 5 % de EM, 5 % (melaza + salvado de trigo) y 90 % de agua libre de cloro.

Se calentó el agua a 40°C aproximadamente, se colocó primero la melaza en la misma proporción al volumen inicial de agua. Se dejó concentrar la muestra por unos 30 min y se llevó a una temperatura de 80°C, la temperatura se controló con ayuda de un termómetro de mercurio.

Como último paso se colocó en un recipiente con tapa hermética el agua, la melaza con salvado de trigo y los microorganismos eficientes. El tiempo de activación fue de 15 días, y se abrió el frasco a los 4 días y a los 8 días respectivamente para la liberación de los gases producidos en el proceso de la fermentación.

**b. Toma de muestra**

El día 28-03-24 se realizó la toma de muestra en el lugar donde se desemboca el Río Shullcas a Mantaro, para lo cual se tomó 12 L, para la aplicación de los microorganismos eficaces.

**c. Tratamientos**

Para la aplicación de tratamientos de aguas residuales se utilizaron 6 jarras de plástico de 2 L. Se tomará una muestra homogenizada de 2 L y se colocará en cada jarra y se colocarán las dosis respectivas en el siguiente cuadro:

**Tabla 3.** *Diseño experimental para el tratamiento de aguas residuales*

Microorganismos eficientes	Dosis (mL)	Tiempo de contacto (días)	Volumen de muestra (mL)
T1	4	15	2000 mL
		30	
T2	8	15	
		30	
T3	12	15	
		30	

**3.4.5.3. Etapa de Análisis en el laboratorio**

Los primeros tratamientos derivados al laboratorio fueron los que tuvieron un tiempo de contacto de 15 días y luego se enviaron los que tenían un tiempo de contacto de 30 días. Cada frasco rotulado, etiquetado y con su respectivo preservante dependiendo del parámetro a analiza.

Teniendo en cuenta el siguiente esquema dónde se detalla el parámetro, el tipo de recipiente a usar, la toma de muestra, preservación, tiempo de almacenamiento y metodología a aplicar.

### 3.4.5.4. Medición, toma de muestra y metodología de análisis de parámetros en estudio

**Tabla 4.** Medición, toma de muestra y metodología de análisis de parámetros en estudio

Parámetro		Tipo de recipiente	Toma de muestra, condiciones de almacenamiento y preservación	Tiempo de almacenamiento	Metodología
Fisicoquímicos	DQO	Plástico o vidrio	Para la preservación de la muestra se debe acidificar con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta llegar a un rango de pH de 1-2. Mantener la muestra a temperatura menor a los -18°C	6 meses	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part 5220 B. 2012; 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
	DBO <sub>5</sub>	Plástico o vidrio oscuro	Al realizar la toma de muestra, a la hora de sellar el recipiente verificar que hay ausencia de burbujas. Mantener la muestra a temperatura menor a los -18°C	24 horas	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part 5210 B. 2012; 22nd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD): Test
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes o fecales	Vidrio estéril	Al realizar el muestreo se debe dejar un espacio de 1/3 entre la muestra y la tapa. Almacenamiento.	24 horas	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

*Nota.* Elaboración propia, basado en la información tomada de Autoridad Nacional del Agua (30)

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Presentación de resultados

**Objetivo Específico 1:** Determinar las concentraciones iniciales de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes que presentan las aguas del Río Shullcas, 2024

**Tabla 5.** Concentraciones iniciales De los parámetros DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes

Parámetros	Unidad	Concentración inicial	Límite de cuantificación del método (LCM)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3.8	0,4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	5,0
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	350x10 <sup>3</sup>	-

**Tabla 6.** Comparación de los valores iniciales con los límites establecidos en el ECA Agua

Parámetros	Unidad	Concentración inicial	Límite de cuantificación del método (LCM)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3.8	5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	30
Coliformes Fecales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	350x10 <sup>3</sup>	200

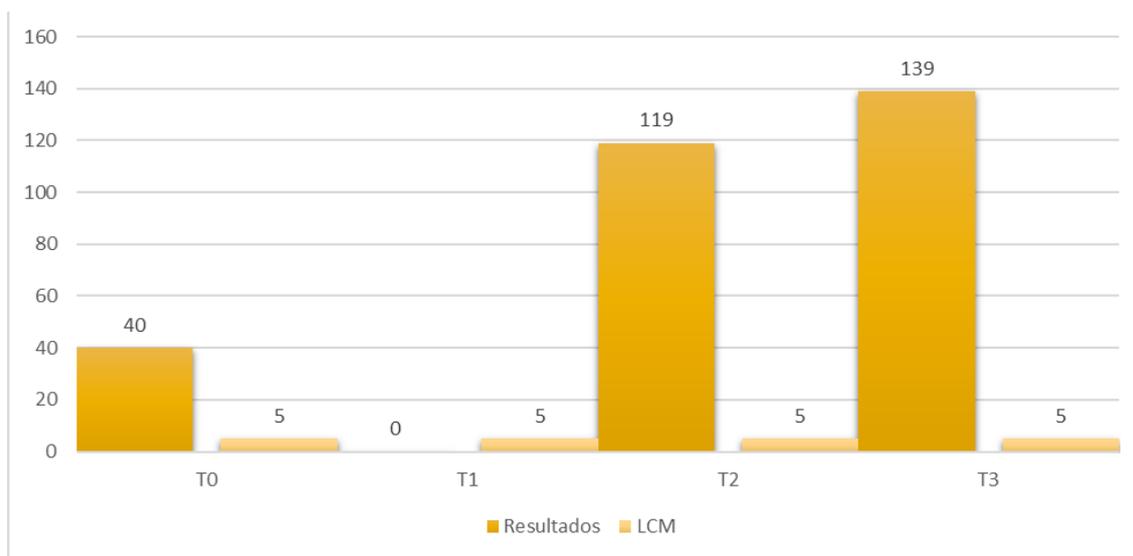
**Objetivo Específico 2:** Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.

**Tabla 7.** Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a los 15 días

Variable	Tratamiento	Resultados	Unidad	Límite de cuantificación del método (LCM)
Demanda química de oxígeno (DQO)	T0	40	mg/L	5
	T1	58.9		
	T2	119		
	T3	139		

**Tabla 8.** Análisis de porcentaje de remoción para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a los 15 días

Variable	Tratamiento	Resultados	Eficiencia
% de remoción DQO	T0	40	-
	T1	58.9	No eficiente
	T2	119	No eficiente
	T3	139	No eficiente



**Figura 2.** Comparación de la Demanda Química del Oxígeno (DQO)

En la tabla 8 y figura 2, se observaron los resultados del análisis de la demanda química de oxígeno entre la muestra preliminar y las muestras posteriores. Se observa que la muestra preliminar se obtuvo un valor de 40 mg/L, el tratamiento de 4 mL tuvo un resultado de 58,9 mg/L,

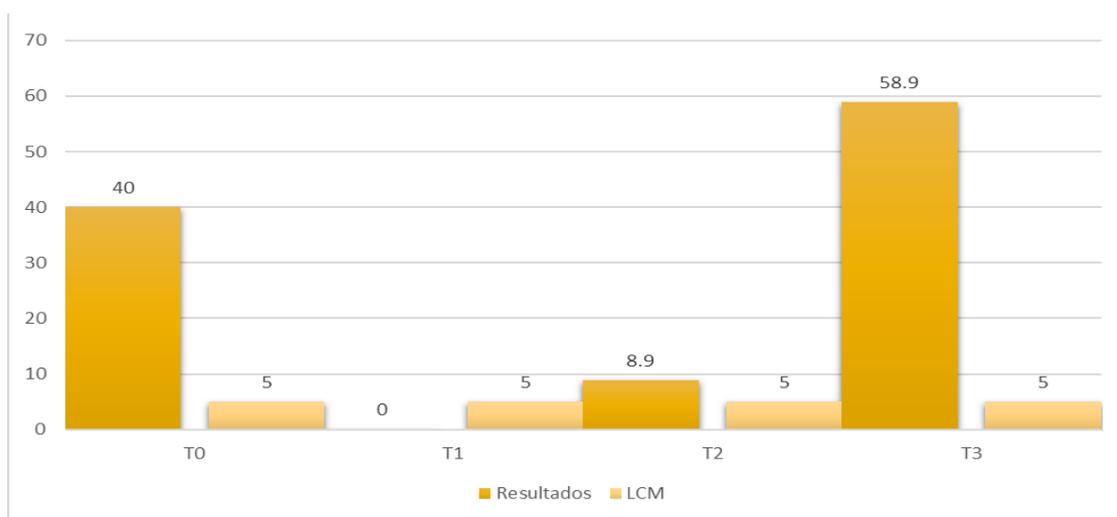
el de 8 mL un resultado de 119 mg/L y el de 12 mL un resultado de 139 mg/L. Finalmente, las tres pruebas evaluadas a los 15 días resultaron ser no eficientes, ya que sobrepasaba por mucho el valor de la prueba preliminar.

**Tabla 9.** *Análisis de la Demanda Química de oxígeno (DQO) a los 30 días*

Variable	Tratamiento	Resultados	Unidad	Límite de cuantificación del método (LCM)
<b>Demanda química de oxígeno</b>	<b>T0</b>	40	mg/L	5
	<b>T1</b>	<1.2		
	<b>T2</b>	8.9		
	<b>T3</b>	58.9		

**Tabla 10.** *Análisis de porcentaje de remoción para la Demanda Química de Oxígeno (DBO) a los 30 días*

Variable	Tratamiento	Resultados	Eficiencia (% de remoción)
<b>% de remoción DBO</b>	<b>T0</b>	40	-
	<b>T1</b>	<1.2	100.00
	<b>T2</b>	8.9	77.75
	<b>T3</b>	58.9	No eficiente



*Figura 3.* Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno entre las muestras

En la Tabla 10 y Figura 3, se observaron los resultados del análisis de la demanda química de oxígeno entre la muestra preliminar y las muestras posteriores. Se observa que la muestra

preliminar se obtuvo un valor de 40 mg/L, el tratamiento de 4 mL tuvo un resultado de <1,2 mg/L, el tratamiento de 8 mL un resultado de 8,9 mg/L y el tratamiento de 12 mL con un resultado de 58,9 mg/L. Finalmente a la evaluación de los 30 días de aplicación, el tratamiento 1 obtuvo un porcentaje de remoción óptimo del 100 %, el tratamiento 2, un porcentaje de remoción de 77.75 % y el tratamiento 3 resultó ser no eficiente, ya que sobrepasaba por mucho el valor de la prueba preliminar.

En la investigación de Escobar y Molina (23), evaluaron los tratamientos (4%, 6%, 8% y 10%) en un período de 15 días, logrando un porcentaje de remoción de 95.06 % con una dosis de 10 %, presentando diferencias significativas para el parámetro de DQO con respecto a la muestra inicial sin tratar. De igual manera, en la investigación de Espinoza y Zambrano (24), el parámetro DQO presentó un porcentaje de remoción del 56,97 % a una dosis del 2 %, presentando diferencias significativas.

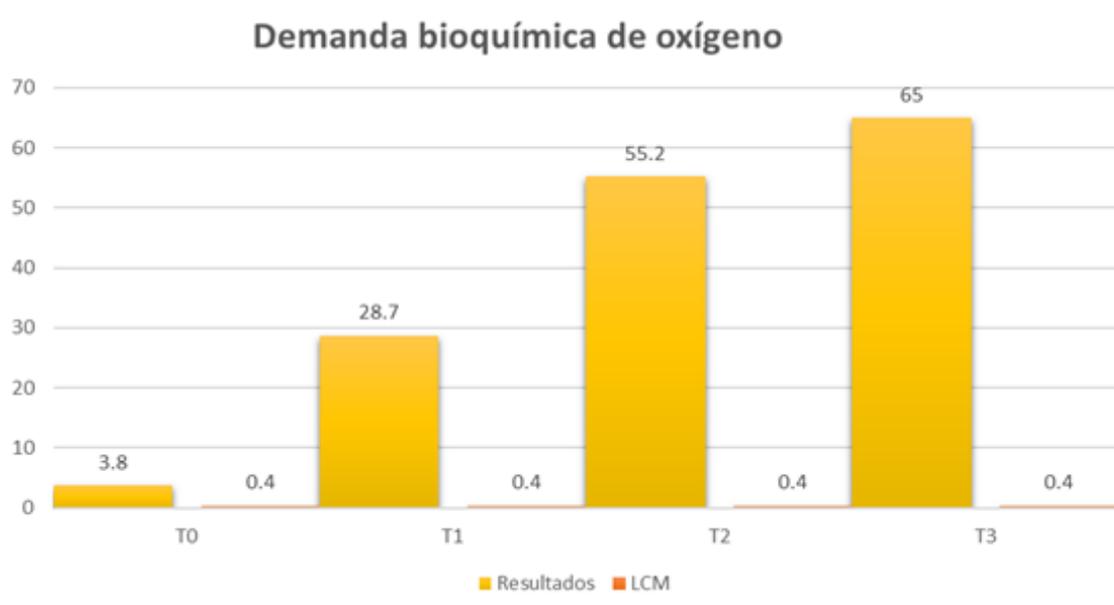
**Objetivo Específico 3:** Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.

**Tabla 11.** Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) a los 15 días

Variable	Tratamiento	Resultados	Unidad	Límite de cuantificación del método (LCM)
Demanda bioquímica de oxígeno	T0	3.8	mg/L	0,4
	T1	28.7		
	T2	55.2		
	T3	65,0		

**Tabla 12.** Análisis de porcentaje de remoción para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) a los 15 días

Variable	Tratamiento	Resultados	Eficiencia
% de remoción DBO <sub>5</sub>	T0	3.8	-
	T1	28.7	No eficiente
	T2	55.2	No eficiente
	T3	65,0	No eficiente



*Figura 4.* Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno entre las muestras

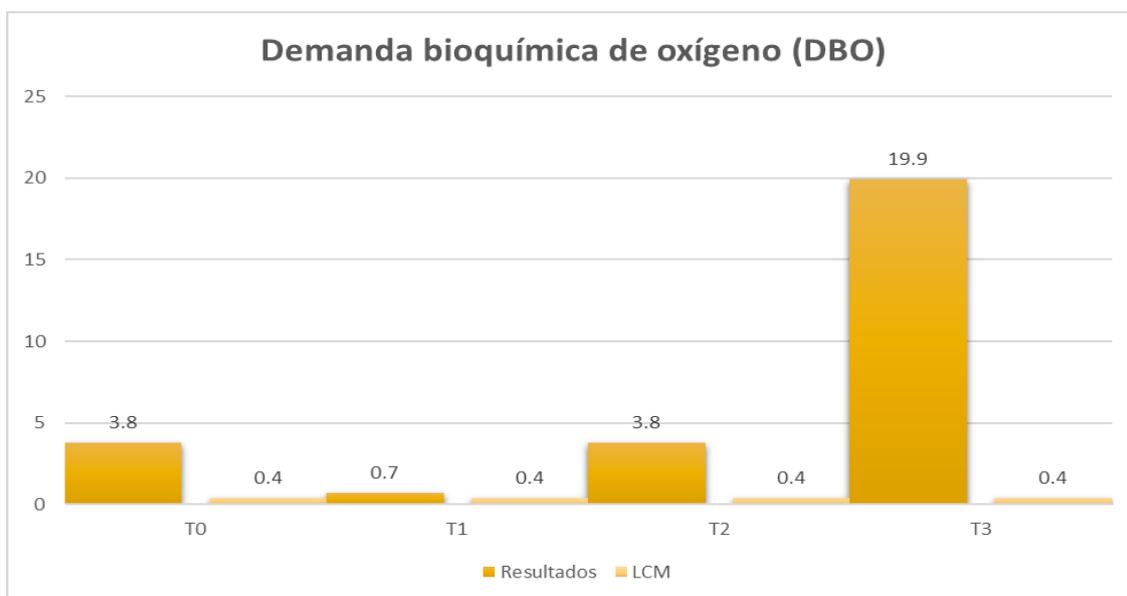
En la Tabla 12 y Figura 4, se observaron los resultados del análisis de la demanda bioquímica de oxígeno entre la muestra preliminar y las muestras posteriores. Se observa que la muestra preliminar se obtuvo un valor de 3,8 mg/L, el tratamiento de 4 mL tuvo un resultado de 28,7 mg/L, el de 8 mL un resultado de 55,2 mg/L y el de 12 mL un resultado de 65 mg/L. Finalmente las tres pruebas evaluadas a los 15 días resultaron ser no eficientes, ya que sobrepasaba por mucho el valor de la prueba preliminar.

**Tabla 13.** Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) a los 30 días

Variable	Tratamiento	Resultados	Unidad	Límite de cuantificación del método (LCM)
Demanda bioquímica de oxígeno	T0	3.8	mg/L	5
	T1	0.7		
	T2	3.8		
	T3	19.9		

**Tabla 14.** Análisis de porcentaje de remoción para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) a los 30 días

Variable	Tratamiento	Resultados	Eficiencia
% de remoción DBO <sub>5</sub>	T0	3,8	-
	T1	0.7	81.58
	T2	3.8	No eficiente
	T3	19.9	No eficiente



*Figura 5. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno entre las muestras*

En la Tabla 14 y Figura 5, se observaron los resultados del análisis de la demanda bioquímica de oxígeno entre la muestra preliminar y las muestras posteriores. Se observa que la muestra preliminar se obtuvo un valor de 3,8 mg/L, el tratamiento de 4 mL tuvo un resultado de 0,7 mg/L con un % de remoción de 81,58%, el tratamiento de 8 mL un resultado de 3,8 mg/L y el de 12 mL un resultado de 19,9 mg/L. Finalmente, el tratamiento 1 obtuvo un porcentaje de remoción óptimo y las otras 2 pruebas evaluadas a los 30 días resultaron ser no eficientes, ya que sobrepasaba por mucho el valor de la prueba preliminar.

En la investigación de Escobar y Molina (23), evaluaron los tratamientos (4%, 6%, 8% y 10%) en un período de 15 días, logrando un porcentaje de remoción de 97.78 % con una dosis de 10 %, presentando diferencias significativas para el parámetro de DQO con respecto a la muestra inicial sin tratar. De igual manera, en la investigación de Espinoza y Zambrano (24), el parámetro DQO

presentó un porcentaje de remoción del 58,70 % a una dosis del 2 %, presentando diferencias significativas. Asimismo, en la investigación de Mamani et al. (27) se obtuvo un porcentaje de remoción del 78 %

**Objetivo Específico 4:** Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.

**Tabla 15.** *Análisis de Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL)*

Variable	Tratamiento	Resultados	Unidad	Límite de cuantificación del método (LCM)
<b>Coliformes fecales por número más probable</b>	<b>T0</b>	350 x 10 <sup>3</sup>	NMP/100mL	-
	<b>T1</b>	920 x 10 <sup>2</sup>		
	<b>T2</b>	540 x 10 <sup>3</sup>		
	<b>T3</b>	920 x 10 <sup>3</sup>		

**Tabla 16.** *Análisis de porcentaje de remoción para los Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL) a los 15 días*

Variable	Tratamiento	Resultados	Eficiencia
<b>% de remoción de Coliformes fecales</b>	<b>T0</b>	350 x 10 <sup>3</sup>	-
	<b>T1</b>	920 x 10 <sup>2</sup>	73.71 %
	<b>T2</b>	540 x 10 <sup>3</sup>	No eficiente
	<b>T3</b>	920 x 10 <sup>3</sup>	No eficiente

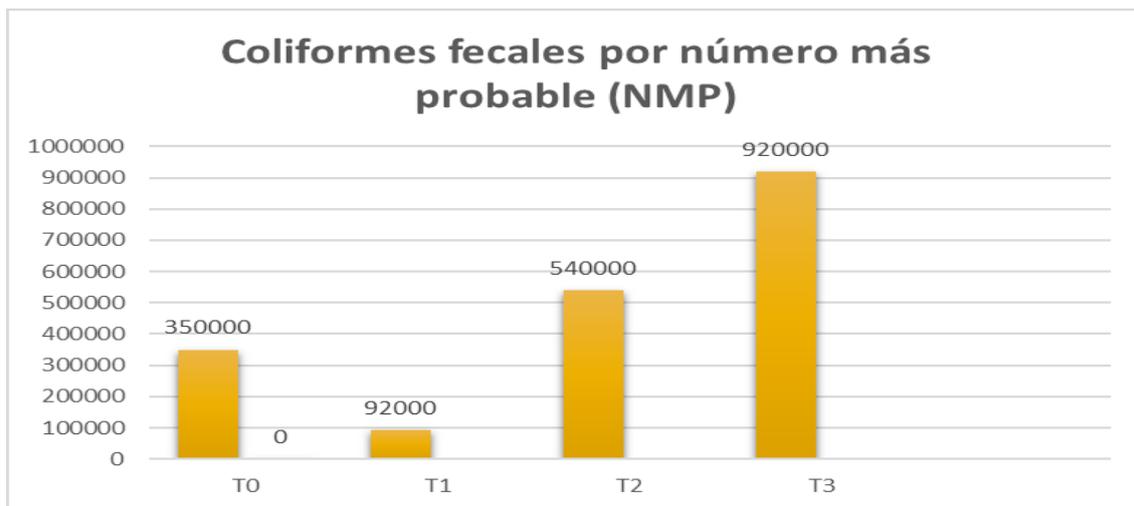


Figura 6. Comparación de los Coliformes Fecales por número más probable entre las muestras

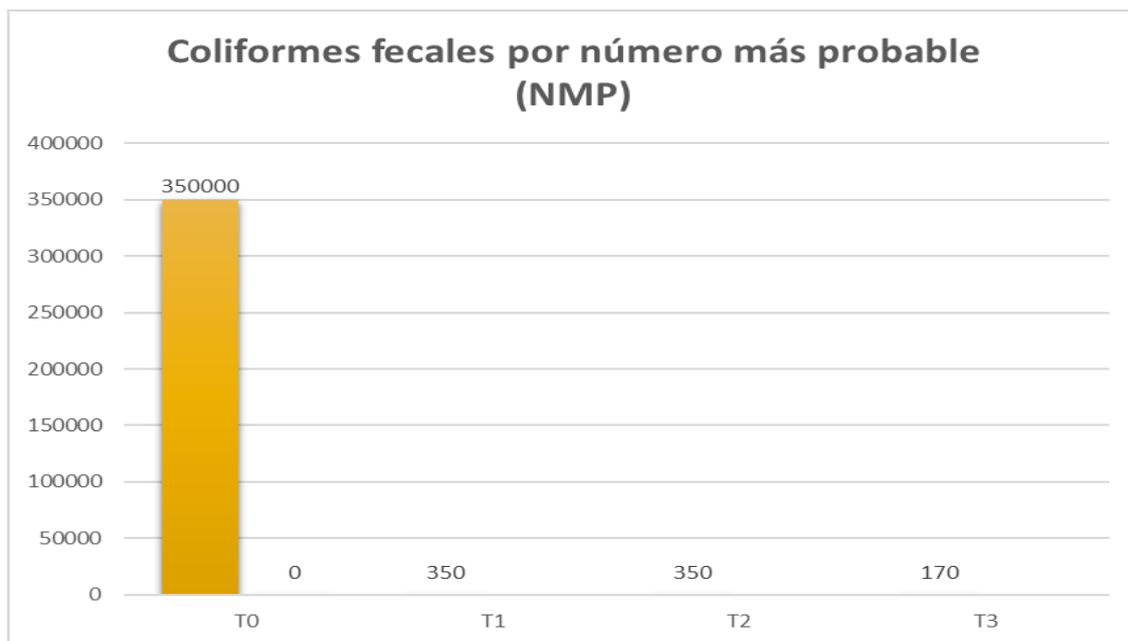
En la Tabla 16 y Figura 6, se observaron los resultados del análisis de la demanda de Coliformes fecales por número más probable entre la muestra preliminar y las muestras posteriores. Se observa que la muestra preliminar se obtuvo un valor de  $350 \times 10^3$  mg/L, el tratamiento de 4 mL tuvo un resultado de  $920 \times 10^2$  mg/L con un porcentaje de remoción de 73.10 %, el de 8 mL un resultado de  $540 \times 10^3$  mg/L y el de 12 mL un resultado de  $920 \times 10^3$  mg/L. Finalmente, el tratamiento 1 obtuvo un porcentaje de remoción óptimo de 73.10 % y las otras 2 pruebas evaluadas a los 15 días resultaron ser no eficientes, ya que sobrepasaba por mucho el valor de la prueba preliminar.

Tabla 17. Análisis de Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL)

Variable	Tratamiento	Resultados	Unidad	Límite de cuantificación del método (LCM)
Coliformes fecales por número más probable (NMP)	T0	$350 \times 10^3$	NMP/100mL	-
	T1	350		
	T2	350		
	T3	170		

**Tabla 18.** Análisis de Coliformes Fecales por número más probable (NMP/100mL) a los 30 días

Variable	Tratamiento	Resultados	Eficiencia
Coliformes fecales por número más probable (NMP)	T0	350 x 10 <sup>3</sup>	-
	T1	350	99,99
	T2	350	99,99
	T3	170	99,95



*Figura 7.* Comparación de Coliformes Fecales por número más probable entre las muestras.

En la Tabla 17 y Figura 7, se observaron los resultados del análisis de la demanda de Coliformes fecales por número más probable entre la muestra preliminar y las muestras posteriores. Se observa que la muestra preliminar se obtuvo un valor de 350 x 10<sup>3</sup> mg/L, el tratamiento de 4 mL tuvo un resultado de 350 mg/L con un % de remoción de 99,99%, el tratamiento de 8 mL un resultado de 350 mg/L con un % de remoción de 99,99% y el tratamiento de 12 mL un resultado de 170 mg/L con un % de remoción de 99,95 %

En la investigación de Kaur et al. (26), evaluaron los tratamientos en un período de 105 días, logrando un porcentaje de remoción >99 %.

#### 4.2. Prueba de hipótesis

Antes de analizar las pruebas inferenciales, se obtuvo la prueba de normalidad para cada parámetro evaluado, esto se realizó, para saber qué tipo de distribución tienen y de

acuerdo el tipo de prueba a utilizar, en caso se tenga una distribución normal, se justifica el uso de pruebas paramétricas como el ANOVA, caso contrario, exista una no normalidad, se utilizarán pruebas no paramétricas.

**Tabla 19.** Pruebas de normalidad para cada los parámetros DBO5, DQO y Coliformes termotolerantes

<b>Variables</b>	<b>Estadístico</b>	<b>Valor p</b>	<b>Prueba para el análisis</b>
DQO	0.974	>0.10	Paramétrica-ANOVA
DBO	0.968	>0.10	Paramétrica - ANOVA
Coliformes	0.883	0.045	No paramétrica - Friedman

En la Tabla 17, se obtienen los resultados de la prueba de normalidad mediante la prueba de Ryan-Joiner, en donde para las variables DBO y DQO, se obtuvo un valor-p mayor a 0.1 (Valor-p >0.1), lo que significa que dichas variables tienen una distribución normal, y se justifica el uso de pruebas paramétrica para el análisis inferencial, siendo más específicos la prueba llamada ANOVA. Sin embargo, para el caso de las coliformes, se halló un valor-p igual a 0.045 este es menor a 0.05, entonces, dichas variable no tiene una distribución normal, debiéndose utilizar pruebas no paramétricas como la Friedman.

**Hipótesis específica 1:**

H1: Evaluar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.

**Tabla 20.** ANOVA para la demanda química de oxígeno (DQO)

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Dosis ME (ml)	2	4747.6	2373.8	6.87	0.127
Tiempo (días)	1	10242.4	10242.4	29.63	0.032
Error	2	691.3	345.6		
Total	5	15681.3			

En la Tabla 18, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de demanda química de oxígeno, en donde la dosis utilizada para el tratamiento tuvo un efecto no significativo, pues su valor-p fue igual 0.125, siendo este mayor a 0.05 (Valor-p=0.127>0.05), entonces se dice que la dosis no tuvo un efecto significativo sobre el parámetro DQO. No obstante, se halló que el

tiempo de contacto (en días) tuvo diferencias significativas, al tener un valor-p igual a 0.032 (Valor-p=0.032<0.05), lo que se traduce, en que pasado los días los microorganismos eficaces tienen un efecto significativo sobre el parámetro DQO.

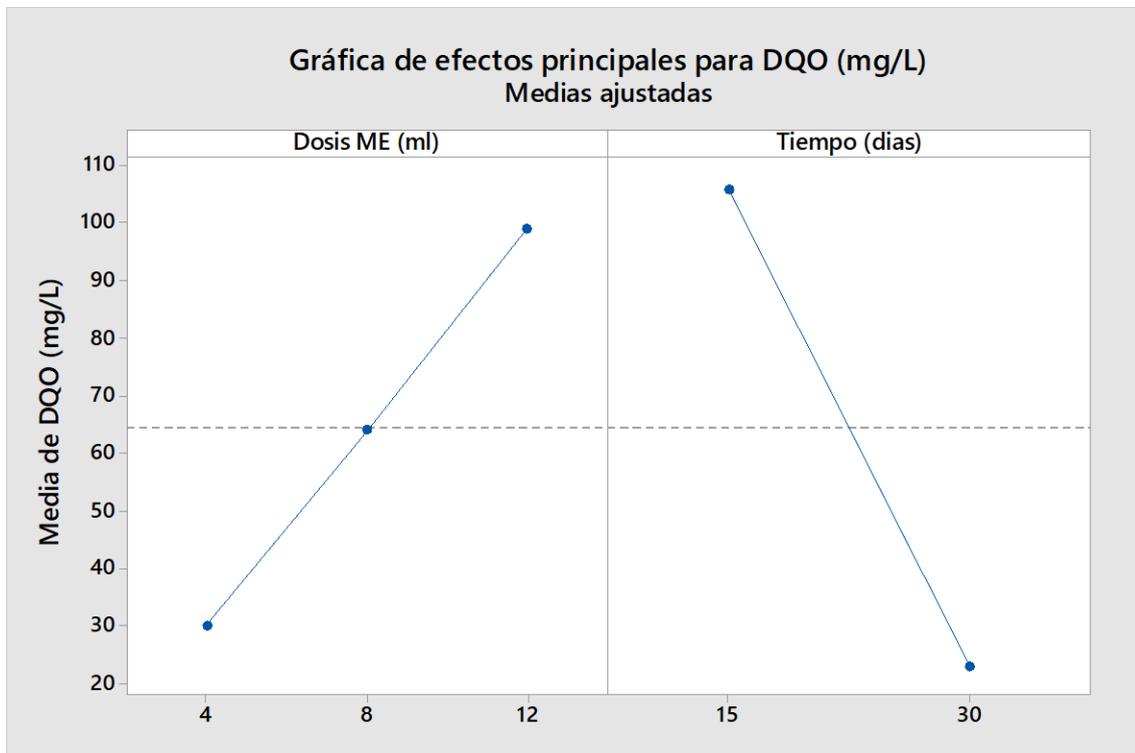


Figura 8. Efectos promedio para el parámetro DQO (mg/L) según la dosis y el tiempo de contacto.

En la Figura 8, se muestran los efectos promedio que tuvieron los microorganismos eficientes sobre la demanda química de oxígeno con respecto a las dosis utilizadas como el tiempo de contacto señalado. De esa manera, se observa que en la dosis de 4ml se obtuvo un menor promedio de concentración de DQO y en la dosis de 12 ml, se obtuvo una mayor concentración. Por otra parte, en el tiempo de contacto, se observa una diferencia entre el día 15 y 30, siendo esta significativa, habiendo disminuido considerablemente.

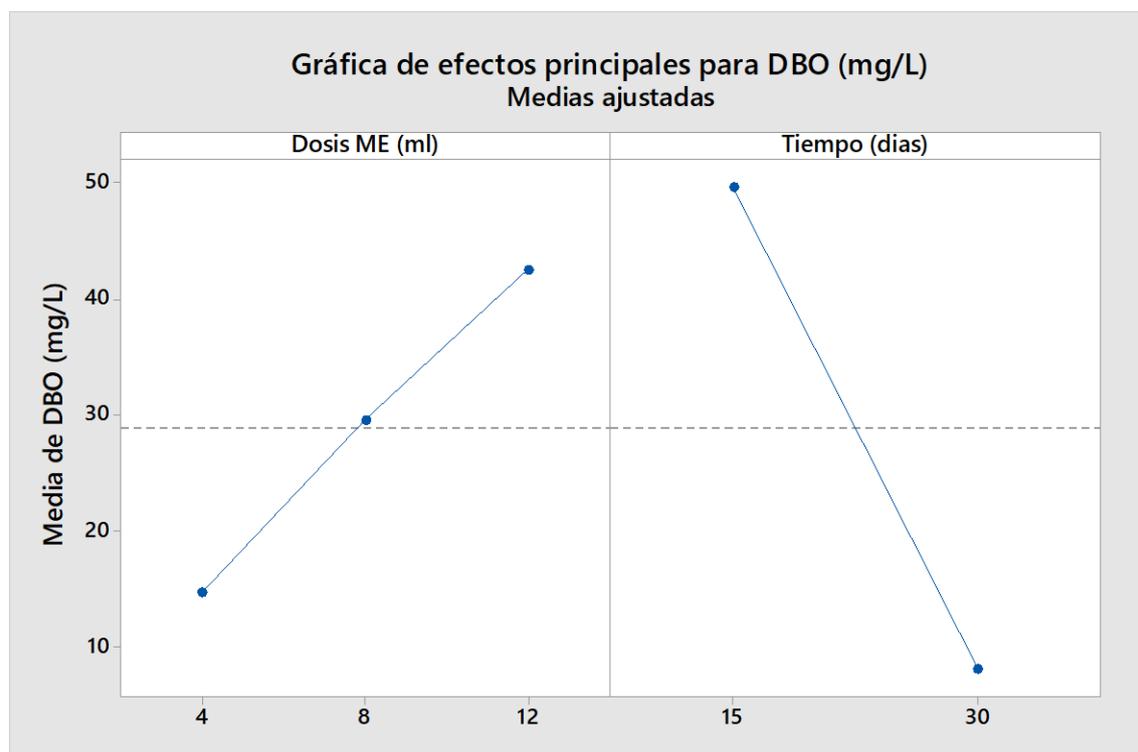
### Hipótesis específica 2:

H2: El efecto que los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DBO5 en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.

**Tabla 21.** ANOVA para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis ME (ml)	2	771.2	385.60	5.26	0.160
Tiempo (días)	1	2583.4	2583.38	35.24	0.027
Error	2	146.6	73.31		
Total	5	3501.2			

En la Tabla 19, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno, en donde la dosis utilizada para el tratamiento tuvo un efecto no significativo, pues su valor-p fue igual a 0.160, siendo este mayor a 0.05 (Valor-p=0.160>0.05), entonces se dice que la dosis no tuvo un efecto significativo sobre el parámetro DBO<sub>5</sub>. Por otro lado, se halló que el tiempo de contacto (en días) tuvo diferencias significativas, al tener un valor-p igual a 0.027 (Valor-p=0.027<0.05), lo que se traduce, en que pasado los días los microorganismos eficaces tienen un efecto significativo sobre el parámetro DBO<sub>5</sub>.



*Figura 9.* Efectos promedio para el parámetro DBO<sub>5</sub> (mg/L) según la dosis y el tiempo de contacto.

En la Figura 9, se muestran los efectos promedio que tuvieron los microorganismos eficientes sobre la demanda bioquímica de oxígeno con respecto a las dosis utilizadas y el tiempo de contacto. De tal forma, se obtiene que la dosis de 4ml se obtuvo un menor promedio de concentración de  $DBO_5$  y en la dosis de 12 ml, se obtuvo una mayor concentración aproximadamente de 40mg/L. Por otra parte, en el tiempo de contacto, se observa una diferencia entre el día 15 y 30, siendo esta significativa, habiendo disminuido considerablemente.

### Hipótesis específica 3:

H2: El efecto que los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de Coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.

**Tabla 22.** Comparación de efectos para los coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

Variable	GL	Chi-cuadrada	Valor p
Dosis	2	0.25	0.882
Tiempo de contacto	1	3.00	0.083

*Nota.* Prueba de Friedman.

En la tabla 20, se exponen los valores de la prueba de Friedman, que sirve para encontrar diferencias entre las diferentes dosis y tiempo de contacto para el parámetro coliformes fecales, en donde la dosis utilizada para el tratamiento tuvo un efecto no significativo, pues su valor-p fue igual a 0.882, siendo este mayor a 0.05 ( $\text{Valor-p}=0.882>0.05$ ), entonces se dice que la dosis no tuvo un efecto significativo sobre el parámetro Coliformes termotolerantes. Por otro lado, se halló que el tiempo de contacto (en días) tuvo ligeramente un valor por encima de 0.05 ( $\text{Valor-p}=0.083>0.05$ ), esto indica que no se hallaron diferencias significativas, al tener un valor-p igual a 0.083 lo que se traduce, en que pasado los días los microorganismos eficaces no tienen un efecto significativo sobre el parámetro Coliformes termotolerantes.

## CONCLUSIONES

- En la evaluación del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) después de los 15 días entre los tratamientos T1 (4 ml), T2 (8 ml) y T3 (12 ml), para lo cual se obtuvieron las siguientes concentraciones respectivamente 58,9 mg/L, 119 mg/L y 139 mg/L. Los resultados fueron no eficientes debido a que sobrepasaron los valores de la muestra preliminar. En la evaluación del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) después de 30 días entre los tratamientos T1 (4 ml), T2 (8 ml) y T3 (12 ml), para lo cual se obtuvieron las siguientes concentraciones respectivamente <1,2 mg/L, 8,9 mg/L y 58,9 mg/L. El tratamiento 1 obtuvo un porcentaje de remoción del 100 %, el tratamiento 2 un porcentaje de remoción del 77,75 % y el tratamiento 3 no fue eficiente, ya que su valor sobrepasaba al valor preliminar de la muestra.
- En la evaluación del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) después de los 15 días entre los tratamientos T1 (4 ml), T2 (8 ml) y T3 (12 ml), para lo cual se obtuvieron las siguientes concentraciones respectivamente 28,7 mg/L, 55,2 mg/L y 65,0. Los resultados fueron no eficientes debido a que sobrepasaron los valores de la muestra preliminar. En la evaluación del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) después de 30 días entre los tratamientos T1 (4 ml), T2 (8 ml) y T3 (12 ml), para lo cual se obtuvieron las siguientes concentraciones respectivamente 0,7 mg/L, 3,8 mg/L y 19,9 mg/L. El tratamiento 1 obtuvo un porcentaje de remoción de 81.58 % siendo el único tratamiento eficiente, a diferencia de los otros 2 tratamientos que resultaron no eficientes, ya que sobrepasaron los valores de la muestra preliminar.
- En la evaluación del parámetro Coliformes Fecales después de los 15 días entre los tratamientos T1 (4 ml), T2 (8 ml) y T3 (12 ml), para lo cual se obtuvieron las siguientes concentraciones respectivamente  $920 \times 10^2$  mg/L,  $540 \times 10^3$  mg/L y  $920 \times 10^3$  mg/L. El tratamiento 1 obtuvo un porcentaje de remoción de 73.71 % siendo el único tratamiento eficiente, a diferencia de los otros 2 tratamientos que resultaron no eficientes, ya que sobrepasaron los valores de la muestra preliminar. En la evaluación del parámetro Coliformes Fecales después de 30 días entre los tratamientos T1 (4 ml), T2 (8 ml) y T3 (12 ml), para lo cual se obtuvieron las siguientes concentraciones respectivamente 350 mg/L, 350 mg/L y 170 mg/L con un porcentaje de remoción de 99,99%, 99,99% y 99,95 %. Los 3 tratamientos resultaron ser eficientes.
- En la evaluación de la prueba de hipótesis para el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO), la dosis tuvo un efecto no significativo, ya que obtuvo un p-value de

0.125. El tiempo de contacto si presentó diferencias significativas con un p-value de 0.032, es decir que, a mayor cantidad de días, los microorganismos eficaces presentan un efecto significativo.

- En la evaluación de la prueba de hipótesis para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), la dosis tuvo un efecto no significativo, ya que obtuvo un p-value de 0.160. El tiempo de contacto si presentó diferencias significativas con un p-value de 0.037, es decir que, a mayor cantidad de días, los microorganismos eficaces presentan un efecto significativo.
- En la evaluación de la prueba de hipótesis para el parámetro Coliformes Fecales, la dosis tuvo un efecto no significativo, ya que obtuvo un p-value de 0.882. El tiempo de contacto si presentó diferencias significativas con un p-value de 0.083, es decir que, a mayor cantidad de días, los microorganismos eficaces presentan un efecto significativo.

## RECOMENDACIONES

- Es deseable ampliar la aplicación de tratamientos con respecto a las dosificaciones y así tener una muestra más significativa al momento de evaluar los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y coliformes termotolerantes o fecales.
- Ampliar la aplicación de tratamientos con respecto al tiempo de contacto y así tener una muestra más significativa al momento de evaluar los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y coliformes termotolerantes o fecales.
- Analizar otros tipos de microorganismos eficaces y compararlos con los realizados en el presente estudio con el fin de obtener resultados más óptimos en el tratamiento de aguas.
- Se sugiere que para estudios posteriores se realice la caracterización de los microorganismos efectivos con respecto a diferentes concentraciones o diferentes puntos de muestreo de aguas.
- Se sugiere que, para obtener una calidad de agua óptima, pase por tratamientos adicionales como la técnica de cloración y de esta manera poder eliminar todos los microorganismos presentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Aguas residuales: convertir el problema en solución. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.* NAIROBI: UNEP : s.n., 2023.
2. *Agua para consumo humano. Organización Mundial de la Salud.* s.l. : OMS, 2023.
3. *Agua y Saneamiento. Organización panamericana de la Salud [OPS].* 2020.
4. *La calidad de las aguas residuales domésticas. Osorio, Miguel, y otros.* 3, Macas : s.n., 2021, Polo del Conocimiento, Vol. 6. 2550 - 682X.
5. *Wastewater – Turning Problem to Solution. A UNEP Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme.* Nairobi: UNEP : s.n., 2023.
6. *Efecto de la descarga de agua residual poblacional en la carga orgánica y coliformes termotolerantes del río Ichu, distrito de Acoria - Huancavelica - 2021. Aliaga, María, Carbajal, Nisbeth y Solis, Eybi.* Huancayo: Universidad Continental : s.n., 2021.
7. *Los servicios básicos de agua potable y electricidad como sectores clave para la recuperación transformadora en América Latina y el Caribe. Organización de Naciones Unidas.* 2022.
8. **Higa, T y G.N., Wididana.** Changes in the soil microflora induced by Effective Microorganisms. [aut. libro] Parr J.F., Hornick S.B. y Whitman C.E. *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming, U.S.* 1991.
9. **Castillo, Lady.** Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. [En línea] 2020. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Castillo\\_Huaman\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf).
10. *Aporte de carga orgánica y coliformes fecales en las descargas de agua residual al lecho del río Sullcas en temporadas de estiaje en el tramo Condominio bellavista-desembocadura, Huancayo 2021. Arias, Yony, Calderón, Ada y Orellana, Jean.* Huancayo: Universidad Continental : s.n., 2022.
11. *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Larios, Fernando, Gonzáles, Carlos y Morales, Yennyfer.* s.l. : Saber y Hacer, 2016, Vol. 2, págs. 8-25.
12. *A snapshot of the World's Water Quality: Towards a Global Assessment. United Nations Environment Programme.* Nairobi: UNEP : s.n., 2016.

13. *Microorganismos patógenos en sistemas de abastecimiento de agua para consumo de asentamientos humanos, Ucayali 2019.* **Tafur, Nelly y otros.** s.l : Investigación Universitaria UNU, Vol. 12, págs. 725-737.
14. *Efecto de Microorganismos Eficaces (ME) en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altoandinas.* **Vigo, Juan.** Universidad Peruana Unión : s.n., 2020.
15. *Eficiencia de remoción de la especie *Hydrocotyle bonariensis* (redondita de agua) y *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en las aguas residuales del río Shullcas - 2021.* **Huamani, Elizabeth, Huayta, Doris y Ortega, Dina.** Huancayo: Universidad Continental : Tesis (Título de ingeniería Ambiental), 2021.
16. **Perú, Gobierno del.** *Recogen media tonelada de residuos del río Shullcas.* 2021.
17. *Plan vial provincial participativo de Huancayo 2012-2021.* . **Municipalidad de Huancayo.** Provincia de Huancayo : s.n. : s.n., 2021.
18. *Impacto Positivo Mediante el Proyecto Recuperación Ecológica, Ambiental Y Social De La Sub Cuenca Del Río Shullcas.* **Universidad Continental.** s.l : Blog Continental, 2023.
19. *Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338.* **Autoridad Nacional del Agua.** Lima : Ediciones ANA, 2019.
20. *Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Huancavelica en el 2020.* **Gonzales, Elizabeth y Quispe, Rosadhit.** Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2020.
21. *Applying membrane-less electrolyzed water for inactivating pathogenic microorganisms.* **Hsu, Y y otros, y.** s.l : Applied Ecology and environmental Research, 2019, Vol. 17, págs. 15019-15027.
22. *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018.* **Delgado, Juan.** Huancayo : Universidad Continental. Tesis (Título de Ingeniería ambiental), 2019.
23. *Empleo de microorganismos eficientes (biopreparado) en remoción de DBO5 y DQO de lodos residuales de industrias pesqueras, con base en compostaje.* **Escobar, Kurt y Molina, Cesar.** s.l : Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 2019. Tesis (Licenciatura).
24. *Eficiencia de microorganismos (*Saccharomyces sp*, *Lactobacillus spp*, *Rhodospseudomonas spp*) en el tratamiento de aguas residuales de la ESPAM MFL.* **Espinoza, María y Zambrano, Stefany.** Calceta : ESPAM MFL, 2019, pág. 58.

25. *Coliforms removal efficiency of Wupa wastewater treatment plant, Abuja, Nigeria.* **Balogun, Samsom y Ogwueleka, T.** s.l. : Energy Nexus, 2021, Vol. 4. ISSN 2772-4271.
26. *Sustainable and effective microorganisms method for wastewater treatment.* **Kaur, Bhupinder, y otros.** s.l. : Desalination and Water Treatment, Julio de 2024, Vol. 319.
27. *Depuración de aguas residuales domésticas con Microorganismos Eficientes en condiciones altiplánicas en sistema mixto (anaerobio-aeróbico).* **Callata, Rose, y otros.** 26, UNACIENCIA : Revista de Estudios e Investigaciones, 2021, Vol. 14, págs. 60-67. ISSN-e 2711-0303.
28. *Propuesta de tratamiento de aguas residuales en el centro de beneficio María de Fátima del distrito de La Victoria.* **Mestanza, Milagros.** Lima : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
29. *Influencia de microorganismos eficaces en la remoción de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Quilcas, 2019.* **Romero, Pollet.** Huancayo : Universidad Continental, 2020. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental).
30. *Efecto del tratamiento contingente de coliformes termotolerantes en efluente de PTAR del Centro Poblado Huamanmarca - Huayucachi, Huancayo 2021.* **García, Zoraya.** Huancayo : Universidad Continental, 2022. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Ambiental).
31. *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas.* **Tanya, Mariuxi y Leiva, Michel.** Santa Clara : Centro Agrícola, 2019, Vol. 46, págs. 93-103.
32. *Microorganismos eficientes en la descontaminación de agua subterránea y su implicancia en la producción y calidad de lechuga hidropónica.* **Guanilo, Ruddy y otros,** y. 77-82, Manglar : s.n., 2021, Vol. 18.
33. *Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia.* **Vargas, Adriana, y otros.** 2, Ingenieare. Revista chilena de ingeniería, Vol. 28.
34. *Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador.* **Montero-Vega, Fernando, y otros.** 1, Ciencia, Ambiente y Clima, Vol. 3.
35. **IANAS.** *Calidad del Agua en las Américas. Riesgos y oportunidades.* UNESCO. 2019.
36. **Comercio.** *Cuaderno de comercio y sostenibilidad: huella hídrica.* Diario El Comercio. 2017.

37. **Mux, Victor.** *Determinación del índice de sostenibilidad hídrica de cuencas de la parte alta del río Naranjo.* Universidad de San Carlos de Guatemala. 2022. Tesis de Maestría.
38. **Quispe, Uriel.** *Ecoeficiencia del sector agrícola y huella hídrica para la sostenibilidad económica, provincia de Chupaca-2020.* Universidad Nacional del Centro del Perú. 2021. Tesis de Doctorado.
39. **Eliosdanis, Juan y Amalia, Claudia.** *Contaminación hídrica y sus efectos perjudiciales.* 2021.
40. *Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión.* **Pabón, S, y otros.** 27, 2020, Entre Ciencia e Ingeniería, Vol. 14, págs. 9-18.
41. *Integrated Determination of Chemical Oxygen Demand and Biochemical Oxygen Demand.* **Qi, Mengmeng y otros., y. s.l.** : Polish Journal of environmental Studies, 2021, Vol. 30, págs. 1785-1794.
42. *A Residual Analysis for the Removal of Biological Oxygen Demand through Rotating Biological Contactor.* **Rafique, Muhammad y otros., y. 2, s.l.** : Mehran University Research Journal of Engineering and Technology, 2021, Vol. 40, págs. 459-464.
43. *Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable.* **Rossel, Luis y otros, y. 2, s.l.** : Revista de Investigaciones Altoandinas, 2020, Vol. 22, págs. 68-87.
44. **Higa, T y Parra, J.** *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment.* Japón : s.n., 1994.
45. **Sánchez, J.** *Evaluación y monitoreo microbiológico y fisicoquímico de una planta de tratamiento de agua residual por rizofiltración, en una empresa productora de discos compactos.* Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá : s.n., 2003.
46. *Sustainable water management in urban, agricultural, and natural systems.* **Russo, T, Alfredo, K y Fisher, J.** 12, Water (Switzerland), Vol. 6, págs. 3934-3956.
47. **Moreno, L.** *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno.* España : s.n., 2003.
48. **Ministerio de Ecología de Recursos Naturales Renovables y Turismo.** Misiones Argentina. [En línea] Julio de 2007. <http://www.misiones.gov.ar/ecologia/Todo/EducacionAmbiental/diccionarioambiental.htm>.
49. *Las variables como elemento sustancial en el método científico.* **Arroyo Valenciano, Juan Antonio.** 1, s.l. : Revista Educación, 2022, Vol. 46.

50. *Diseños de investigación experimental. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 10(1), 1-7. Galarza, Carlos . 1, s.l. : CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 2021., Vol. 10, págs. 1-7.*
51. *Tipos de investigación. Nicomedes, Esteban. s.l. : Universidad Continental, 2018.*
52. *Introducción a la seguridad hídrica. Rojas, Alberto y Velitchko, Tzatchkov. 2022, pág. 290.*
53. *Estado del Ambiente y los Impactos. Ministerio del Ambiente [MINAM]. 2021.*
54. *Contaminación agrícola por uso de aguas residuales. Aguilar, Juan y Cubas, Napoleón. 13, Chota, Perú : Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, 2021, Vol. 5. 2664 – 0902.*
55. *El mercado de agua y saneamiento en Perú. Oficina Económica y comercial de la embajada de España. Lima : ICEX España Exportación e Inversiones, E.P.E., 2022.*
56. *Río Shullcas es cloaca contaminada por desagüe y basura. . Redacción Correo. s.l. : Diario Correo, 2013.*

## ANEXOS

### ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables/ Indicadores	Metodología
<p><b>General:</b> ¿Qué efecto tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024?</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué concentración de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes tienen las aguas del Río Shullcas, 2024?</li> <li>2. ¿Qué efecto tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024?</li> <li>3. ¿Qué efecto tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DBO5 en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024?</li> <li>4. ¿Qué efecto tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024?</li> </ol>	<p><b>General:</b> Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar las concentraciones de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes que tienen las aguas del Río Shullcas, 2024</li> <li>2. Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.</li> <li>3. Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DBO5 en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.</li> <li>4. Determinar el efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024.</li> </ol>	<p><b>General:</b> El efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) en la remoción de DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) a los 15 y 30 días en la remoción de DQO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.</li> <li>2. El efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) a los 15 y 30 días en la remoción de DBO en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.</li> <li>3. El efecto que tienen los microorganismos eficaces (EM) a los 15 y 30 días en la remoción de coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del Río Shullcas, 2024 es significativo.</li> </ol>	<p><b>Unidad de análisis:</b></p> <p><b>Variable Independiente:</b> Microorganismos eficaces.</p> <p><b>Dimensiones:</b> Dosis y tiempo de contacto.</p> <p><b>Indicadores:</b> mL días.</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Porcentaje de remoción de DQO DBO5 y coliformes termotolerantes.</p> <p><b>Dimensiones:</b> Medir el porcentaje de remoción.</p> <p><b>Indicadores:</b> %.</p>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño:</b> Cuantitativo experimental</p> <p><b>Nivel:</b> Aplicada</p> <p><b>Tipo:</b> Básica-Aplicada</p> <p><b>Métodos:</b> Método experimental Método estadístico</p> <p><b>Técnicas e Instrumentos:</b> <b>De muestreo:</b> Guía de verificación de procedimiento. <b>De recolección de datos:</b> Guía de observación y monitoreo. <b>De procesamiento de datos:</b> técnica estadística (gráficos y tablas). <b>De análisis:</b> Técnicas de confiabilidad.</p>

## ANEXO 2 – CADENA DE CUSTODIA



### CADENA DE CUSTODIA

F - RTM - 04  
Revisión: 05  
Fecha: 22-01-2021  
Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN						N° Cadena de Custodia: 2403074A		N° Plan de Muestreo: ---	
Cliente: GRUPO URBAN DREAM INGENIERIA Y ARQUITECTURA SOSTENIBLE S.A.C. Dirección del Cliente: JR. MANCO CAPAC NRO. 162 URB. CERCADO AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO RUC: 20603464347      Teléfono(s): 952021179 / 992846955 Atención a: ANTHONY LOAYZA RAMOS      Correo: grupourdream@gmail.com						Preservante			
<b>DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO</b>						Tipo de frasco / envase (2)			
Usuario: FERNANDEZ QUISPE RONALD      N° de Orden de Trabajo: 2403015 Muestreo realizado por: FERNANDEZ QUISPE RONALD      Analista de Campo: ---		Lugar de Muestreo: RIO SHULLCAS ( APLICACION DE MICROORGANISMOS BETA-CASSETTE PARA LA DETERMINACION DE COLO DBO Y COLIFORMES TERMOFILICOS EN TRATAMIENTO DE AGUA DEL RIO SHULLCAS - 2024. )		Procedimiento del Muestreo: ---		ENSAYO (S) SOLICITADO (S)			
Contacto de Campo: ---      Ensayo: Agua Natural Superficial - Rio		Contacto R-LAB: Guayan Carhuanchu, Katerino Judio      Teléfono(s): ---      Correo: --- Teléfono(s): 969 335894      Correo: recepcion.rtm@gmail.com		Identificación de la muestra: SH-01      Código del laboratorio: 2403074A-01      Fecha de muestreo (D/M/A): 06/03/24      Hora de muestreo (24:00): 13:41      Tipo de matriz y/o producto (1): ANSR      N° de envases/frascos: 03      Estado de conserv. (3): P/R      Descripción del punto de muestreo: ---		Demanda Biológica de Oxígeno      Demanda Química de Oxígeno      Coliformes fecales por Número más probable (NMP)			
<b>RECEPCIÓN DE ESTE DOCUMENTO ES SEÑAL DE CONFORMIDAD</b>						VILLA EL SALVADOR RECIBIDO Laboratorio de Ensayo R-LAB-S.A.C. Fecha: 07/03/2024 Hora: 11:00 T° de Muestra: T.C.V = 5,3 °C Firma: <i>[Firma]</i>			
OBSERVACIÓN: 1BL (474486E; 8665521N)									
Devolución de Items de Ensayo: SI ( ) NO ( <input checked="" type="checkbox"/> )      (3) TEMPERATURA: AMBIENTE(T), PRESERVADO(P), REFRIGERADO(R)						CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)			
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSbM) / Fozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE (H); TUBO ADSORBENTE: (TA); SOLUCIÓN CAPTADORA: (SC); FILTRO: (F); METEOROLOGÍA: (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); RUÍDO: (RU); SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes irregulares (SII), Vivas (SV); OTROS (O):						NOMBRE: FERNANDEZ QUISPE RONALD CARGO: TESISISTA FIRMA: <i>[Firma]</i>			
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCION DE MUESTRAS									
Entregado por: FERNANDEZ QUISPE RONALD		Firma: <i>[Firma]</i>		Recibido por: Lariza Tamayo C.		Firma: <i>[Firma]</i>		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	
OBSERVACIONES: Termómetro utilizado para medir la temperatura de las muestras que ingresan al laboratorio: 4110615								En buen estado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Recipiente apropiado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Correctamente preservadas: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> CONFORME: <input checked="" type="checkbox"/> NO CONFORME: <input type="checkbox"/>	

## ANEXO 3 – EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

### Etapa de Campo

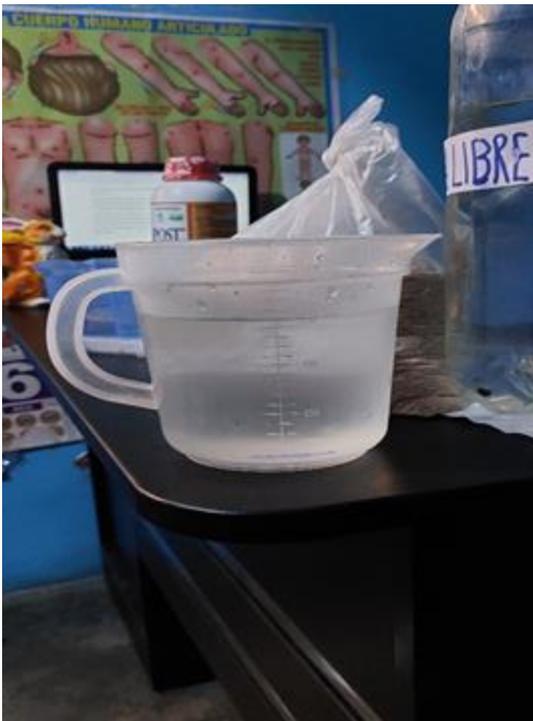
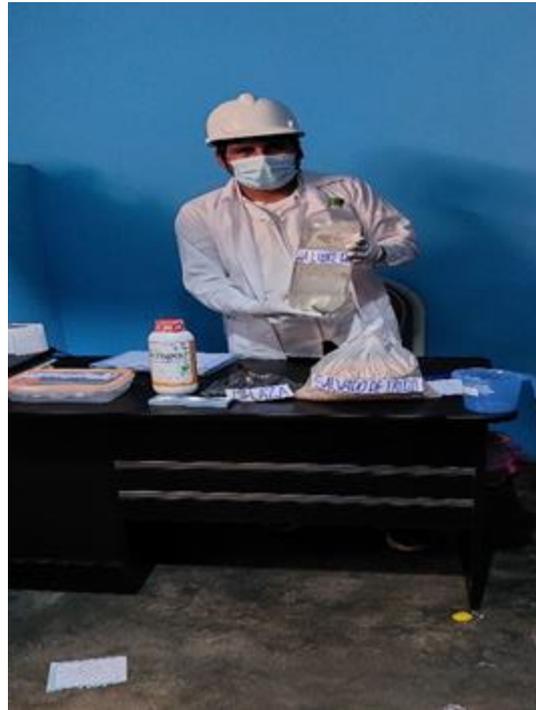
#### Toma de muestra

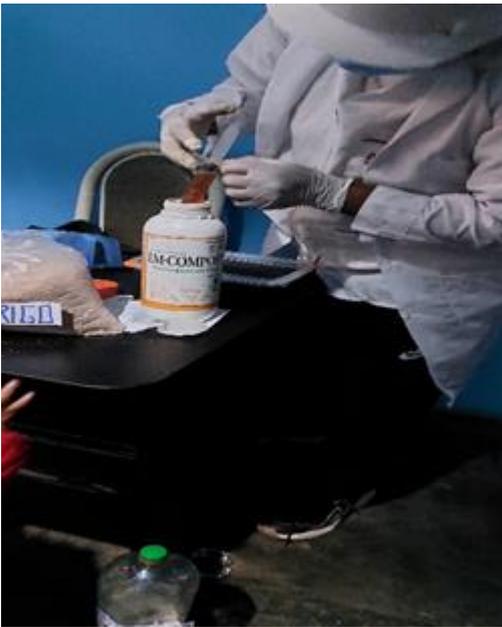




## Etapa Experimental

### Proceso para la activación de los microorganismos





## Toma de muestra para los tratamientos



## Aplicación de los tratamientos



## Toma de muestra para los análisis del laboratorio

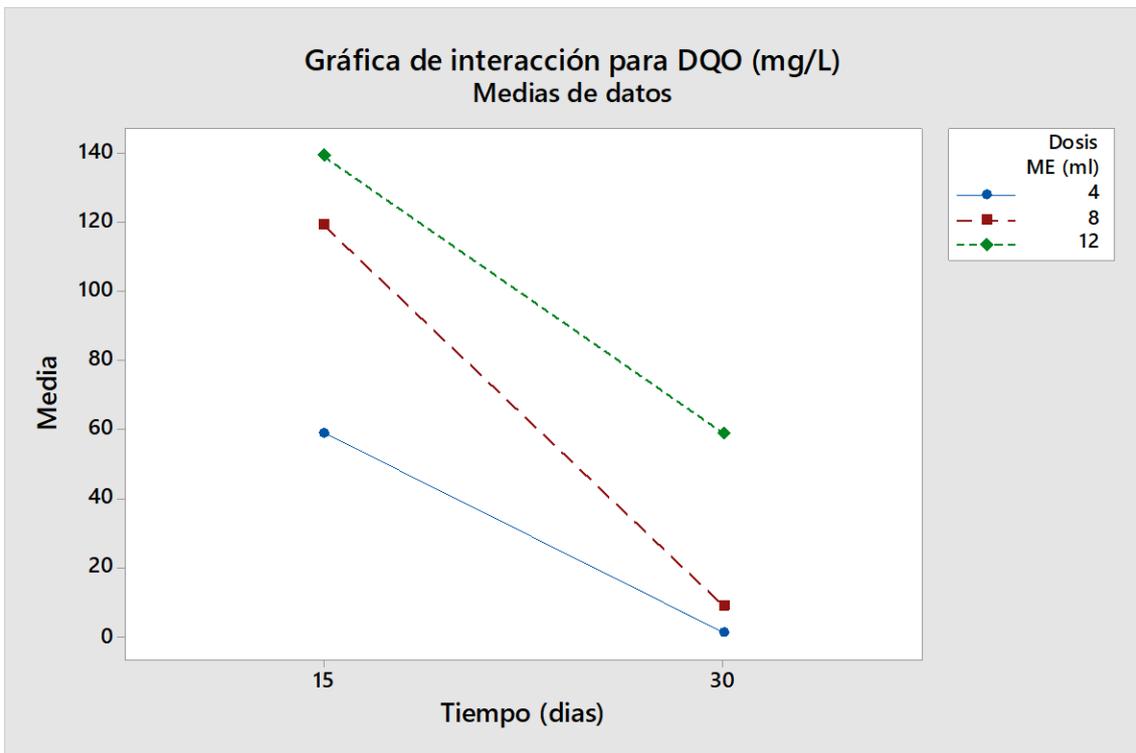
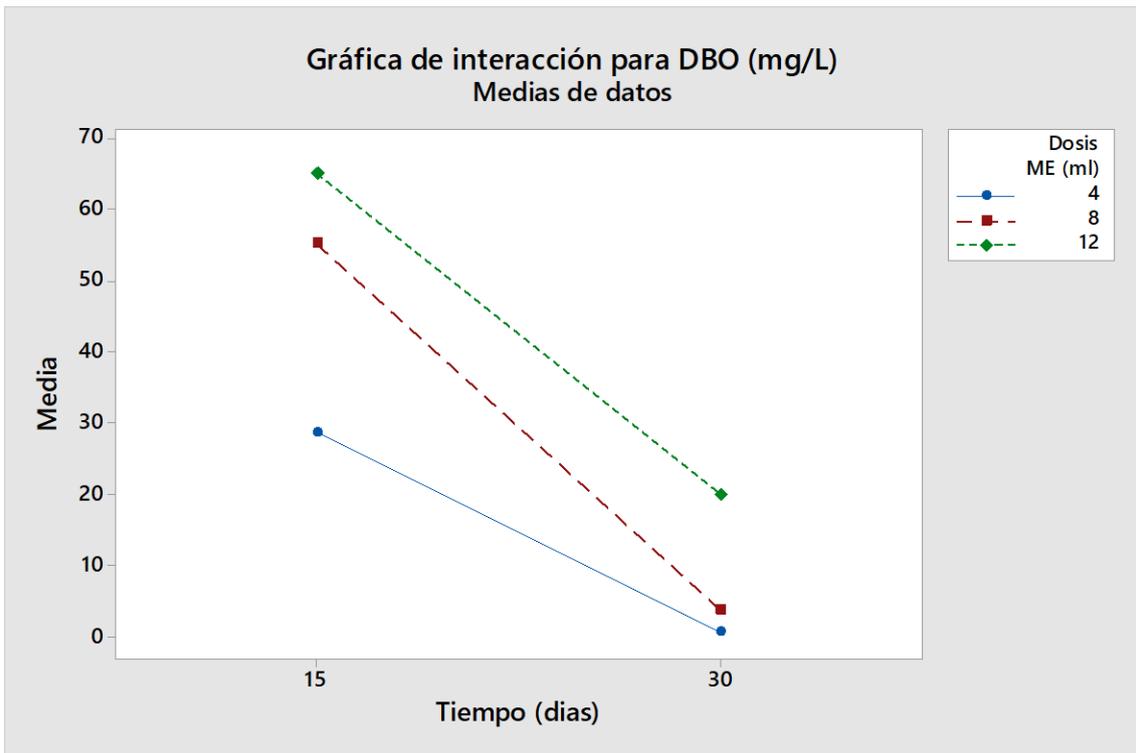
Se tomaron las muestras que tuvieron un tiempo de contacto de 15 días de cada jarra con distintas dosificaciones (4 ml, 8 ml y 12 ml) para medir los parámetros DQO, DBO5 y Coliformes termotolerantes.



Se tomaron las muestras que tuvieron un tiempo de contacto de 30 días de cada jarra con distintas dosificaciones (4 ml, 8 ml y 12 ml) para medir los parámetros DQO, DBO5 y Coliformes termotolerantes.



## ANEXO 4– Otros resultados



## Prueba de Friedman: Coliformes NMP/100 ML vs. Dosis (ml) y Tiempo (dias)

### Método

Tratamiento = Dosis ME (ml)

Bloque = Tiempo (dias)

### Estadísticas descriptivas

Dosis ME (ml)	N	Mediana	Suma de clasificaciones
4	2	46175	3.5
8	2	270175	4.5
12	2	460085	4.0
General	6	258812	

## Prueba de Friedman: Coliformes NMP/100 ML vs Tiempo (dias), Dosis ME (ml)

### Método

Tratamiento = Tiempo (dias)

Bloque = Dosis ME (ml)

### Estadísticas descriptivas

Tiempo (dias)	N	Mediana	Suma de clasificaciones
15	3	540000	6.0
30	3	350	3.0
General	6	270175	