

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGRÍCOLA**



**Niveles de contaminación de las aguas residuales de la quebrada  
Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán – Tumbes  
2024**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de Ingeniera Agrícola**

**Br. Alessandra Geraldine Medina Malmaceda**

**Tumbes, 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGRÍCOLA**



**Niveles de contaminación de las aguas residuales de la quebrada  
Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán – Tumbes  
2024**

**Tesis aprobada en forma y estilo por:**

**Dr. Puño Lecarnaque, Napoleón**

**Presidente**

**Mg. Rimaycuna Ramírez, John Henry**

**Secretario**

**Dr. Carrillo Sarango, José Modesto**

**Vocal**

**Tumbes, 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGRÍCOLA**



**Niveles de contaminación de las aguas residuales de la quebrada  
Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán – Tumbes  
2024**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido  
y forma:**

**Br. Medina Malmaceda, Alessandra Geraldine**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alessandra Medina Malmaceda', written over a horizontal line.

**Ejecutora**

**Dr. Carrillo Sarango, José Modesto**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Modesto Carrillo Sarango', written over a horizontal line.

**Asesor**

**Tumbes, 2025**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO**  
**SECRETARIA ACADÉMICA**



*"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"*

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL**

En Tumbes, a los 19 días del mes de **NOVIEMBRE** del 2025, siendo las 20 **Horas con 5 minutos**, en el aula virtual 2, del **Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias**, se reunieron el Jurados Calificador designados por **RESOLUCIÓN N°195-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, Dr. Napoleón Puño Lecarnaque** (Presidente); **Mg. John Henry Rimaycuna Ramírez** (secretario) **Dr. José Modesto Carrillo Sarango**, (Vocal), reconociendo en la misma resolución, al **Dr. José Modesto Carrillo Sarango como (Asesor)**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: **"Niveles de Contaminación de las Aguas Residuales de la Quebrada Pedregal en el Centro Poblado Andrés Araujo Morán – Tumbes 2024"** , la cual fue realizada de modalidad virtual por las razones justificarias del **Dr. Napoleón Puño Lecarnaque** las mismas que se indican en documento adjunto para optar el **Título Profesional de Ingeniero Agrícola**, presentado por la **Bach. Alessandra Geraldine Medina Malmaceda**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la **Bach. Alessandra Geraldine Medina Malmaceda APROBADA** por **UNIMIDAD**, con el calificativo de **SOBRESALIENTE**, se hace conocer al sustentante, que deberá levantar observaciones finales echas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda **APTA** para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de **Ingeniero Agrícola**, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las **21 horas con 00 minutos** del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 19 de noviembre del 2025

<b>Dr. Napoleón Puño Lecarnaque</b> DNI: 00225904 CODIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085 Presidente	<b>Mg. John Henry Rimaycuna Ramírez</b> DNI: 70047386 CODIGO ORCID: 0000-0002-2767-9733 Secretario
<b>Dr. José Modesto Carrillo Sarango</b> DNI: 00223850 CODIGO ORCID: 0000-0003-0841-3064 VOCAL	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato) JMI/JCO

# Alessandra Geraldine Medina Malmaceda

## Niveles de contaminación de las aguas residuales de la quebrada Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morá...

 Niveles de contaminación de las aguas residuales de la quebrada Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán – Tumbes 2024

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:495256164

Fecha de entrega

9 sept 2025, 14:35 GMT-5

Fecha de descarga

9 sept 2025, 14:56 GMT-5

Nombre del archivo

TESIS\_A.G.Medina M.pdf

Tamaño del archivo

3.0 MB

45 páginas

9702 palabras

52.697 caracteres



Dr. José Modesto Carrillo Sarango  
CÓDIGO ORCID:0000-0003-0841-3064




## 11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dr. José Modesto Carrillo Sarango  
CÓDIGO ORCID:0000-0003-0841-3064

### Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
2	Internet	www.minem.gob.pe	<1%
3	Internet	www.slideshare.net	<1%
4	Internet	reciamuc.com	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Científica del Sur on 2025-05-26	<1%
6	Internet	www.mendeley.com	<1%
7	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
8	Internet	sialpiura.regionpiura.gob.pe	<1%
9	Internet	agris.fao.org	<1%
10	Internet	alt-perubolivia.org	<1%
11	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%

Dr. José Modesto Carrillo Sarango  
CÓDIGO ORCID:0000-0003-0841-3064

12	Internet	hdl.handle.net	<1%
13	Publicación	ECHE INGENIEROS SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA. "PAM...	<1%
14	Internet	pt.scribd.com	<1%
15	Internet	repositorio.unu.edu.pe	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-07-16	<1%
17	Internet	www.iasonline.org	<1%
18	Internet	docplayer.es	<1%
19	Trabajos del estudiante	ucss on 2025-07-09	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2024-11-24	<1%
21	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña on 2022-09-30	<1%
23	Internet	tesis.unap.edu.pe	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola on 2024-02-24	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2021-06-30	<1%

Dr. José Modesto Carrillo Sarango  
CÓDIGO ORCID:0000-0003-0841-3064

26	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-09-05	<1%
27	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
28	Internet	www.scielo.sa.cr	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2019-12-16	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2021-12-03	<1%
31	Internet	cdn.www.gob.pe	<1%
32	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
33	Internet	www.ptolomeo.unam.mx:8080	<1%
34	Internet	1library.co	<1%



Dr. José Modesto Carrillo Sarango  
CÓDIGO ORCID:0000-0003-0841-3064

## RESPONSABLES

Br. Alessandra Geraldine Medina Malmaceda (Autora)



---

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Asesor)



---

## DEDICATORIA

A las generaciones actuales porque:

*"El conocimiento es el único bien que, cuanto más se comparte, más crece".*

– Leonardo da Vinci.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser mi guía y apoyo en cada paso.

A mi familia, por ser mi impulso, fuente de inspiración y razón para alcanzar cada objetivo planteado.

A mi asesor Dr. José Carrillo Sarango por su inquebrantable apoyo, orientación y paciencia durante todo este proceso.

A la ST CRHC Tumbes y el Proyecto Blue Deal, por fomentar la investigación y brindarme las herramientas y recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, a todas aquellas personas que de alguna forma han influido en mi desarrollo profesional y personal, aunque no se mencionen en este espacio, les agradezco profundamente.

Alessandra Medina Malmaceda.

# INDICE

	<b>Página</b>
RESUMEN .....	xix
ABSTRACT .....	xx
I. INTRODUCCIÓN.....	21
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	23
2.1. Bases teórico-científicas .....	23
2.1.1. Aguas residuales .....	23
2.1.2. Clases de aguas residuales.....	23
2.1.3. Contaminación del agua .....	24
2.1.4. Principales causas de contaminación del agua .....	24
2.1.5. Clasificación de fuentes contaminantes.....	24
2.1.6. Agentes contaminantes .....	26
2.1.7. Efectos del vertido de aguas residuales .....	27
2.1.8. Instrumentos de gestión ambiental para la medición de contaminantes en agua.....	29
2.1.9. Calidad de agua.....	30
2.1.10. Parámetros físicos, químicos y biológicos .....	30
2.1.11. Muestreo de agua.....	31
2.1.12. Entidades vinculadas a la fiscalización ambiental de las aguas residuales municipales en el Perú.....	32
2.2. Antecedentes.....	33
2.2.1. Antecedentes internacionales.....	33
2.2.2. Antecedentes nacionales.....	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	38
3.1. Ubicación y tiempo experimental .....	38
3.2. Diseño y tipo de investigación .....	39
3.3. Hipótesis planteada .....	39
3.4. Población y muestra .....	39
3.5. Recopilación de la información básica.....	40
3.6. Selección de puntos de muestreo.....	40
3.7. Frecuencia del muestreo .....	41
3.8. Colecta, conservación y transporte de parámetros <i>ex situ</i> .....	42
3.9. Determinación de los parámetros de calidad.....	42
3.10. Preparación de materiales y equipos.....	42

3.11. Medición de los parámetros <i>in situ</i> .....	43
3.12. Análisis e interpretación de resultados .....	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
4.1. Determinación de los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales de la quebrada Pedregal .....	44
4.2. Factores que determinan la contaminación por aguas residuales en la quebrada Pedregal.....	51
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES .....	54
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
ANEXOS .....	63

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1. Resultados de análisis físico-químicos realizados en muestras de agua de la quebrada Pedregal durante los meses de diciembre de 2024 a enero de 2025.....	45
Tabla 2. Resultados de análisis de aceites y grasas, DBO, DQO y coliformes termotolerantes realizados en muestras de agua de la quebrada Pedregal durante los meses de diciembre de 2024 a enero de 2025.....	48
Tabla 3. Cálculo del índice de calidad del agua de los 5 puntos de muestreo basado en los parámetros temperatura, DBO <sub>5</sub> , SST, OD y conductividad.....	50

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Clasificación de las fuentes contaminantes.....	25
Cuadro 2. Descripción de los agentes contaminantes.....	26
Cuadro 3. Ubicación geopolítica de la quebrada Pedregal.....	39
Cuadro 4. Ubicación geodésica de la quebrada Pedregal.....	39
Cuadro 5. Ubicación en coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025.....	41

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Ubicación de la quebrada Pedregal (distrito, provincia y departamento de Tumbes): a. Puntos de muestreo (PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05), b. Zona de quebrada impactada por un tubo para vertido de aguas residuales domésticas (flecha roja).....	39
Figura 2. Reconocimiento de la zona de muestreo en la quebrada Pedregal durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025. Se identificaron zonas: a, b y e. Zonas de la quebrada Pedregal impactadas por efluentes de aguas residuales procedentes del A.H. 12 de Setiembre, observándose la presencia de lenteja de agua ( <i>Lemna</i> sp.) que es considerado un indicador de calidad de agua, c. Zona de la quebrada Pedregal impactada por residuos domésticos del A.H. Alipio Rosales Camacho y d. Zona de la quebrada Pedregal impactada por efluentes de aguas residuales del A.H. Mafalda Lama.....	40

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Página</b>
Anexo 1. Gráficos de parámetros fisicoquímicos obtenidos en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025.....	63
Anexo 2. Gráficos de parámetros químicos y biológicos obtenidos en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025 .....	64
Anexo 3: Imágenes de la colecta de muestras de agua en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025.....	65
Anexo 4: Cálculo del índice de calidad de agua (ICA) en el programa calculadora del índice simplificado de calidad del agua de la Universidad PURDUE .....	66
Anexo 5. Informes de ensayo de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos evaluados en la quebrada Pedregal.....	67
Anexo 6: Matriz de consistencia.....	73

## RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo de evaluar la calidad del agua en la quebrada Pedregal ubicada en el centro poblado Andrés Araujo de la provincia de Tumbes, mediante el estudio de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, e identificar los factores de contaminación más relevantes. Para este fin, se seleccionaron cinco puntos de muestreo (PM01 a PM05) y se llevaron a cabo tres muestreos, desde diciembre de 2024 hasta enero de 2025. Los resultados mostraron que los puntos PM04 y PM05 exhiben los niveles de contaminación más altos, con valores de DBO<sub>5</sub> que oscilan entre 387.2 y 449 mg/L, DQO que varía entre 530 y 636 mg O<sub>2</sub>/L, coliformes termotolerantes que superan los  $1.5 \times 10^6$  NMP/100 mL, y aceites y grasas que alcanzan hasta 29.5 mg/L; todos estos valores superan considerablemente los límites fijados por los ECA y LMP. Igualmente, la relación DBO<sub>5</sub>/DQO de 0.69 a 0.75 indicó que la carga orgánica se origina mayormente de aguas residuales domésticas recientes. Por otro lado, los puntos PM01, PM02 y PM03 exhibieron valores que se ajustaban a las normas, con una ICA que oscilaba entre 60 y 69 (calidad media), mientras que en PM04 y PM05, los valores de 13 y 9 calificaron la calidad como muy mala. Los factores que provocan esta contaminación incluyen el vertimiento directo de aguas residuales domésticas, la infraestructura de saneamiento insuficiente, las actividades de ganadería aledañas y la gestión incorrecta de desechos sólidos. Los hallazgos destacan la importancia de instaurar sistemas de tratamiento de aguas residuales, optimizar la ubicación de los desechos sólidos, regular las actividades de producción en el área y poner en marcha programas de vigilancia y educación ambiental para restaurar la calidad del agua de la quebrada Pedregal.

**Palabras clave:** aguas residuales, contaminación, DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas, oxígeno disuelto, coliformes

## ABSTRACT

The study was conducted with the aim of assessing the water quality in the Pedregal stream located in the town of Andrés Araujo in the province of Tumbes, by studying physicochemical and microbiological parameters, and identifying the most relevant sources of contamination. For this purpose, five sampling points (PM01 to PM05) were selected and three samplings were carried out from December 2024 to January 2025. The results showed that points PM04 and PM05 exhibit the highest levels of contamination, with BOD<sub>5</sub> values ranging from 387.2 to 449 mg/L, COD ranging from 530 to 636 mg O<sub>2</sub>/L, thermotolerant coliforms exceeding 1.5×10<sup>6</sup> NMP/100 mL, and oils and fats reaching up to 29.5 mg/L; all these values considerably exceed the limits set by the ECA and LMP. Similarly, the BOD<sub>5</sub>/COD ratio of 0.69 to 0.75 indicated that the organic load originates mainly from recent domestic wastewater. On the other hand, points PM01, PM02, and PM03 exhibited values that complied with standards, with an ICA ranging between 60 and 69 (average quality), while at PM04 and PM05, values of 13 and 9 rated the quality as very poor. The factors causing this pollution include direct discharge of domestic wastewater, inadequate sanitation infrastructure, nearby livestock activities, and improper solid waste management. The findings highlight the importance of establishing wastewater treatment systems, optimizing the location of solid waste, regulating production activities in the area, and implementing environmental monitoring and education programs to restore the water quality of the Pedregal stream.

**Key words:** wastewater, pollution, BOD<sub>5</sub>, COD, oils and fats, dissolved oxygen, coliforms

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida humana y el progreso de la sociedad, pero en las últimas décadas se ha ido deteriorando paulatinamente como consecuencia del vertimiento inadecuado de aguas residuales urbanas. La contaminación hídrica se ha convertido en una de las principales problemáticas ambientales y de salud pública a nivel mundial, pues facilita la transmisión de enfermedades gastrointestinales, afecta a los ecosistemas acuáticos y compromete la disponibilidad del recurso para futuras generaciones. Esta situación es particularmente preocupante en países en desarrollo, donde la mayor parte de los efluentes se descarga sin tratamiento alguno, incrementando los riesgos para la población más vulnerable (Leddin, 2024).

En el Perú, uno de los problemas ambientales críticos es la contaminación del agua, que impacta directamente en la calidad de vida de los pobladores y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos, producto del crecimiento urbano y el desconocimiento de los habitantes sobre temas ambientales. Según las estimaciones, el 70 % de las aguas residuales peruanas simplemente se vierten sin tratamiento previo en ríos y arroyos (ANA, 2017). En la región Tumbes, la quebrada Pedregal, ubicada en el centro poblado Andrés Araujo Morán, es una fuente de vertimientos de aguas residuales sin un adecuado tratamiento, lo que podría generar impactos negativos en la salud pública y en el equilibrio ecológico de las zonas aledañas. Estudios recientes llevados a cabo en la ciudad de Tumbes han mostrado que las aguas superficiales tienen niveles elevados de contaminantes: los coliformes termotolerantes llegaron a  $3,3 \times 10^6$  NMP/100 mL, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) llegó a 98,7 mg/L y la demanda química de oxígeno (DQO) fue de 241,4 mg/L. Estos niveles superan considerablemente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del país (Niquén et al., 2021).

Por otro lado, existe normativa vigente que fomenta la protección de las quebradas porque esto no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede tener un impacto positivo en la economía local, ya que pueden convertirse en una fuente de ecoturismo y recreación para las comunidades, lo que generaría beneficios económicos. Así tenemos que, según el Art. 135° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2010) menciona que: “En ningún caso se podrá efectuar vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento en infraestructura de regadío, sistemas de drenaje pluvial ni en los lechos de quebrada seca”. De igual forma la Autoridad Nacional del Agua autoriza el vertido de aguas residuales siempre que estén sujetas previamente a un tratamiento, que garantice cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) y que el estado del cuerpo destinatario posibilite la purificación (Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, 2010)

Este estudio en términos científicos, mejora nuestra comprensión de la calidad del agua urbana en la región de Tumbes, un área que no se ha investigado a fondo en nuestra localidad. Además, permite tomar medidas para reducir la exposición de la población a contaminantes biológicos y químicos, lo que tiene efectos sociales y sanitarios positivos. Desde el punto de vista medioambiental, provee pruebas para proteger la biodiversidad y restaurar los ambientes naturales con el fin de que vuelva a ser un ecosistema próspero. Por último, proporciona a las autoridades locales y regionales las herramientas necesarias para desarrollar planes de gestión medioambiental más eficaces.

Anteriormente, no se ha realizado un análisis detallado y actualizado de la extensión de la contaminación en esta quebrada en particular, lo que hizo necesaria una investigación exhaustiva de sus niveles de contaminación. Por tanto, se plantea evaluar los niveles de contaminación de las aguas residuales de la quebrada Pedregal, analizando los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos del flujo con la finalidad de alcanzar datos veraces, los mismos que se compararon con los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Bases teórico-científicas**

#### **2.1.1. Aguas residuales**

Se definen como el agua que ha sido utilizada para cualquier propósito beneficioso. Comprender las propiedades de las aguas residuales es esencial para el diseño, operación y fiscalización del procedimiento de recolección y tratamiento de aguas negras (Ramírez, 2011).

#### **2.1.2. Clases de aguas residuales**

##### **2.1.2.1. Aguas residuales domésticas**

Son residuos que tienen procedencia residencial y de comercio que poseen residuos fisiológicos de actividades humanas y se tiene la obligación de eliminarse de forma apropiada (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

##### **2.1.2.2. Aguas residuales industriales adecuada**

Son el resultado del desarrollo de los procesos productivos, incluidos los provenientes de actividades mineras, agrícolas, energéticas y agroindustriales (OEFA, 2014).

##### **2.1.2.3. Aguas residuales municipales**

Son aguas residuales domésticas que pueden mezclarse con aguas pluviales o residuales industriales que ya han sido tratadas y entran a la estructura de alcantarillado combinado (OEFA, 2014).

### **2.1.3. Contaminación del agua**

Según Ramírez (2011), la contaminación del agua se refiere a la introducción directa o indirecta de sustancias o energía por parte de los humanos, lo que resulta en los siguientes problemas: daño a los organismos, impacto en la salud humana y la interferencia con actividades económicas como el riego y suministros de agua industrial.

El agua subterránea es generalmente más difícil de contaminar que el agua superficial, pero cuando esto ocurre, se hace aún más dificultoso de purificar. Esto se debe a que las aguas subterráneas se renuevan muy lentamente. Se estima que el tiempo medio de residencia del agua en los ríos es de solo unos pocos días, en comparación con cientos de años en los acuíferos permanentes, lo que dificulta su purificación (Rodríguez, 2009).

### **2.1.4. Principales causas de contaminación del agua**

De acuerdo con MINAM (2011), las razones primarias de la contaminación hídrica son:

- Descarga de aguas residuales domésticas e industriales con altas cargas orgánicas, además de compuestos nocivos en fuentes hídricas, incluidos productos químicos agrícolas, desechos químicos de actividades ilegales y basurero de residuos sólidos.
  
- Tratamiento insuficiente e inadecuado de las aguas residuales domésticas y no domésticas.

### **2.1.5. Clasificación de fuentes contaminantes**

Teniendo en cuenta información de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018), según su procedencia, las fuentes de contaminación se dividen en naturales y provocadas por el hombre (cuadro 1).

El primer grupo son las aguas minero medicinales (agua termal, agua mineral, agua mineral termal), agua de deshielo de glaciares, agua volcánica y agua de drenajes

pluviales. Las fuentes de contaminación natural no líquida, por otro lado, apuntan a depósitos mineralizados naturales, como las minas de sal o las minas de carbón.

Las fuentes antrópicas de contaminación son causadas por aguas servidas, que pueden ser agroindustriales, agrícolas, domésticas, energéticas, hospitalarias, industriales, mineras, municipales, desechos sólidos de administración municipal, no municipal (peligrosas y no peligrosas) y de elementos vertidos abiertamente al agua o “*in situ*”, como desinfectantes, jabón, cal, vertidos clandestinos (derrames), emisiones y traslados de carburante.

Cuadro 1. Clasificación de las fuentes contaminantes.

Por su origen	Por su naturaleza	Por su tipo
Fuente de contaminación natural.	Aguas naturales.	Aguas minero medicinales (termal, mineral, termo mineral), procedentes de la deglaciación, aguas de drenaje fluvial.
	Depósitos naturales.	Depósitos no minerales de sal, de carbón.
Fuentes de contaminación antropogénicas.	Aguas residuales.	Agroindustrial, agropecuaria, domésticas, energética, hospitalaria, industrial, minero-metalúrgica, municipal, de rechazo (salmuera), de limpieza y mixta.
	Residuos sólidos.	De gestión municipal, de gestión no municipal peligrosos y de gestión no municipal no peligrosos.
	Sustancias descargadas <i>in situ</i> .	Procedentes de lavado de: ropa, vehículos, agregados (no metálicos, material de acarreo), cilindros, plásticos, alimentos, incorporación de alimentos para peces en jaulas de cultivo, descarga y trasegado de combustibles y descargas fortuitas (derrames).

Fuente: Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos (ANA, 2018).

### 2.1.6. Agentes contaminantes

Sus concentraciones pueden ser perjudiciales para los individuos vivos (humanos, flora y fauna) o superar los estándares de calidad ambiental (Cuadro 2).

Teniendo en cuenta R.J. N.º 136-2018-ANA (ANA, 2018), “Incluyen sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, patógenos (bacterias, virus, protozoarios, gusanos), nutrientes, compuestos xenobióticos, materia orgánica refractaria, metales pesados, sólidos inorgánicos disueltos, sólidos sedimentables, energía radiactiva y térmica”.

Cuadro 2. Descripción de los agentes contaminantes.

Agentes contaminantes	Descripción
Sólidos en suspensión.	Pueden provocar depósitos de lodos y el desarrollo de condiciones anaerobias.
Materia orgánica biodegradable.	Compuesto principalmente por proteínas, glúcidos y grasa animal. Se mide con mayor frecuencia en términos de DBO y DQO. Conduce a la reducción de las reservas naturales de oxígeno y condiciones infecciosas.
Patógenos (bacterias, virus, protozoarios y gusanos).	Propagan enfermedades infecciosas como el cólera, el tifus, la disentería, la gastroenteritis, la hepatitis, la polio y la esquistomiasis. Estos patógenos pueden causar una alta morbosidad y mortandad si no se tienen en cuenta los mecanismos pertinentes de salubridad limpieza.
Nutrientes.	El nitrógeno, fósforo y carbono al liberarse en el entorno acuático, promueven el desarrollo de algas, creando multiplicación de las mismas.
Compuestos Xenobióticos.	Las principales categorías de xenobióticos son los fármacos, los carcinógenos químicos y diversos compuestos químicos. Dada su composición poco común, unos permanecen en el ecosistema durante largos períodos de tiempo sin cambiar y, por lo tanto, se dice que son difíciles de biodegradar.
Materia orgánica refractaria.	Suelen ser resistentes a los tratamientos tradicionales. Ejemplos frecuentes son los surfactantes, los desinfectantes y los plaguicidas agrarios
Metales pesados.	Los metales pesados a menudo se incorporan a las aguas negras durante ciertas actividades de producción, comercio e industrialización y es necesario eliminarlos si se desea reutilizar.

Hidrocarburos y derivados.	Generalmente debido a derrames, el indicador de cuantificación es hidrocarburos totales de petróleo (TPH, por sus siglas en inglés).
Productos químicos y desechos industriales.	Variedad de productos como aceites, ácidos, fertilizantes, etc.; como parte de actividades de producción o derrames.
Sólidos inorgánicos disueltos.	Se añaden ingredientes inorgánicos como calcio, sodio y sulfatos debido al uso de agua.
Sólidos sedimentables.	Las partículas del suelo o los sólidos de la basura se acumulan en los lechos de los ríos, dañando la fauna disponible. Si los sedimentos contienen sustancias dañinas, estos compuestos logran transmitirse por intermedio de la cadena alimentaria a otros organismos, ocasionando su muerte.
Energía radiactiva.	Provocan el deceso de especies vegetales y animales, complicaciones en el bienestar humano, cambios genéticos y enfermedades cancerígenas.
Energía térmica.	Los procesamientos de la industria suelen producir agua a alta temperatura. Cuando estas sustancias entran a los cursos de agua, pueden provocar varios impactos químicos, físicos y biológicos. Uno de los problemas más significativos es la degradación del agua, debido a que agota el oxígeno que posee.

Fuente: Adaptado de R.J. N.º 136-2018-ANA (ANA, 2018).

### 2.1.7. Efectos del vertido de aguas residuales

La descarga de aguas residuales no manejadas o relativamente tratadas al medio puede causar afectación de las aguas superficiales, subterráneas y el suelo. Tras ser derramadas en un cuerpo de agua, estas pueden diluirse y transportarse aguas abajo, o filtrarse a los acuíferos, afectando la condición y por lo cual su disposición de las provisiones de agua dulce.

El vertido de agua residual poseerá los siguientes tres tipos de consecuencias: efectos desfavorables sobre la salud pública debido al declive de su condición inicial; efectos ambientales desfavorables causados por el deterioro de cuerpos de agua y entorno; y eventuales efectos sobre las actividades económicas:

#### **2.1.7.1. Efectos en la salud humana**

Los niveles de contaminación ambiental están estrechamente relacionados con la salud de la población. Las enfermedades infecciosas plantean enormes riesgos y son la crucial razón de fallecimiento entre niños y jóvenes.

Según la OMS, alrededor de 2 millones de personas mueren cada año, si se consideran únicamente las enfermedades diarreicas, que a menudo están relacionadas con el consumo de agua o alimentos contaminados.

Una gran cantidad de diferentes virus infectan a humanos y animales y se excretan al entorno mediante la materia fecal y orina, provocando diferentes patologías como meningitis, ciertos tipos de parálisis, infecciones respiratorias, indigestión y vómitos, inflamación y anomalías cardíacas congénitas, hepatitis, conjuntivitis; y de acuerdo a información reciente también puede estar asociado con varios tipos de neoplasia maligna (Bofill-Mas et al. 2005).

#### **2.1.7.2. Efectos ambientales**

El derrame de aguas residuales sin tratar al ecosistema afecta la calidad del agua y por tanto la cuantía de uso directo. Como aspecto determinante de la protección hídrica mundial, los problemas de calidad del agua son una preocupación creciente. La contaminación del agua se ha intensificado debido al aumento del volumen de aguas negras resultantes del incremento de la población, auge de la actividad económica y la ampliación agrícola, junto con la descarga de aguas residuales no tratadas. El manejo poco apropiado incluso puede tener una repercusión directa en la naturaleza y los servicios que brindan (UNESCO, 2017).

La eutrofización causada por sobreabundancia de nitrógeno y fósforo puede suscitar propagación de algas extremadamente tóxicas y una reducción de la diversidad biológica. Verter efluentes sin tratar al océano puede explicar en parte por qué están aumentando las zonas muertas desoxigenadas (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017).

### **2.1.7.3. Efectos económicos**

Si bien la accesibilidad del agua es esencial para salvaguardar la seguridad económica de toda sociedad humana, lo contrario representa una barrera para el crecimiento económico. La producción agraria en entornos rurales y periurbanos se ve obstaculizada por la mala calidad, lo que también afecta a las actividades económicas que la aprovechan (PNUMA, 2015b).

## **2.1.8. Instrumentos de gestión ambiental para la medición de contaminantes en agua**

### **2.1.8.1. Estándar de calidad ambiental**

De acuerdo a la Ley General del ambiente, Art. 63. (2005) “El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente”.

### **2.1.8.2. Límites máximos permisibles (LMP)**

Según Art. 64 de la Ley General del Ambiente (2005) establece que el Límite Máximo Permisible “Es la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”.

Los niveles de protección ambiental guardar coherencia con los LMP establecidos para fuentes específicas y además son consistentes con los niveles generales establecidos en el ECA. Según las regulaciones pertinentes, la implementación de estos instrumentos debe garantizar que no se exceda la capacidad de carga del ecosistema (Ley General del ambiente, 2005).

En el Perú, la normativa existente para efluentes de Aguas residuales Domésticas o Municipales es el D.S. N° 003-2010-MINAM.

### **2.1.9. Calidad de agua**

El estado y la composición de la biota acuática en el cuerpo de agua, junto con una lista de combinaciones, especificaciones y apariencia física de sustancias biológicas e inorgánicas, pueden ser considerados como la calidad de un medio acuático, la que posee alteraciones espaciales y transitorias debido a aspectos internos y externos que afectan el cuerpo de agua (Ramírez, 2011, pág. 47). Se mide a partir de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los mismos que se evalúan por diversos procedimientos.

### **2.1.10. Parámetros físicos, químicos y biológicos**

En el medio ambiente, el agua se encuentra en relación con el suelo y la atmósfera, en donde accede a componentes o compuestos (por medio de efluentes) que cambian su estructura inicial. Independientemente de su estado, tiene características concretas que lo diferencian de otros fluidos, y su calidad se establece evaluando diversos criterios ya sea en campo o laboratorio.

#### **5.1.10.1. Parámetros físicos**

Las sustancias que repercuten claramente en el estado estético del agua se clasifican como parámetros físicos.

- Turbiedad
- Color
- Visibilidad
- Olor y sabor
- Temperatura
- Sólidos

#### **5.1.10.2. Parámetros químicos**

Indicadores

- Potencial de hidrógeno (pH)
- Alcalinidad
- Dureza
- Conductividad
- Acidez

## Sustancias químicas

- Aceites y grasas
- Hierro
- Manganeso
- Detergentes
- Clorofila
- Nitrógeno
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Fósforo
- Sustancias tóxicas

### 2.1.10.3. Parámetros biológicos

Los microorganismos más determinantes que se exponen en el agua y que llegan a causar patologías son los virus, bacterias, algas, hongos y diferentes protozoos.

- Coliformes totales
- Coliformes termotolerantes
- Bacterias heterotróficas
- *Escherichia coli*
- *Salmonella* spp.

### 2.1.11. Muestreo de agua

Es el proceso de recopilar una muestra de agua con la representatividad para llevar a cabo el diagnóstico y/o cuantificación, en un lugar y momento específico, con características determinadas.

#### 2.1.11.1. Tipos de muestras

- **Muestra simple:** Es aquella que personifica la estructura principal del cuerpo de agua para la ubicación, periodo y el contexto en que se colectó. Es necesario realizar el muestreo en las zonas idóneas cuando la conformación de los cauces es diferente más en el espacio que en el tiempo.
- **Muestra compuesta:** Una muestra compuesta es una combinación de muestras simples recogidas en diferentes momentos en el mismo lugar. Para

este propósito, una muestra compuesta se considera estándar para un tiempo de 24 horas.

- **Muestra integrada:** Es la mezcla de muestras puntuales recolectadas simultáneamente o con la menor distancia de tiempo existente. Los ríos o cauces con diferentes características de ancho y profundidad son un ejemplo de la necesidad de estas.

## **2.1.12. Entidades vinculadas a la fiscalización ambiental de las aguas residuales municipales en el Perú.**

### **2.1.12.1. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)**

Es la entidad rectora en cuestiones relacionadas al saneamiento y posee las posteriores tareas:

- Formular, regular, dirigir, coordinar, implementar y supervisar la política nacional en este sector.
- Garantizar el acceso a un saneamiento adecuado, de calidad y sostenible.
- Destinar el financiamiento a las municipalidades y EPS Saneamiento para realizar obras y emitir certificados ambientales para los proyectos en cuestión.
- Fiscalizar la ejecución de obligaciones ambientales en los proyectos y LMP generados en plantas depuradoras.

### **2.1.12.2. Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

- Faculta la descarga de aguas residuales manejadas previa opinión técnica de la Dirección General de Salud Ambiental e instancia del sector.
- Comprueba la conformidad de los ECA en los cuerpos de agua e impone sanciones, y suspende los permisos emitidos si se demuestra que las aguas residuales tratadas podrían afectar la calidad del cuerpo receptor.
- Permite la reutilización de aguas residuales, siempre que se reconozca que estas no pongan en amenaza la salud pública y el desarrollo natural de la vida animal y vegetal.

### **2.1.12.3. Gobiernos locales**

#### **- Municipalidades provinciales**

Su tarea es regular y controlar la disposición final de residuos sólidos, líquidos y efluentes de la industria en su ámbito. Por tal motivo, gestionan los servicios de la EPS Saneamiento o su sustituta. De la misma manera, son responsables de la conexión y provisión del servicio de agua potable y alcantarillado.

#### **- Municipalidades distritales**

En coordinación con la municipalidad distrital, tiene la tarea de controlar y regular los servicios de agua potable, alcantarillado y desagüe, directamente o mediante concesiones, cuando se torne efectiva la centralización de los servicios a nivel provincial.

### **2.1.12.4. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)**

Este organismo desempeña labores de evaluación, supervisión y fiscalización en lo que hace referencia al tratamiento de aguas residuales procedentes de determinadas actividades económicas.

Asimismo, da seguimiento a la operación de las EFA, que implican los municipios de distrito y provincial, los gobiernos regionales, la Autoridad Nacional del Agua o los ministerios (producción, minería, agricultura y riego, etc.) encargados de velar por la correcta gestión de las aguas residuales de las actividades económicas de su jurisdicción.

## **2.2. Antecedentes**

### **2.2.1. Antecedentes internacionales**

Rosales-Ayala et al. (2019) en su artículo científico "**Calidad de las aguas residuales de tipo especial en la ciudad La Libertad, El Salvador**", su finalidad fue caracterizar las aguas residuales de tipo especial al igual que el afluente y emisario de la planta depuradora mediante muestras compuestas; los parámetros evaluados fueron DQO, DBO5, SST, aceites y grasas, sólidos sedimentables Ssed y pH. Concluyendo que en su totalidad las aguas estudiadas incumplen con la norma mínima salvadoreña como la ANDA, en consecuencia frenan las probabilidades de crecimiento porque destruyen la estética, crean problemas de salud e impactan los servicios ecosistémicos del recurso hídrico superficial.

Mora-Aparicio et al. (2022) en su artículo de estudio “**Aporte ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos**”, plantearon como objetivo analizar el aporte ambiental hacia la calidad del río Torres teniendo en cuenta la eliminación de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de la PTAR Los Tajos; se analizaron las aguas servidas de entrada y salida de la PTAR, y teniendo en cuenta el procedimiento del índice holandés, el río se catalogó considerablemente contaminado, aumentando su grado después de la descarga de la PTAR, la cual de los ocho parámetros estudiados, solo se contiene depuración para siete de ellos, siendo los de representación SST (68.5 %), DBO (49.8 %) y GyA (54.7 %).

Sáenz-Arias et al. (2023) en su artículo científico “**Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos–microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas**”, tuvieron como finalidad examinar los efectos de los vertidos de aguas negras sobre la salubridad de las aguas de la costa de Colombia, y valorar los potenciales riesgos de las interacciones entre m.o. y MPs para la salud de los ecosistemas y las comunidades humanas, para ello se se analizaron CTE (coliformes termotolerantes) y EFE (enterococos fecales) en muestras de agua de mar, en 128 estaciones, encontrándose 2–704 000 NMP de CTE/100 mL y de 1–3360 UFC de EFE/100 mL. En conclusión, es necesario mejorar la gestión de residuos, al mismo tiempo que estudiar y monitorear los consorcios microbianos y su gen de resistencia, respecto a las interrelaciones de estas poblaciones con los microplásticos y otros organismos.

### **2.2.2. Antecedentes nacionales**

Ramos, (2022) realizó una tesis de grado denominada “**Contaminación por coliformes y características fisicoquímicas de la laguna confinada del Malecón Turístico - Bahía Interior de Puno**”, el fin fue evaluar las características fisicoquímicas e indicadores de contaminación fecal de las aguas y la carga contaminante de sus afluentes. Se aplicó estadística descriptiva y análisis de varianza para verificar diferencias entre las estaciones de muestreo y tiempos de medición. Como resultado del análisis de los parámetros se superó los Estándares

de Calidad Ambiental (ECAs), concluyendo que la fuente analizada tenía altos niveles de contaminación fecal, siendo no apta para uso recreacional y representando un riesgo en el bienestar general de las personas.

Huamani (2022) en su tesis titulada “**Influencia del vertimiento de las aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Chuyapi - Distrito Santa Ana, 2021**”, tuvo como objetivo primario determinar la implicancia de la descarga de aguas residuales domiciliarias, comprobando las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del efluente y las del del río Chuyapi, para ello se fijaron cuatro puntos de muestreo aguas arriba, aguas abajo y vertido, en época seca y de lluvia. Se obtuvo que para coliformes termotolerantes en la muestra del vertimiento se superó los ECA y LMP, en el cuerpo receptor evaluado en temporada de lluvia y estiaje se mostró 20 000 NMP/100 mL, 25000 NMP/100 mL, 17000 NMP/100 mL y 2800 NMP/100 mL. Respecto al parámetro DBO<sub>5</sub>, en el derrame se excedió el ECA en periodo de lluvia en 10.46 mg/L. El cuerpo de agua y el cuerpo receptor sobrepasó los ECA del fósforo en 0.059 mg/L y 0.122mg/L en época seca.

Niquén et al. (2021), en su artículo científico “**Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes – Perú**”, el objetivo fue determinar que las aguas residuales urbanas de Tumbes ocasionan impactos ambientales perjudiciales sobre la calidad de agua del río Tumbes; para ello se estableció tres puntos de muestreo: 100 m aguas arriba, en el punto de vertimiento y 100 m aguas abajo del río Tumbes, disponiendo de 9 muestras. Como resultado se encontró que las aguas residuales contenían altas concentraciones de aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, y concentraciones de coliformes termotolerantes, fecales y *E. coli*, lo que tuvo un impacto ambiental negativo en las aguas superficiales del río de la ciudad. Finalmente, se propuso el dispositivo Tricanter como una solución alternativa para mitigar la contaminación de dichas aguas.

Caldas (2020) en su tesis de grado “**Vertimiento de aguas residuales y su influencia en la contaminación del río Huallaga – Huánuco 2019**”, tuvo como objetivo principal determinar cómo el derramamiento de aguas residuales afectan la calidad del río Huallaga – Huánuco 2019, para ello tomó 3 muestras de agua: M1

a 100 metros del río, debajo del punto de liberación, M2 en el lugar de vertimiento y M3 a 100 metros río arriba. El nivel del estudio se contempló como explicativo, de tipo observacional, arrojando como resultado que los criterios microbiológicos, físicos químicos no cumplen la normativa N° 004-2017-MINAM; por lo que se concluye que la contaminación del río Huallaga se debe considerablemente a la liberación de aguas residuales.

Cusiche & Miranda (2019), ejecutó una investigación denominada “**Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional Lago Junín, Perú**”, su objetivo fue analizar la influencia de las aguas residuales en los ecosistemas y su ámbito de repercusión, indicando el nivel de calidad de agua. El tipo de estudio fue descriptivo, de diseño evolutivo contemporáneo longitudinal. Arrojando que el DBO<sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno) supera el LMP y en temporada de estiaje son aguas de pésima calidad; asimismo se concluyó que la descarga de aguas negras es un aspecto que representa un riesgo tóxico para la fauna del lago, perjudicando especies endémicas, así como todo el ecosistema.

Vargas (2019), ejecutó una investigación de nombre “**Evaluación de la contaminación fecal y propuesta de control en la microcuenca del río Olia, región Amazonas**”, la cual tuvo como objetivo evaluar los parámetros de la microcuenca del río Olia para calcular la contaminación fecal. Para el análisis se empleó el método de Tubos múltiples, dando como respuesta la existencia de 170 NMP/100 mL de coliformes totales, >1600 NMP/100 mL coliformes fecales y >1600 NMP/100 mL *E. coli*. Finalmente se concluyó que las fuentes de contaminación identificadas en la microcuenca del río Olia fueron los vertidos de aguas residuales domésticas de diferentes domicilios, permanencia de fosas sépticas en las riberas y la ganadería a lo largo de la microcuenca.

Vega (2021) ejecutó una investigación titulada “**Niveles de contaminación por plaguicidas y coliformes termotolerantes y los cambios en la calidad de las aguas del río Pativilca - Vinto Bajo 2021**”, el fin fue determinar la calidad del agua del río Pativilca-Vinto Bajo 2021, la investigación fue de tipo aplicada, de diseño descriptivo no experimental longitudinal y enfoque cuantitativo. Se evaluaron causas exactas de contaminación en puntos estratégicos; los resultados

conseguidos mostraron que los parámetros DBO<sub>5</sub>, pH, DQO y OD, cumplen con los ECA, sin embargo, los coliformes termotolerantes excedieron los ECA E2, ECA D1, ECA D2, además se detectó una alta conductividad eléctrica, que equivale una acumulación considerable de sales disueltas. Finalmente se concluye que la evacuación de aguas residuales y la producción agrícola perturban la condición natural del río Pativilca-Vinto Bajo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y tiempo experimental

##### 3.1.1. Ubicación geopolítica

Cuadro 3. Ubicación geopolítica de la quebrada Pedregal.

Región	Provincia	Distrito	Sector/Localidad
Tumbes	Tumbes	Tumbes	A.H. Andrés Araujo Morán

##### 3.1.2. Ubicación geodésica

Cuadro 4. Ubicación geodésica de la quebrada Pedregal.

Coordenadas UTM (m)		DATUM geodésica	Zona/banda	Altitud (msnm)
Norte	Este			
9607082.63	562923.18	WGS 84	Zona 17 M	27

El estudio fue realizado en la quebrada Pedregal ubicada entre el A.H. Alipio Rosales Camacho, 12 de Setiembre y los Portales, del centro poblado Andrés Araujo Morán (UTM Zona 17 M, 562923.18 m; E 9607082.63 m N), ubicado en el distrito, provincia y región Tumbes (Perú), durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025. Esta localidad es de tipo urbana y se encuentra a una altitud de 27 m.s.n.m., en la margen derecha del río Tumbes y cuenta con fácil acceso a través de la carretera Panamericana Norte. Presenta un clima cálido semiárido con invierno y primavera secos, y precipitación anual entre 200 a 500 mm aproximadamente (SENAMHI, 2025).

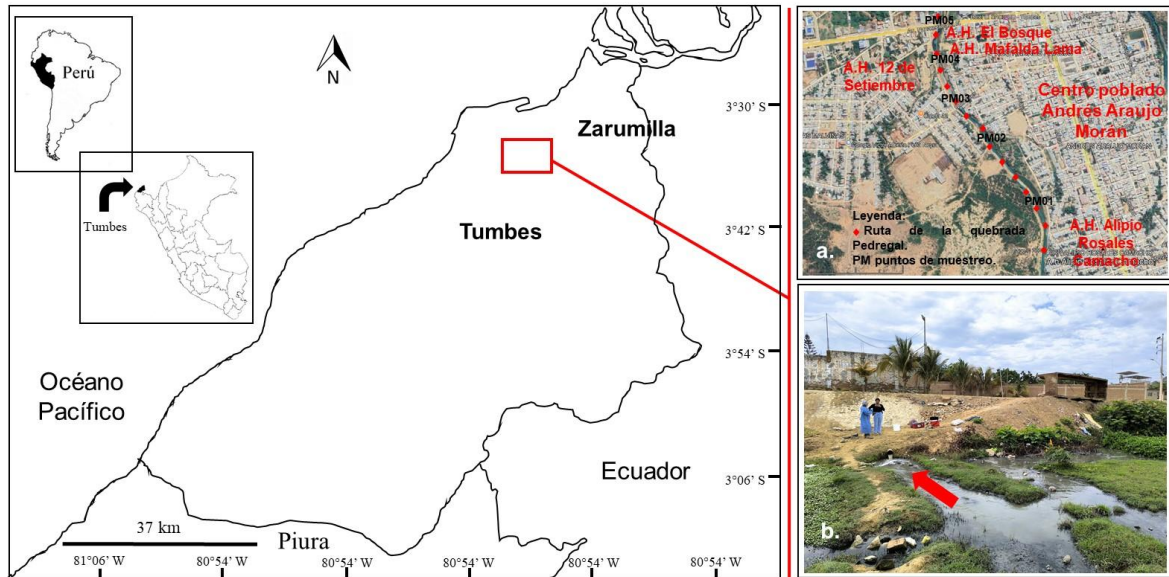


Figura 1. Ubicación de la quebrada Pedregal (distrito, provincia y región Tumbes): a. Puntos de muestreo (PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05), b. Zona de quebrada impactada negativamente por un tubo para vertido de aguas residuales domésticas (flecha roja).

### 3.2. Diseño y tipo de investigación

Se utilizó un diseño no experimental – transversal y el tipo de investigación fue descriptiva.

### 3.3. Hipótesis planteada

Los niveles de contaminación por vertimientos de aguas residuales son altos y afectan la calidad ambiental de la quebrada Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán, región Tumbes.

### 3.4. Población y muestra

Se consideró la totalidad de quebradas que presentan contaminación por aguas residuales en la región Tumbes. La muestra estuvo representada por la quebrada Pedregal, la cual presenta contaminación de aguas residuales directamente en su cauce.

### 3.5. Recopilación de la información básica

Se realizó la revisión de información de investigaciones anteriores acerca de la zona de estudio y verificación de la normativa ambiental peruana vigente. Posteriormente se realizó un reconocimiento general en el A.H. Alipio Rosales Camacho, A.H. 12 de Setiembre y Los Portales; verificando zonas críticas y factores de contaminación, así como la gestión de aguas residuales y conocimiento de los pobladores. Además, se identificaron las descargas clandestinas de aguas residuales (Figura 2).



Figura 2. Reconocimiento de la zona de muestreo en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025. Se identificaron zonas: a, b y e. Zonas de la quebrada Pedregal impactadas por efluentes de aguas residuales procedentes del A.H. 12 de Setiembre, observándose la presencia de lenteja de agua (*Lemna* sp.) que es considerado un indicador de calidad de agua, c. Zona de la quebrada Pedregal impactada por residuos domésticos del A.H. Alipio Rosales Camacho y d. Zona de la quebrada Pedregal impactada por efluentes de aguas residuales del A.H. Mafalda Lama.

### 3.6. Selección de puntos de muestreo

Para el establecimiento de puntos de muestreo en la quebrada Pedregal se consideraron los criterios con base al protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA, 2016), el cual indica que si

existen vertimientos en el cauce de agua, la recolección de muestra en el cuerpo receptor se realiza en la zona que garantice la combinación total, teniendo en cuenta siempre la legitimación de la muestra. Asimismo, la designación de puntos de muestreo fue registrado utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), en coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator).

Cuadro 5. Ubicación en coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025.

Punto de muestreo	Coordenadas UTM	
	Norte (m)	Este (m)
PM01	9606231,00	563407,00
PM02	9606583,00	563121,00
PM03	9606678,00	563019,00
PM04	9606961,00	562899,00
PM05	9607089,00	562929,00

### 3.7. Frecuencia del muestreo

En la quebrada Pedregal considerando la existencia de varias conexiones directas de aguas residuales no uniformes, se colectaron 5 muestras de agua por día, guardando la misma distancia en el largo del cauce afectado. Asimismo, se consideró los puntos más regulares, accesibles, representativos y de mayor seguridad. Las frecuencias de monitoreo se establecieron para estimar variaciones considerables que suceden durante un cierto período de tiempo, permitiendo un monitoreo regular de los cambios en los parámetros fisicoquímicos, orgánicos y microbianos, asociados con las aguas residuales crudas y tratadas (MVCS, 2013). Para esta investigación se colectaron las muestras en una misma semana, en un intervalo de 3 días, dejando un espacio de un día entre los muestreos.

### **3.8. Colecta, conservación y transporte de parámetros *ex situ***

La colecta de muestras, preservación y traslado se realizó teniendo en cuenta los siguientes documentos: Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial (ANA, 2011) y protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales (MINSA, 2007).

### **3.9. Determinación de los parámetros de calidad**

Los parámetros sujetos al monitoreo de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, según N° 003-2010-MINAM fueron: parámetros *in situ* pH (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 23th Ed), oxígeno disuelto (Método del electrodo de membrana: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550-O B, 23th Ed.), temperatura (Método termométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550 B, 23th Ed.), potencial óxido reducción ORP (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2580 B, 23th Ed.) y conductividad eléctrica (Método de laboratorio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510 B. 23th Ed.). Los parámetros como aceites y grasas (Método: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry), coliformes termotolerantes (Método: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed.), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test), demanda química de oxígeno (DQO) (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method) y sólidos totales suspendidos (Método por secado a 103-105 °C: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2540 F, 23th Ed.), fueron tercerizados en un laboratorio especializado.

### **3.10. Preparación de materiales y equipos**

Para ejecutar un muestreo efectivo, se preparó con anticipación los reactivos, materiales e instrumentos a emplear, entre ellos las soluciones de calibración de

pH, conductímetro y ORP, los formatos de campo (bitácora de registro, etiquetas para las muestras y cadena de custodia). Además, se verificó la operatividad de los instrumentos y equipos de muestreo que estén debidamente calibrados, sin excepciones. La indumentaria consistió en botas de caucho, guantes de nitrilo, pantalón y polo de manga larga, para la protección continua durante el muestreo.

### **3.11. Medición de los parámetros *in situ***

Los parámetros que se registraron *in situ* fueron los siguientes: pH, temperatura, conductividad, ORP y oxígeno disuelto; los que fueron realizado mediante equipos e instrumentos calibrados (oxímetro YSI 550A, pHmetro Hanna Checker, conductímetro EZ-9909SP y Ecosense ORP15A).

### **3.12. Análisis e interpretación de resultados**

Para el análisis de los resultados, los datos se compararon de acuerdo al anexo 2 sobre límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas” (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM) y se realizó la categorización, tabulación y análisis estadístico, con gráficos, tablas, otros; que nos permitirá un mejor análisis e interpretación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinación de los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales de la quebrada Pedregal

Durante la evaluación de los puntos de muestreo se realizó una verificación de la presencia de especies vegetales y animales relacionadas con las zonas impactadas por descargas de efluentes domésticos. En el punto 1 se pudo observar en el agua la presencia de peces y renacuajos; asimismo en los alrededores, plantas gramíneas silvestres como *Dactyloctenium* sp. *Cynodon* sp., dicotiledónea *Ipomoea carnea* (borrachera) y huellas de ganado vacuno, que posiblemente utilizan esta zona como pastizal y bebedero de agua. Por otro lado, en el punto de muestreo 2, se identificaron a las especies *I. carnea*, *Datura* sp., *Prosopis* sp. y gramíneas (*Dactyloctenium* sp. y *Cynodon* sp.), también peces y renacuajos. Esta zona presentaba abundantes residuos plásticos, restos de computadoras y madera, y material de construcción; indicando una fuente directa de contaminación antropogénica. En el punto 3, se observó peces y vegetación que comprendía especies como *Senna alata*, *Prosopis* sp., *I. carnea*, *Dactyloctenium* sp. y *Cynodon* sp. Por otra parte, en el punto de muestreo 4, se observó a *S. alata*, *I. carnea*, *Lemna* sp. y gramínea *Dactyloctenium* sp.; asimismo, se identificaron aves como *Himantopus* sp., *Coragyps atratus* y *Eudocimus albus*. Finalmente, en el punto de muestreo 5, abundó la especie *S. alata*, seguida de *I. carnea*, *Senecio* sp. y gramíneas. Esta información está asociada a los parámetros fisicoquímicos que se obtuvieron, así tenemos que biodiversidad acuática de los puntos 1, 2 y 3 se debe a mejores condiciones de oxigenación, mientras que en los puntos más afectados (PM03 a PM05) se observó la dominancia de especies vegetales oportunistas como *I. carnea*, *Lemna* sp., destacando *S. alata*. La abundancia de *S. alata* concuerda con estudios que la identifican como especie tolerante a suelos enriquecidos con

nutrientes provenientes de aguas residuales y lodos, mostrando alta capacidad de colonización (Faria et al. 2013).

Tabla 1. Resultados de análisis físico-químicos realizados en muestras de agua de la quebrada Pedregal durante los meses de diciembre de 2024 a enero de 2025.

Identificación de la muestra	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	TDS <sup>1</sup> (ppm)	SST <sup>2</sup> (mg/L)	ORP <sup>3</sup> (mV)	Nubosidad <sup>4</sup>
Fecha: 28/12/2024								
PM01	31.2	6.39	8.14	718	368	3.33	178	7/8 del cielo cubierto
PM02	31.4	5.51	8.10	957	479	11.11	235	7/8 del cielo cubierto
PM03	30.2	2.59	8.00	956	481	16.47	237	7/8 del cielo cubierto
PM04	29.8	0.48	7.46	1698	930	56.67	-324	7/8 del cielo cubierto
PM05	31.4	0.52	7.58	1880	940	125.00	-316	7/8 del cielo cubierto
Fecha: 30/12/2024								
PM01	29.4	6.54	8.17	774	388	45.00	113	6/8 del cielo cubierto
PM02	29.3	5.52	8.09	1004	501	39.00	119	6/8 del cielo cubierto
PM03	28.2	3.36	7.95	1007	501	29.00	121	5/8 del cielo cubierto
PM04	29.7	0.76	7.60	1880	940	280.00	-305	6/8 del cielo cubierto
PM05	32.5	0.26	7.70	2030	1010	333.33	-303	6/8 del cielo cubierto
Fecha: 01/01/2025								
PM01	29.4	6.55	8.10	804	401	3.00	90	7/8 del cielo cubierto
PM02	29.5	5.90	8.00	983	493	10.00	96	6/8 del cielo cubierto
PM03	28.1	3.54	7.92	1001	501	8.00	98	6/8 del cielo cubierto
PM04	29.8	0.64	7.72	1681	941	90.00	-298	7/8 del cielo cubierto
PM05	32.5	0.29	7.69	1890	940	130.00	-308	7/8 del cielo cubierto
ECA (DS 004-2017-MINAM)	**	≥ 5.0	6.5 a 9.0	1000	**	≤ 25	**	**
LMP (DS 003-2010 MINAM)	< 35	**	6.5 a 8.5	**	**	150.0	**	**

1 = Sólidos totales disueltos.

2 = Sólidos suspendidos totales.

3 = Potencial óxido-reducción.

4 = Basado en HIDRONAV – 5170

\*\* = No aplica.

En la tabla 1 se detalla los resultados fisicoquímicos y biológicos obtenidos en los cinco puntos de muestreo, mostrando un patrón claro de gradiente de alteración ambiental, relacionado con la influencia de descargas domésticas y otras actividades antrópicas en la quebrada Pedregal. Con respecto a la temperatura en los puntos muestreados varió entre 28.1 °C y 32.5 °C. Estos valores son característicos de cuerpos de agua superficiales en zonas tropicales costeras y se encuentran dentro de los rangos reportados para ríos y canales de la costa norte del Perú (ANA, 2010). Sin embargo, los valores más altos (>31 °C) podrían estar asociados a baja profundidad, exposición solar directa, escasa cobertura vegetal y contaminación por efluentes domésticos debido a una mayor actividad metabólica por microorganismos que favorecen la eutrofización (Osorio-Rivera et al. 2021). Aun cuando estos valores de temperatura están por debajo de los valores LMP, es necesario garantizar que las temperaturas no se eleven demasiado porque el oxígeno pierde solubilidad en el agua impactando sobre la fauna de la zona (Ruiz et al. 2016).

En cuanto al oxígeno disuelto, se observa diferencias resaltantes entre los puntos de muestreo, siendo los puntos PM01 y PM02 los que presentaron valores superiores a 5 mg/L, cumpliendo con los ECA (MINAM, 2017). Sin embargo, los puntos PM03, PM04 y PM05 mostraron valores por debajo de este umbral, especialmente en PM04 y PM05, donde el oxígeno disuelto descendió hasta 0.48 y 0.26 mg/L, respectivamente; condición que indica hipoxia severa producida por una alta carga orgánica y procesos de descomposición aeróbica, coincidiendo con lo reportado por Quesada et al. (2023) en un estudio realizado en sistemas acuáticos contaminados con aguas residuales domésticas.

Por otro lado, los valores de pH se mantienen en un rango ligeramente básico (7.46 - 8.17), dentro de los parámetros permitidos de los ECA y LMP, lo que es típico de aguas con cierta actividad biológica y mineralización. Se observa una ligera disminución del pH en los puntos con menor oxígeno, relacionado con procesos de fermentación anaeróbica. Además, se registran ligeras elevaciones en PM01 y PM02, fenómeno asociado a intensa actividad fotosintética (Zerveas et al. 2021).

Las muestras PM04 y PM05 presentan los valores más altos de conductividad eléctrica (CE) ( $>1600 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y TDS ( $>900 \text{ ppm}$ ), lo que indica una alta concentración de sales disueltas, debido al aporte continuo de aguas residuales domésticas, sin dejar de lado algún tipo de contaminación de tipo industrial. Cabe resaltar que en estos puntos de muestreo se ubica un tubo de vertimiento de aguas residuales (Figura 2.e), cuyo cálculo de caudal osciló entre 780 y 1345  $\text{m}^3/\text{día}$  en los tres días de colecta de muestra. Por otra parte, la muestra PM01 tiene la menor CE (718  $\mu\text{S}/\text{cm}$  - 804  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), lo que sugiere menor carga contaminante en esta zona, la cual corresponde al A.H. Alipio Rosales. Asimismo, en los valores de SST se observa un incremento considerable en PM04 y PM05 (280  $\text{mg}/\text{L}$  y 333.33  $\text{mg}/\text{L}$ , respectivamente), lo que indica alta presencia de partículas suspendidas, debido posiblemente por descargas de efluentes con materia orgánica o sedimentos en suspensión (Undeman et al. 2022).

En cuanto al potencial óxido - reducción, los valores negativos en PM04 y PM05 (-300 mV) indican condiciones reductoras, compatibles con aguas contaminadas con materia orgánica en descomposición. Sin embargo, en PM01, los valores son positivos ( $>90 \text{ mV}$ ), lo que sugiere un ambiente más oxigenado y menos contaminado (Goncharuk et al. 2010).

Con respecto a la tabla 2, los valores de aceites y grasas en las muestras de agua PM04 y PM05 superan significativamente el ECA de 5  $\text{mg}/\text{L}$ , indicando contaminación por aguas residuales domésticas, hidrocarburos o residuos industriales. Con respecto a la DBO, en las muestras PM04 y PM05 se registran valores extremadamente altos (más de 400  $\text{mg}/\text{L}$ ), lo que indica una elevada carga de materia orgánica biodegradable y contaminación severa. Asimismo, la DQO también se encuentra en niveles elevados en PM04 y PM05, lo que sugiere contaminación por sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables. Así mismo, los coliformes termotolerantes superan ampliamente el límite en PM04 y PM05, indicando contaminación fecal severa y posible riesgo sanitario.

Tabla 2. Resultados de análisis de aceites y grasas, DBO, DQO y coliformes termotolerantes realizados en muestras de agua de la quebrada Pedregal durante los meses de diciembre de 2024 a enero de 2025.

Identificación de la muestra	Aceites y grasas (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	Relación DBO/DQO	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)
Fecha: 28/12/2024					
PM01	< 1.60	< 2.0	< 10.0	No aplica	150
PM02	< 1.60	< 2.0	14.0	No aplica	640
PM03	< 1.60	< 2.0	17.6	No aplica	91
PM04	24.1	435.0	630.0	0.69	2300000
PM05	12.0	449.0	636.4	0.70	1500000
Fecha: 30/12/2024					
PM01	< 1.60	< 2.0	< 10.0	No aplica	210
PM02	< 1.60	< 2.0	12.4	No aplica	750
PM03	< 1.60	< 2.0	12.6	No aplica	140
PM04	29.5	420.4	568.8	0.74	2100000
PM05	14.5	415.7	592.6	0.70	1600000
Fecha: 01/01/2025					
PM01	< 1.60	< 2.0	< 10.0	No aplica	110
PM02	< 1.60	< 2.0	10.5	No aplica	390
PM03	< 1.60	< 2.0	11.4	No aplica	62
PM04	20.7	406.0	540.4	0.75	2000000
PM05	10.4	387.2	530.0	0.73	1100000
ECA (DS 004-2017-MINAM)	5.0	5.0	**	**	1000
LMP (DS 003-2010 MINAM)	20.0	100.0	200.0	**	10000

\*\* No aplica

Los resultados obtenidos durante los tres días de muestreo muestran diferencias entre los puntos de muestreo, especialmente en PM04 y PM05, en los que los valores de aceites y grasas alcanzaron hasta 29.5 mg/L y 14.5 mg/L, superando los límites establecidos en el LMP (20 mg/L) y ECA (5 mg/L). Estos valores son similares a los obtenidos por Niquén et al. (2021), quienes analizaron muestras de agua de la cámara de bombeo de aguas residuales domésticas ubicado al frente al

cuartel Coloma de la ciudad de Tumbes, reportando concentraciones entre 0.9 y 35.93 mg/L. Asimismo, la DBO<sub>5</sub> en estos mismos puntos de muestreo registraron valores elevados, de 387.2 a 449 mg/L, y la demanda química de oxígeno (DQO) alcanzó entre 530 y 636 mg O<sub>2</sub>/L, excediendo ampliamente los valores normativos (ECA 5 mg/L para DBO<sub>5</sub> y LMP 200 mg/L para DQO). Estos valores son mayores a los reportados por Niquén et al. (2021), en un estudio realizado en efluentes domésticos de la ciudad de Tumbes, reportando valores máximos de DBO<sub>5</sub> y DQO de 199.4 mg/L y 431.7 mg/L, respectivamente. Esto indica que el impacto es mayor de los efluentes de aguas residuales que se vierten en la quebrada Pedregal, comparándolo con las que se vierten en el cercado de Tumbes. Sin embargo, los puntos PM01, PM02 y PM03 mostraron valores bajos de estos parámetros, cumpliendo los ECA y LMP.

Por otro lado, la relación DBO<sub>5</sub>/DQO entre 0.69 y 0.75 en PM04 y PM05 indica que la mayor parte de la materia orgánica eliminada en las aguas residuales son altamente biodegradables, lo que indica un aporte constante de aguas residuales domésticas recientes. Esta interpretación se basa con lo señalado por Becerra-Gutierrez et al. (2014), quienes señalan que valores superiores a 0.5 en DBO<sub>5</sub>/DQO son propios de aguas residuales domésticas, dado que la fracción biodegradable (DBO<sub>5</sub>) constituye una proporción considerable de la carga orgánica total (DQO). Por otro lado, relaciones que no superan el 0.3 generalmente están vinculadas a efluentes industriales o mezclados, con sustancias menos biodegradables.

Los conteos de coliformes termotolerantes en PM04 y PM05 superaron los  $1.5 \times 10^6$  NMP/100 mL, mientras que en los primeros tres puntos se mantuvieron por debajo de los 1000 NMP/100 mL establecidos en el ECA. Estos resultados, sumados a los altos valores de aceites y grasas y de materia orgánica, evidencian una intensa contaminación fecal y orgánica en los puntos PM04 y PM05, conforme a lo reportado en un estudio similar en efluentes residuales de Tumbes, donde se documentan valores de coliformes superiores a  $10^5$  NMP/100 mL asociados a descargas domésticas (Niquén et al. 2021). En conjunto, estos hallazgos reflejan que las descargas en PM04 y PM05 superan ampliamente la capacidad de autodepuración del sistema, generando riesgos ambientales y sanitarios importantes, mientras que los puntos PM01 a PM03 mantienen una mejor calidad

del agua, sin exceder los valores normativos establecidos (MINAM, 2017; MINAM, 2009).

Finalmente, en la tabla 3 se presentan los resultados del índice de calidad del agua de los 5 puntos de muestreos. Este cálculo se realizó utilizando como base los parámetros temperatura, DBO<sub>5</sub>, SST, OD y conductividad; haciendo uso de la calculadora simple del índice de calidad del agua de la Universidad de Purdue de EE.UU (Purdue University, 2020).

Tabla 3. Cálculo del índice de calidad del agua de los 5 puntos de muestreo basado en los parámetros temperatura, DBO<sub>5</sub>, SST, OD y conductividad.

Identificación de la muestra	Índice de calidad del agua (ICA)	Calidad del agua
PM01	69	Media
PM02	65	Media
PM03	60	Media
PM04	13	Muy mala
PM05	9	Muy mala

Los resultados del ICA obtenidos en los cinco puntos de muestreo evidencian un patrón de degradación gradual de la calidad del agua a través de la quebrada Pedregal. Los valores de ICA en los puntos PM01, PM02 y PM03 oscilaron entre 60 y 69, lo que equivale a una calidad promedio. Esto señala que en estas áreas, la quebrada conserva ciertas condiciones que permiten su utilización limitada, a pesar de que ya se nota el impacto de las actividades humanas.

Por otro lado, los puntos PM04 y PM05 muestran valores de ICA extremadamente bajos (13 y 9 respectivamente), lo que categoriza la calidad del agua como "muy mala". Esta categoría está vinculada a cuerpos de agua fuertemente afectados por las descargas de aguas residuales domésticas, elevadas cargas orgánicas, sólidos suspendidos y contaminación microbiana, elementos que ya se han demostrado en los estudios de DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas, y coliformes termotolerantes.

Estos hallazgos confirman que las áreas próximas a PM04 y PM05 son objeto de descargas directas y continuas de efluentes sin tratamiento, lo que disminuye considerablemente las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua, volviéndola no apta para cualquier uso sin previo tratamiento. Por otro lado, la calidad media de PM01 - PM03 podría verse afectada si las descargas aguas arriba persisten sin regulación, a causa de la escasa capacidad de autodepuración de la quebrada.

#### **4.2. Factores que determinan la contaminación por aguas residuales en la quebrada Pedregal**

La contaminación detectada en la quebrada Pedregal durante la etapa de investigación se debe a una mezcla de elementos antrópicos y ambientales que interactúan de forma conjunta. Los hallazgos alcanzados en los puntos PM04 y PM05, donde se observaron niveles considerablemente altos de DBO<sub>5</sub> (387.2 - 449.0 mg/L), DQO (530 - 636 mg O<sub>2</sub>/L), coliformes termotolerantes que superaban 1.5x10<sup>6</sup> NMP/100 mL y aceites y grasas que alcanzaron hasta 29.5 mg/L, evidencian el impacto directo de las descargas de efluentes de actividades domésticas y otras actividades humanas. La principal causa de contaminación se debe al vertimiento directo de aguas residuales domésticas procedentes de hogares y negocios aledaños a la quebrada, que poseen grandes cantidades de materia orgánica biodegradable, grasas y aceites, y microorganismos potencialmente peligrosos para la salud humana.

A esto se añade una infraestructura sanitaria deficiente, ya que la falta de alcantarillado en diversas áreas y la ineficiencia de los sistemas de tratamiento actuales promueven las descargas ilegales o canaletas abiertas que se vierten sin control a la quebrada. Además, se detectó el impacto de las actividades ganaderas en las áreas cercanas, que suministran excretas mediante la escorrentía, aumentando la carga de sólidos suspendidos y nutrientes que promueven la eutrofización. Otro elemento crucial es la gestión incorrecta de desechos sólidos, dado que plásticos, residuos y otros residuos del hogar son arrojados directamente al cauce, intensificando la contaminación.

Finalmente, la expansión urbana no planificada en el núcleo de población incrementa la presión sobre este ecosistema, intensificando los vertimientos y la polución orgánica. En resumen, estos elementos explican los valores máximos registrados en PM04 y PM05 y se diferencian de los puntos PM01, PM02 y PM03, donde los parámetros se conservan dentro de los límites regulatorios, mostrando zonas con menor presión humana.

## V. CONCLUSIONES

1. Los estudios y observaciones en campo permitieron identificar que la contaminación en las zonas críticas está relacionada principalmente con descarga constante de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo, actividades de ganadería aledañas, infraestructura de sanitaria insuficientes y gestión incorrecta de desechos sólidos. Por lo tanto, los hallazgos demuestran que la quebrada Pedregal necesita acciones correctivas inmediatas de saneamiento básico y gestión ambiental, para prevenir la pérdida total de calidad en las zonas de muestreo menos afectadas y restablecer los sectores críticos, además de prevenir peligros para la salud pública.

2. Los puntos de muestreo PM04 y PM05 mostraron niveles elevados de  $\text{DBO}_5$ , DQO, coliformes termotolerantes y aceites y grasas, junto con valores negativos de ORP. Esto demuestra condiciones reductoras, elevadas cargas orgánicas y contaminación fecal constante. Estos hallazgos se evidencian en el índice de calidad del agua (ICA), que logró puntuaciones de 13 y 9, categorizando la calidad como muy mala. Asimismo, la relación  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$  que osciló entre 0.69 y 0.75 en PM04 y PM05 indicando que la materia orgánica existente es altamente biodegradable y que la principal fuente de contaminación se atribuye a los efluentes domésticos recientes, mientras que, en los lugares menos afectados, esta relación no se determina debido a valores mínimos obtenidos.

3. En los puntos de muestreo PM01, PM02 y PM03, los índices de los parámetros permanecieron dentro de los valores permitidos por los ECA y LMP, con un ICA que oscila entre 60 y 69, lo que equivale a una calidad media del agua. Esto señala que estas áreas aún mantienen condiciones ambientales más favorables, aunque exhiben indicios de presión humana.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Elaborar y poner en práctica sistemas de tratamiento primario y secundario (lagunas de oxidación o humedales construidos) para las áreas que actualmente liberan aguas sin tratamiento hacia la quebrada Pedregal. Asimismo, se debe incrementar la red de alcantarillado y asegurar su conservación para minimizar las descargas ilegales y la utilización de tubos que vierten efluentes de manera directa.
2. Implementar un programa periódico de evaluación de parámetros fisicoquímicos (DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, aceites y grasas) y microbiológicos (coliformes termotolerantes), además del índice de calidad del agua (ICA), para valorar la eficacia de las acciones puestas en marcha.
3. Es necesario implementar programas de educación ambiental con apoyo de la administración municipal, para prevenir el vertimiento de residuos y basura en la quebrada, y establecer sitios de recolección de desechos en las áreas de ribera.
4. Involucrar a la comunidad en campañas educativas sobre el impacto de los efluentes domésticos y el manejo de residuos para fomentar la conservación del recurso hídrico.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2018). R.J. N.º 136-2018-ANA. Lima, Lima.  
<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/R.J.%20136-2018-ANA.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2017). Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca. Lima.  
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/636>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Lima.  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_010-2016-ana\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2011). Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial. Ministerio de Agricultura. 42 pp.  
<https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/filebase/senacenormativa/NAT-3-5-04-Protocolo-Nacional-Monitoreo.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2010). Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos - Ley N° 29338. Lima.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-ley-recursos-hidricos-ley-no-29338>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2010). Proyecto: Obras de control y medición de agua por bloques de riego en el valle Tumbes. Ministerio de Agricultura. 76 pp.  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/informe\\_principal\\_tumbes\\_0\\_2.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/informe_principal_tumbes_0_2.pdf)
- Bautista, N., Sanabria, J., & Sierra, I. (2014). Análisis de

la susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas, por el vertimiento de aguas residuales en diferentes unidades cartograficas de suelos. Programa de Especialización en Recursos Hídricos. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/52b04682-6167-48bb-bedf-4286263ce10b/content>

Becerra-Gutiérrez, L., Horna-Acevedo, M., & Barrionuevo-Albújar, K. (2014). Nivel de contaminación en los efluentes provenientes de camales de la región la libertad. *Revista del cuerpo médico del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 7(3).

[https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/03/1052078/rcm-v7-n3-2014\\_pag23-26.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/03/1052078/rcm-v7-n3-2014_pag23-26.pdf)

Blanco, H. (2022). Evaluación del monitoreo a la calidad y cantidad de aguas superficiales y subterráneas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el período comprendido entre los años 2012- 2021. Medellín, Antioquia, Colombia : Práctica Empresarial.

Bofill-Mas, S., Clemente-Casares, P., Albiñana-Giménez, N., Maluquer de Motes Porta, C., Hundesa Gonfa, A., & Girones Llop, R. (2005). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. *Rev Esp Salud Pública*, 253-269.

Cabanillas, E. (2023). Evaluación de la contaminación del río Andacancha de la cuenca San Juan en Cerro de Pasco. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima - Perú.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF\\_004c4e0743b4d86b2359976f4ce54b2d/Description#tabnav](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_004c4e0743b4d86b2359976f4ce54b2d/Description#tabnav)

Caldas, E. B. (2020). Vertimiento de Aguas Residuales y su Influencia en la Contaminación del Río Huallaga - Huánuco. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco.

[https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6451/PG\\_A00108B25.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6451/PG_A00108B25.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Castro, R., Monge, E., Rocha, C., & Rodríguez, H. (2007). La gestión del recurso hídrico. *Revista Biocenosis*, 43.

<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1298>

- Coello, E., Burbano, I., & Molina, A. (2023). Factores contaminantes del río San Pablo de la ciudad de Babahoyo, Ecuador. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, pp. 20-26.  
<https://revistas.uh.cu/revflacso/article/view/7304/6229>
- Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, volumen 10 número 6.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000601433&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000601433&script=sci_arttext)
- Escobar, G. (2016). *Manual de Geología para Ingenieros*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3145>
- Faria, J., Caldeira, M., Delarmelina, W., Lacerda, L., & Gonçalves, E. (2013). Substrates of sewage sludge in the production of seedlings of *Senna alata*. *Comunicata Scientiae*, 4(4): 342-351.  
[https://www.researchgate.net/publication/289793346\\_Substrates\\_of\\_sewage\\_sludge\\_in\\_the\\_production\\_of\\_seedlings\\_of\\_Senna\\_alata](https://www.researchgate.net/publication/289793346_Substrates_of_sewage_sludge_in_the_production_of_seedlings_of_Senna_alata)
- Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Goncharuk, V., Bagrii, V., Mel'nik, L., Chebotareva, R., & Bashtan, S. (2010). The use of redox potential in water treatment processes. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 32(1), 1-9.  
<https://link.springer.com/article/10.3103/s1063455x10010017>
- González, D., Palacios, L., & Ábalos, D. (2020). Impacto ambiental del vertido de residuales en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba. *Revista Cubana Química*, 154-171.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212020000100154](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000100154)
- Huamani, N. R. (2022). Influencia del vertimiento de las aguas residuales domésticas en la calidad del agua del Río Chuyapi - Distrito Santa Ana, 2021. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88818/Rodriguez\\_HN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88818/Rodriguez_HN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Larios- Meoño, J., González Taranco, C., & Morales Olivares, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer Revista de la*

- Facultad de Ingeniería de la USIL*, 22.  
<https://usil.edu.pe/sites/default/files/2022-05/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Leddin, D. (2024). The impact of climate change, pollution, and biodiversity loss on digestive health and disease. *Gastro Hep Advances*, 3(4), 519-534.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277257232400027X>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. *El Peruano*. 10 – 19 pp.  
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2011). Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021. Perú: Diario El Peruano. [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana\\_2011\\_al\\_2021.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf)
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2009). Indicadores ambientales Tumbes. Serie indicadores ambientales N° 13. MINAM. Lima, Perú. 96 pp.  
<https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/215/BI-V00309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2005). Ley General del ambiente - Ley N° 28611. Lima, Perú. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Ministerio de Salud [MINSa]. (2007). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). 21 pp.  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2013). Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Lima: SINIA. 31 pp.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/protocolo-monitoreo-calidad-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- Mora-Aparicio, C., Alfaro-Chinchilla, C., Pérez-Molina, J., & Vega-Guzmán, I. (2022). Aporte ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Los

- Tajos en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos. *Uniciencia*, Vol. 36(1), pp. 1-17.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/uniciencia/v36n1/1011-0275-uniciencia-36-01-511.pdf>
- Niquén, M., Vasquez, A., Hinojosa, Y., & Niquen, A. (2021). Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes - Perú. *RECIAMUC*, 222-232.  
<https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/692>
- Ordoñez, J. (2011). Cartilla técnica: Aguas subterráneas-acuíferos. Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.  
[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/aguas\\_subterранеas.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterранеas.pdf)
- Osorio-Rivera, M., Carrillo-Barahona, W., Negrete-Costales, J., Loor-Lalvay, X., & Riera-Guachichullca, E. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 228-245. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Lima, Perú. 42 pp.  
<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/3171.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2017). Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017 de las Naciones Unidas: Aguas residuales, un recurso desaprovechado. Francia.  
<https://www.unesco.org/en/wwap/wwdr/2017>
- Pérez-Ildiart, H., & Saucedo, B. (2012). Metodología de la investigación. Colegio Militar de la Nación. <https://www.hugoperezidiart.com.ar/tallerdetesis-pdf/guia-de-estudios-sept-CL2011.pdf>
- Puma, A., Zavaleta, P., Palma, T., & Garcia, V. (2022). Evaluación de la calidad del agua subterránea en un sector de la zona de reglamentación especial de los Pantanos de Villa. *South Sustainability*, Vol. 3 / N°.2.  
<https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/1232/1022/5595>

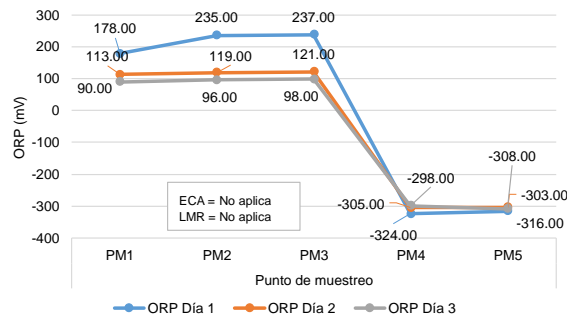
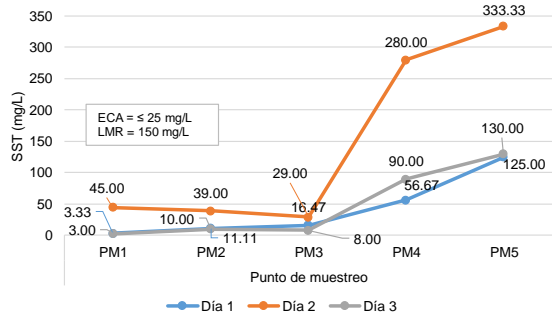
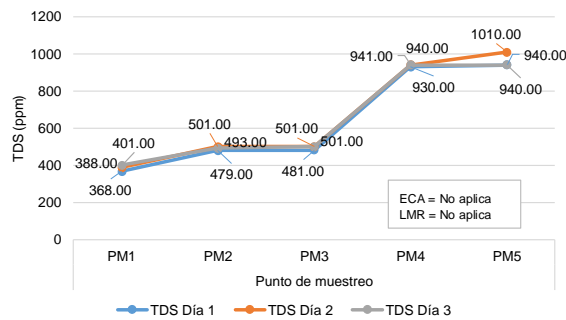
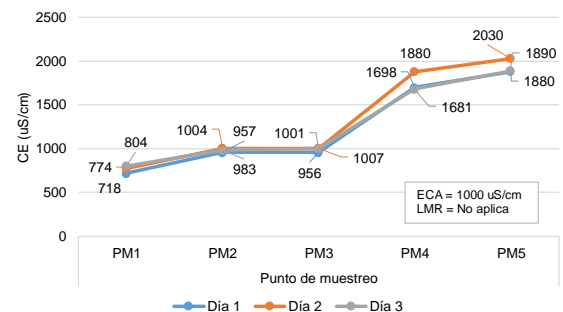
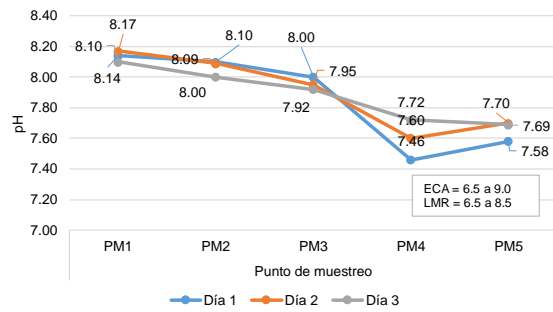
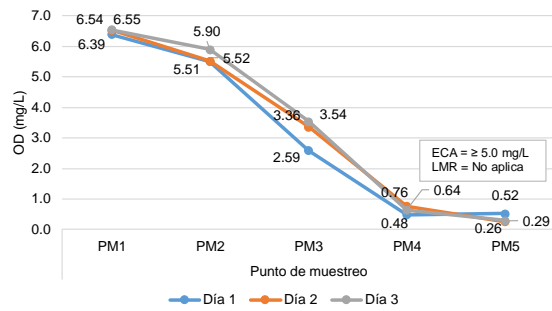
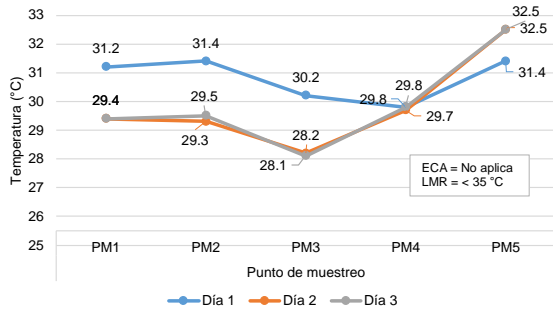
- Purdue University (2020). Simple wáter quality index calculator. Water Management Team oh the Nexus Institute. United States. <https://www.agry.purdue.edu/hydrology/projects/nexus-swm/en/Tools/WaterQualityCalculator.php>
- Quesada, C., Herdman, J., Berasain, G., & Miranda, L. (2023). Influence of sewage discharge on dissolved oxygen concentration and fish diversity in the Girado stream and Chascomús lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(12), 1433. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-023-12070-3>
- Ramírez, C. (2011). *Calidad del agua Evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Digiprint Editores E.U. Obtenido de [https://www.academia.edu/9511155/Calidad\\_del\\_agua\\_evaluaci%C3%B3n\\_y\\_diagn%C3%B3stico](https://www.academia.edu/9511155/Calidad_del_agua_evaluaci%C3%B3n_y_diagn%C3%B3stico)
- Ramos, D. (2022). *Contaminación por coliformes y características fisicoquímicas de la laguna confinada del malecón turístico - Bahía interior de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. [https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18016/Quispe\\_Ramos\\_Deysi\\_Brigida.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18016/Quispe_Ramos_Deysi_Brigida.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, M. G. (2009). *Biología y Geología*. México: Cenoposiciones. [https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Rodriguez-80/publication/263925463\\_Las\\_aguas\\_subterranas\\_Factores\\_que\\_determinan\\_el\\_almacenamiento\\_y\\_circulacion\\_de\\_las\\_aguas\\_subterranas\\_Prospeccion\\_Captacion\\_de\\_aguas\\_subterranas\\_usos\\_y\\_problemas\\_asociados\\_Contaminacion\\_de\\_las\\_agu/links/5486ced00cf2ef34478c2c0f/Las-aguas-subterranas-Factores-que-determinan-el-almacenamiento-y-circulacion-de-las-aguas-subterranas-Prospeccion-Captacion-de-aguas-subterranas-usos-y-problemas-asociados-Contaminacion-de-las-agu.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Rodriguez-80/publication/263925463_Las_aguas_subterranas_Factores_que_determinan_el_almacenamiento_y_circulacion_de_las_aguas_subterranas_Prospeccion_Captacion_de_aguas_subterranas_usos_y_problemas_asociados_Contaminacion_de_las_agu/links/5486ced00cf2ef34478c2c0f/Las-aguas-subterranas-Factores-que-determinan-el-almacenamiento-y-circulacion-de-las-aguas-subterranas-Prospeccion-Captacion-de-aguas-subterranas-usos-y-problemas-asociados-Contaminacion-de-las-agu.pdf)
- Rosales-Ayala, F., Rovira-Quezada, D., & Campos-Rodríguez, R. (2019). Calidad de las aguas residuales de tipo especial en la ciudad La Libertad, El Salvador. *Tecnología en Marcha*, 32-3, 135-145. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822019000300135](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822019000300135)

- Ruiz, I., Álvarez, J., & Soto, M. (2001). El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica. *Universidad de Coruña. Facultad de Ciencias. Campus da Zapateira*.  
[https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Soto-8/publication/242251233\\_EL\\_POTENCIAL\\_DE\\_LA\\_DIGESTION\\_ANAEROBIA\\_EN\\_EL\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_URBANAS\\_Y\\_EFLUENTES\\_DE\\_BAJA\\_CARGA\\_ORGANICA/links/0deec52974b58e46f0000000/EL-POTENCIAL-DE-LA-DIGESTION-ANAEROBIA-EN-EL-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-URBANAS-Y-EFLUENTES-DE-BAJA-CARGA-ORGANICA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Soto-8/publication/242251233_EL_POTENCIAL_DE_LA_DIGESTION_ANAEROBIA_EN_EL_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_URBANAS_Y_EFLUENTES_DE_BAJA_CARGA_ORGANICA/links/0deec52974b58e46f0000000/EL-POTENCIAL-DE-LA-DIGESTION-ANAEROBIA-EN-EL-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-URBANAS-Y-EFLUENTES-DE-BAJA-CARGA-ORGANICA.pdf)
- Sáenz-Arias, S., Garcés-Ordóñez, O., Córdoba-Meza, T., Blandon, L., Espinosa Díaz, L., Vivas-Aguas, L., & Canals, M. (2023). Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacción microorganismos-microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas. *Ecosistemas*.  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2489>
- SENAMHI – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Mapa climático del Perú.  
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=tumbes&p=mapa-climatico-del-peru>
- Montoya, M. (2019). Evaluación de la contaminación fecal y propuesta de control en la microcuenca del río Olia, Región Amazonas. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Villa El Salvador, Perú.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNTL\\_d8d9a0a0fb526efcf4cb4783b704a142/Description#tabnav](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNTL_d8d9a0a0fb526efcf4cb4783b704a142/Description#tabnav)
- Undeman, E., Rasmusson, K., Kokorite, I., Leppänen, M., Larsen, M., Pazdro, K., & Siedlewicz, G. (2022). Micropollutants in urban wastewater: large-scale emission estimates and analysis of measured concentrations in the Baltic Sea catchment. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113559.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X22002417>

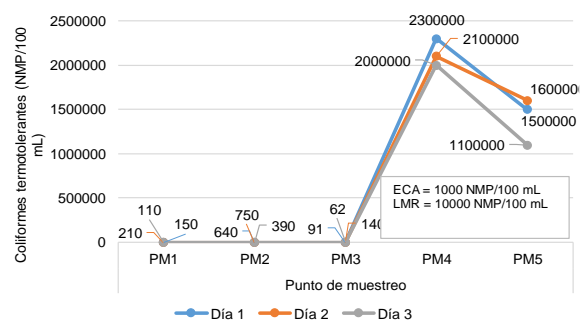
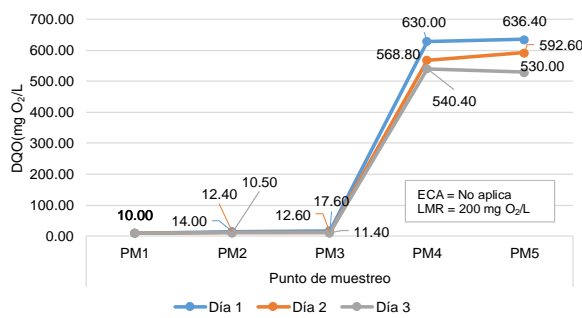
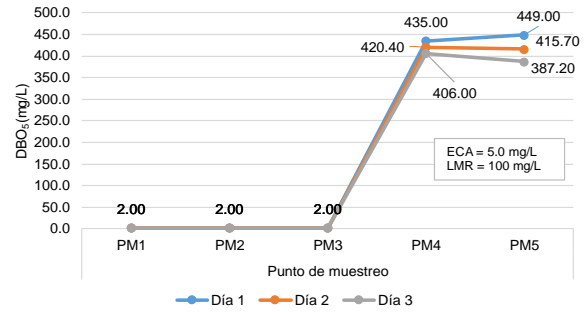
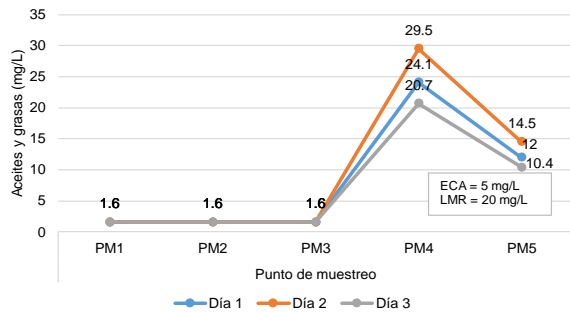
- Vega, N. (2021). Niveles de contaminación por plaguicidas y coliformes termotolerantes y los cambios en la calidad de las aguas del río Pativilca - Vinto Bajo 2021. Universidad César Vallejo, Lima.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102425/Medina\\_VNE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102425/Medina_VNE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Yee-Batista, C. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Grupo Banco Mundial.  
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>
- Yow, J. (2020). Determinación de la causa raíz de la contaminación difusa y puntual de la calidad de agua en bahía Manzanillo, Corregimiento de Cristóbal, distrito y provincia de Colón. Panamá. *Scientia. Revista de Investigación de la Universidad de Panamá*, vol. 30, núm. 2.  
<https://www.redalyc.org/journal/6517/651769122001/>
- Zerveas, S., Mente, M., Tsakiri, D., & Kotzabasis, K. (2021). Microalgal photosynthesis induces alkalization of aquatic environment as a result of H<sup>+</sup> uptake independently from CO<sub>2</sub> concentration—New perspectives for environmental applications. *Journal of environmental management*, 289, 112546.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721006083>

# ANEXOS

## Anexo 1. Gráficos de parámetros fisicoquímicos obtenidos en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025.



**Anexo 2. Gráficos de parámetros químicos y biológicos obtenidos en los 5 puntos de muestreo en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025.**

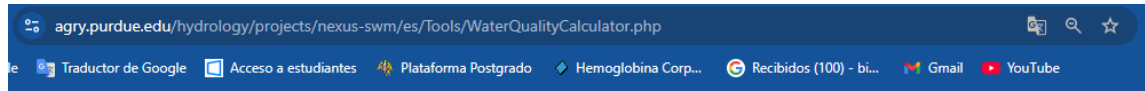


**Anexo 3: Imágenes de la colecta de muestras de agua en la quebrada Pedregal, durante los meses de diciembre de 2024 y enero de 2025.**



Anexo 3. Imágenes de la colecta de muestras de agua en la quebrada Pedregal. (a) Registro de ubicación georeferenciada de los puntos de muestreo, (b) Colecta de muestras de agua en frascos de primer uso, (c y d) Registro de parámetros temperatura y oxígeno disuelto, (e) Identificación de flora de la quebrada Pedregal, (f) Presencia de desmonte en zona aledaña a la quebrada Pedregal y (g, h, i, j y k) Puntos de muestreo con vertimiento de aguas residuales domésticas.

## Anexo 4: Cálculo del índice de calidad de agua (ICA) en el programa calculadora del índice simplificado de calidad del agua de la Universidad PURDUE.



### Calculadora del índice simplificado de calidad del agua

Se calcula un valor de índice para cada uno de los cinco parámetros de calidad del agua: temperatura, demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (TSS), oxígeno disuelto (OD) y conductividad. Un valor más alto de cada índice indica una mejor calidad del agua. El ISQA se calcula como el índice de temperatura multiplicado por la suma de los otros cuatro valores del índice.

[Haga clic aquí para aprender más sobre el ISQA y los cinco parámetros de la calidad del agua que se utilizaron para calcularlo.](#)

Parametro	Entrada del valor	Rango del Parametro
Temperatura (°C)	30	0°C - 20°C - 40°C
DBO (mg/L)	2	0mg/L - 12mg/L
SST (mg/L)	17	0mg/L - 250mg/L
OD (mg/L)	6	0mg/L - 10mg/L
Conductividad (µS/cm)	981	1µS - 4000µS
Indice Simplificado de Calidad de Agua:	65 = Media calidad de agua	Excelente (91-100) Buena (71-90) Media (51-70) Mala (26-50) Muy mala (0-25)
<input type="button" value="Reajustar"/> <input type="button" value="Calcular"/>		

### Calculación del índice de calidad de agua

El índice de la calidad de agua se calcula en función de los valores medidos para cada uno de los cinco parámetros: la temperatura, la demanda biológica de oxígeno, los sólidos suspendidos totales, el oxígeno disuelto, y la conductividad. A continuación, describimos lo que significa cada uno de estos parámetros en términos de la calidad de agua local y como se utilizan en el índice.

## Anexo 5: Informes de ensayo de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos evaluados en la quebrada Pedregal.



### LABORATORIO DE ENSAYO

Informe de ensayo N° 681-2024

Página 1 de 1

#### 1. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante : Alessandra Geraldine Medina Malmaceda.  
 Domicilio legal : Pasaje Hilario Carrasco N° 200, caserío Realengal - Corrales.  
 DNI N° : 72374647  
 Tipo de muestra : Agua residual.  
 Cantidad de muestra para el ensayo : 05 muestras.  
 Identificación de la muestra : PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05 (28/12/2024).  
 Forma de presentación : Agua residual colectada *in situ* y transportada en cadena de frío.  
 Fecha de recepción : 28/12/2024  
 Fecha de inicio del ensayo : 28/12/2024  
 Fecha de término del ensayo : 28/12/2024  
 Fecha de entrega del informe de ensayo : 28/12/2024  
 Ensayo realizado en : Área de Análisis Físico-químicos.  
 Código de registro : EBTL1580 hasta EBTL1584.  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.  
 Referencia : -

#### 2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

Temperatura (Método termométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550 B, 23th Ed.).  
 Oxígeno disuelto (Método del electrodo de membrana: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550-O B, 23th Ed.).  
 pH (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H<sup>+</sup> B, 23th Ed.).  
 Conductividad (Método de laboratorio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510 B, 23th Ed.).  
 Sólidos totales disueltos (Método electrométrico).  
 Sólidos suspendidos totales SST (Método por secado a 103-105°C: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2540 F, 23th Ed.).  
 Potencial óxido-reducción ORP (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2580 B, 23th Ed.).

#### 3. RESULTADO DEL ANÁLISIS

Código de registro	Identificación de la muestra	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	TDS <sup>1</sup> (ppm)	SST <sup>2</sup> (mg/L)	ORP <sup>3</sup> (mV)
EBTL1584	PM01	31.2	6.39	8.14	718	368	3.33	178
EBTL1585	PM02	31.4	5.51	8.10	957	479	11.11	235
EBTL1586	PM03	30.2	2.59	8.00	956	481	16.47	237
EBTL1587	PM04	29.8	0.48	7.46	1698	930	56.67	-324
EBTL1588	PM05	31.4	0.52	7.58	1880	940	125.00	-316

1 = Sólidos totales disueltos.

2 = Sólidos suspendidos totales.

3 = Potencial óxido-reducción.

Rubén Hernán Alvarado Aguilera  
 Coordinador de Laboratorio  
 Ecobiotech Lab S.A.C.

Los resultados de este documento corresponden a muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Ecobiotech Laboratorio SAC, se responsabiliza exclusivamente de los ensayos, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Este informe no es válido sin la firma y sello original de la coordinación de Ecobiotech Laboratorio S.A.C.

Ecobiotech Lab S.A.C. Dirección: Urb. Andrés Araujo Morán Mz. 07 Lt. 10 - Tumbes (por el parque El Avión - Puyango) / Urb. San Judas Tadeo Mz. Ch Lt. 2 - Trujillo - La Libertad (Entre Av. Colibrí y Antenor Orrego, al costado del Hostal Coiseo). Celular +51992714119 / +51978729233. Correo electrónico: ventas@ecobiotechlab.com

**1. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**

Solicitante : Alessandra Geraldine Medina Malmaceda.  
 Domicilio legal : Pasaje Hilario Carrasco N° 200, caserío Realengal - Corrales.  
 DNI N° : 72374647  
 Tipo de muestra : Agua residual.  
 Cantidad de muestra para el ensayo : 05 muestras.  
 Identificación de la muestra : PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05 (30/12/2024).  
 Forma de presentación : Agua residual colectada *in situ* y transportada en cadena de frío.  
 Fecha de recepción : 30/12/2024  
 Fecha de inicio del ensayo : 30/12/2024  
 Fecha de término del ensayo : 30/12/2024  
 Fecha de entrega del informe de ensayo : 30/12/2024  
 Ensayo realizado en : Área de Análisis Físico-químicos.  
 Código de registro : EBTL1585 hasta EBTL1589.  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.  
 Referencia : -

**2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO**

Temperatura (Método termométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550 B, 23th Ed.).  
 Oxígeno disuelto (Método del electrodo de membrana: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550-O B, 23th Ed.).  
 pH (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H<sup>+</sup> B. 23th Ed.).  
 Conductividad (Método de laboratorio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510 B. 23th Ed.).  
 Sólidos totales disueltos (Método electrométrico).  
 Sólidos suspendidos totales SST (Método por secado a 103-105°C: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2540 F, 23th Ed.).  
 Potencial óxido-reducción ORP (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2580 B, 23th Ed.).

**3. RESULTADO DEL ANÁLISIS**

Código de registro	Identificación de la muestra	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	TDS <sup>1</sup> (ppm)	SST <sup>2</sup> (mg/L)	ORP <sup>3</sup> (mV)
EBTL1585	PM01	29.4	6.54	8.17	774	388	45.00	113
EBTL1586	PM02	29.3	5.52	8.09	1004	501	39.00	119
EBTL1587	PM03	28.2	3.36	7.95	1007	501	29.00	121
EBTL1588	PM04	29.7	0.76	7.60	1880	940	280.00	-305
EBTL1589	PM05	32.5	0.26	7.70	2030	1010	333.33	-303

1 = Sólidos totales disueltos.  
 2 = Sólidos suspendidos totales.  
 3 = Potencial óxido-reducción.



Mónica Rubén Herrera Alfaro Aguilera  
 Coordinadora de Laboratorio,  
 Ecobiotechnology Laboratorio S.A.C.

Los resultados de este documento corresponden a muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Ecobiotechnology Laboratorio SAC, se responsabiliza exclusivamente de los ensayos, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Este informe no es válido sin la firma y sello original de la coordinación de Ecobiotechnology Laboratorio S.A.C.

Ecobiotech Lab S.A.C. Dirección: Urb. Andrés Araujo Morán Mz. 07 Lt. 10 - Tumbes (por el parque El Avión - Puyango) / Urb. San Judas Tadeo Mz. Ch Lt. 2 - Trujillo - La Libertad (Entre Av. Colibrí y Antenor Orrego, al costado del Hostal Cdiseo). Celular +51992714119 / +51978729233. Correo electrónico: ventas@ecobiotechlab.com

**1. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**

Solicitante : Alessandra Geraldine Medina Malmaceda.  
 Domicilio legal : Pasaje Hilario Carrasco N° 200, caserío Realengal - Corrales.  
 DNI N° : 72374647  
 Tipo de muestra : Agua residual.  
 Cantidad de muestra para el ensayo : 05 muestras.  
 Identificación de la muestra : PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05 (01/01/2025).  
 Forma de presentación : Agua residual colectada *in situ* y transportada en cadena de frío.  
 Fecha de recepción : 01/01/2025  
 Fecha de inicio del ensayo : 01/01/2025  
 Fecha de término del ensayo : 01/01/2025  
 Fecha de entrega del informe de ensayo : 01/01/2025  
 Ensayo realizado en : Área de Análisis Físico-químicos.  
 Código de registro : EBTL1590 hasta EBTL1594.  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.  
 Referencia : -

**2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO**

Temperatura (Método termométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550 B, 23th Ed.).  
 Oxígeno disuelto (Método del electrodo de membrana: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2550-O B, 23th Ed.).  
 pH (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H<sup>+</sup> B. 23th Ed).  
 Conductividad (Método de laboratorio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510 B. 23th Ed.).  
 Sólidos totales disueltos (Método electrométrico).  
 Sólidos suspendidos totales SST (Método por secado a 103-105°C: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2540 F, 23th Ed.).  
 Potencial óxido-reducción ORP (Método electrométrico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2580 B, 23th Ed.).

**3. RESULTADO DEL ANÁLISIS**

Código de registro	Identificación de la muestra	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	TDS <sup>1</sup> (ppm)	SST <sup>2</sup> (mg/L)	ORP <sup>3</sup> (mV)
EBTL1590	PM01	29.4	6.55	8.10	804	401	3.00	90
EBTL1591	PM02	29.5	5.90	8.00	983	493	10.00	96
EBTL1592	PM03	28.1	3.54	7.92	1001	501	8.00	98
EBTL1593	PM04	29.8	0.64	7.72	1681	941	90.00	-298
EBTL1594	PM05	32.5	0.29	7.69	1890	940	130.00	-308

1 = Sólidos totales disueltos.

2 = Sólidos suspendidos totales.

3 = Potencial óxido-reducción.



Mito. Rubén Hernán Alvaro Aguilera  
Coordinador de Laboratorio.  
Ecobiotechnology Laboratorio S.A.C.

Los resultados de este documento corresponden a muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Ecobiotechnology Laboratorio SAC, se responsabiliza exclusivamente de los ensayos, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Este informe no es válido sin la firma y sello original de la coordinación de Ecobiotechnology Laboratorio S.A.C.

Ecobiotech Lab S.A.C. Dirección: Urb. Andrés Araujo Morán Mz. 07 Lt. 10 - Tumbes (por el parque El Avión - Puyango) / Urb. San Judas Tadeo Mz. Ch Lt. 2 - Trujillo - La Libertad (Entre Av. Colibrí y Antenor Orrego, al costado del Hostal Coliseo). Celular +51992714119 / +51978729233. Correo electrónico: ventas@ecobiotechlab.com

**1. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**

Solicitante : Alessandra Geraldine Medina Malmaceda.  
 Domicilio legal : Pasaje Hilario Carrasco N° 200, caserío Realengal - Corrales.  
 DNIN° : 72374647  
 Tipo de muestra : Agua residual.  
 Cantidad de muestra para el ensayo : 05 muestras.  
 Identificación de la muestra : PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05 (28/12/2024).  
 Forma de presentación : Agua residual colectada *in situ* y transportada en cadena de frío.  
 Fecha de recepción : 28/12/2024  
 Fecha de inicio del ensayo : 28/12/2024  
 Fecha de término del ensayo : 05/01/2025  
 Fecha de entrega del informe de ensayo : 06/01/2025  
 Ensayo realizado en : Área de Microbiología.  
 Código de registro : EBTL1580 hasta EBTL1584.  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.  
 Referencia : -

**2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO**

Aceites y grasas (Método: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry).  
 Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test).  
 Demanda química de oxígeno (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method).  
 Coliformes termotolerantes (Método: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. ).

**3. RESULTADO DEL ANÁLISIS**

Código de registro	Identificación de la muestra	Aceites y grasas (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)
EBTL1580	PM01	<1.60	<2.0	<10.0	150
EBTL1581	PM02	<1.60	<2.0	14.0	640
EBTL1582	PM03	<1.60	<2.0	17.6	91
EBTL1583	PM04	24.1	435.0	630.0	2300000
EBTL1584	PM05	12.0	449.0	636.4	1500000



Mtgo. Rubén Hernán Alfaro Aguilera  
 Coordinador de Laboratorio,  
 Ecobiotech Laboratory S.A.C.

Los resultados de este documento corresponden a muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Ecobiotech Laboratory SAC, se responsabiliza exclusivamente de los ensayos, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Este informe no es válido sin la firma y sello original de la coordinación de Ecobiotech Laboratory S.A.C.

Ecobiotech Lab S.A.C. Dirección: Urb. Andrés Araujo Morán Mz. 07 Lt. 10 - Tumbes (por el parque El Avión - Puyango) / Urb. San Judas Tadeo Mz. Ch Lt. 2 - Trujillo - La Libertad (Entre Av. Colibrí y Antenor Orrego, al costado del Hostal Coliseo). Celular +51992714119 / +51978729233. Correo electrónico: ventas@ecobiotechlab.com

**1. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**

Solicitante : Alessandra Geraldine Medina Malmaceda.  
 Domicilio legal : Pasaje Hilario Carrasco N° 200, caserío Realengal - Corrales.  
 DNI N° : 72374647  
 Tipo de muestra : Agua residual.  
 Cantidad de muestra para el ensayo : 05 muestras.  
 Identificación de la muestra : PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05 (30/12/2024).  
 Forma de presentación : Agua residual colectada *in situ* y transportada en cadena de frío.  
 Fecha de recepción : 30/12/2024  
 Fecha de inicio del ensayo : 30/12/2024  
 Fecha de término del ensayo : 08/01/2025  
 Fecha de entrega del informe de ensayo : 09/01/2025  
 Ensayo realizado en : Área de Microbiología.  
 Código de registro : EBTL1585 hasta EBTL1589.  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.  
 Referencia : -

**2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO**

Aceites y grasas (Método: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry).  
 Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test).  
 Demanda química de oxígeno (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method).  
 Coliformes termotolerantes (Método: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. ).

**3. RESULTADO DEL ANÁLISIS**

Código de registro	Identificación de la muestra	Aceites y grasas (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)
EBTL1585	PM01	<1.60	<2.0	<10.0	210
EBTL1586	PM02	<1.60	<2.0	12.4	750
EBTL1587	PM03	<1.60	<2.0	12.6	140
EBTL1588	PM04	29.5	420.4	568.8	2100000
EBTL1589	PM05	14.5	415.7	592.6	1600000



México, Rubén Hernán A. Piro Aguilera  
 Coordinador de Laboratorio.  
 Ecobiotechnology Laboratorio S.A.C.

Los resultados de este documento corresponden a muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. Ecobiotechnology Laboratorio SAC, se responsabiliza exclusivamente de los ensayos, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Este informe no es válido sin la firma y sello original de la coordinación de Ecobiotechnology Laboratorio S.A.C.

Ecobiotech Lab S.A.C. Dirección: Urb. Andrés Araujo Morán Mz. 07 Lt. 10 - Tumbes (por el parque El Avión - Puyango) / Urb. San Judas Tadeo Mz. Ch Lt. 2 - Trujillo - La Libertad (Entre Av. Colibrí y Antenor Orrego, al costado del Hostal Coliseo). Celular +51992714119 / +51978729233. Correo electrónico: ventas@ecobiotechlab.com

**1. DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**

Solicitante : Alessandra Geraldine Medina Malmaceda.  
 Domicilio legal : Pasaje Hilario Carrasco N° 200, caserío Realengal - Corrales.  
 DNI N° : 72374647  
 Tipo de muestra : Agua residual.  
 Cantidad de muestra para el ensayo : 05 muestras.  
 Identificación de la muestra : PM01, PM02, PM03, PM04 y PM05 (01/01/2025).  
 Forma de presentación : Agua residual colectada *in situ* y transportada en cadena de frío.  
 Fecha de recepción : 01/01/2025  
 Fecha de inicio del ensayo : 01/01/2025  
 Fecha de término del ensayo : 11/01/2025  
 Fecha de entrega del informe de ensayo : 12/01/2025  
 Ensayo realizado en : Área de Microbiología.  
 Código de registro : EBTL1590 hasta EBTL1594.  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas.  
 Referencia : -

**2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO**

Aceites y grasas (Método: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry).  
 Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test).  
 Demanda química de oxígeno (Método: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method).  
 Coliformes termotolerantes (Método: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. ).

**3. RESULTADO DEL ANÁLISIS**

Código de registro	Identificación de la muestra	Aceites y grasas (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)
EBTL1590	PM01	<1.60	<2.0	<10.0	110
EBTL1591	PM02	<1.60	<2.0	10.5	390
EBTL1592	PM03	<1.60	<2.0	11.4	62
EBTL1593	PM04	20.7	406.0	540.4	2000000
EBTL1594	PM05	10.4	387.2	530.0	1100000



M.Bigo. Rubén Hernán Afaro Aguilera  
 Coordinador de Laboratorio.  
 EcoBiotechnology Laboratorio S.A.C.

Los resultados de este documento corresponden a muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. EcoBiotechnology Laboratorio SAC, se responsabiliza exclusivamente de los ensayos, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Este informe no es válido sin la firma y sello original de la coordinación de EcoBiotechnology Laboratorio S.A.C.

EcoBiotech Lab S.A.C. Dirección: Urb. Andrés Araujo Morán Mz. 07 Lt. 10 - Tumbes (por el parque El Avión - Puyango) / Urb. San Judas Tadeo Mz. Ch Lt. 2 - Trujillo - La Libertad (Entre Av. Colibrí y Antenor Orrego, al costado del Hostal Coliseo). Celular +51992714119 / +51978729233. Correo electrónico: ventas@ecobiotechlab.com

### Anexo 6. Matriz de consistencia

Título	Planteamiento del problema	Objetivo General y Específicos	Hipótesis General y Específicas	Variables e Indicadores	Diseño de Investigación	Métodos y técnicas de investigación	Población y muestra de estudio
Niveles de contaminación de las aguas residuales de la quebrada Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán – Tumbes, 2024.	¿Los niveles de contaminación por vertimientos de aguas residuales afectan la calidad ambiental de la quebrada Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán, región Tumbes?	<b>1. Objetivo General</b>	<b>1. Hipótesis General</b>	<b>1. Variables</b>	<b>Diseño de investigación:</b>  No experimental - transversal  <b>Tipo de investigación:</b> Descriptivo	<b>1. Métodos</b>	<b>1. Población</b>
		Determinar los niveles de contaminación por vertimientos de aguas residuales en la quebrada Pedregal.	Los niveles de contaminación por vertimientos de aguas residuales son altos y afectan la calidad ambiental de la quebrada Pedregal en el centro poblado Andrés Araujo Morán, región Tumbes	<b>Variable Independiente:</b> Vertimientos de aguas residuales <b>Indicadores:</b>  - Actividades antrópicas		Métodos cuantitativos	La población será la totalidad de las cuencas que presentan contaminación por aguas residuales.
		<b>2. Objetivos Específicos</b>	<b>2. Hipótesis Específicas</b>	<b>Variable dependiente:</b> Niveles de contaminación <b>Indicadores:</b> - Parámetros físicos, químicos y microbiológicos. - Límites máximo permisible		<b>2. Técnica de recolección de datos</b>	<b>2. Muestra del Estudio</b>
		Determinar los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la quebrada Pedregal	Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la quebrada Pedregal exceden los Límites Máximos permisibles.	La técnica será la recolección de muestras para el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales.		La muestra está representada por 5 puntos en la línea de la quebrada Pedregal.	
		Describir los factores que determinan la contaminación por aguas residuales en la quebrada pedregal.	Las actividades antrópicas intervienen significativamente en la contaminación de la quebrada Pedregal.				