

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**CALIDAD AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA PISCIGRANJA, EN UN TRAMO  
DE LA QUEBRADA ANIPAMTE EN EL CC. PP SUPTE SAN JORGE- LEONCIO  
PRADO- HUANUCO 2024**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**HERIX CLINTON FIGUEROA DIEGO**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2025**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 062-2025-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 17 de abril de 2025, a horas 7:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CALIDAD AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA PISCIGRANJA, EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA ANIPAMTE EN EL CC. PP SUPTE SAN JORGE-LEONCIO PRADO-HUANUCO 2024”**

Presentado por el Bachiller: FIGUEROA DIEGO HERIX CLINTON, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “**MUY BUENA**”.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 21 de mayo de 2025

  
Mblgo.M.Sc.LUIS ALBERTO SANCHEZ ROMERO  
PRESIDENTE

  
Ing. MSc. ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA  
MIEMBRO

  
Blgo. MSc. CÉSAR AUGUSTO GOZME SULCA  
MIEMBRO



  
Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO  
ASESOR



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 206 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA PISCIGRANJA, EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA ANIPAMTE EN EL CC. PP SUPTE SAN JORGE- LEONCIO PRADO- HUANUCO 2024	HERIX CLINTON FIGUEROA DIEGO	15 % Quince

Tingo María, 30 de junio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui  
JEFE

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROECOLÓGICAS**  
**MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL**



**CALIDAD AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA PISCIGRANJA, EN UN TRAMO  
DE LA QUEBRADA ANIPAMTE EN EL CC. PP SUPTE SAN JORGE- LEONCIO  
PRADO- HUANUCO 2024**

<b>Autor</b>	: Bach. Herix Clinton Figueroa Diego
<b>Asesor</b>	: Dr. Luis Ore Cierto
<b>Area de Investigación</b>	: Gestion Ambiental - PICSDS
<b>Grupo de Investigación</b>	: Gestion Ambiental
<b>Linea de Investigación</b>	: Gestion de la Contaminacion
<b>Lugar de ejecución</b>	: Tramo quebrada Anipamte en CC.PP Supte San Jorge
<b>Fecha de inicio</b>	: 01/05/2024
<b>Fecha de termino</b>	: 01/10/2024
<b>Financiamiento</b>	: Monto S/ 4,158
<b>FIF</b>	: No
<b>Propio</b>	: Si
<b>Otros</b>	: No

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A mi padre Grober Figueroa Torres, por su apoyo incondicional y ser una inspiracion de seguir adelante por las metas trazadas, tambien por ser uno de los pilares en fomentar la educacion en mi familia.

A mi madre Bertha Diego Trinidad por brindarme todo el apoyo necesario para cumplir mis objetivos y el amor brindado durante toda esta trayectoria universitaria.

A mis hermanos Alexander Figueroa Diego, Cinthia Figueroa Diego y Bruner Figueroa Diego por el apoyo brindado y ser un parte de mi familia.

A mis tios Emerthson Ramos Palacios y Julia Figueroa Torres por brindarme todo el apoyo y acogerme en su circulo familiar.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por protegerme y cuidarme durante toda esta etapa de mi vida, permitiendo la formación profesional exitosa.

A mis padres Grober Figueroa Torres y Bertha Diego Trinidad por inculcarme valores y responsabilidades que son base para la determinación del profesional.

Sin duda la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser parte de la formación académica brindada, en especial con la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

A mis asesores: Luis Eduardo Ore Cierzo y Cesar Samuel Lopez Lopez, por su atención, asistencia y observaciones en la ejecución de este trabajo.

A mi familia en general, que contribuyeron en mi proceso de formación académica a lo largo de los años de estudio.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Producción y problemática en el sector acuícola mundial. ....	3
2.1.2. Actividad acuícola en el Perú. ....	3
2.1.3. Actividad acuícola en la región Huánuco.....	4
<b>2.2. Marco normativo de calidad de agua en el Perú</b> .....	<b>4</b>
2.2.1. Reglamento de calidad de agua para ríos .....	4
<b>2.3. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
2.3.1. El agua .....	6
2.3.2. Calidad de agua .....	6
2.3.3. Límites Máximos Permisibles .....	6
2.3.4. Verificación de la calidad de agua.....	7
2.3.5. Calidad química del agua .....	7
2.3.6. Calidad microbiana del agua .....	8
2.3.7. Contaminación del agua .....	8
2.3.8. Actividad acuícola .....	8
2.3.9. Contaminación por actividad acuícola .....	9
2.3.10. Coliformes en el agua.....	9
2.3.11. Salud pública y calidad del agua .....	10
2.3.12. Parámetros del agua en consideración a evaluarse.....	10

<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Lugar de la zona de investigación.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Materiales y Equipos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Criterio de investigación.....</b>	<b>19</b>
3.3.3. Método de investigación.....	19
3.3.4. Variable de investigación .....	20
3.3.4.1. Variable dependiente .....	20
3.3.4.2. Variable independiente .....	20
3.3.5. Operacionalización de variables.....	20
3.3.6. Diseño de investigación.....	20
3.3.7. Población y muestra.....	20
3.3.8. Técnica e instrumento de investigación.....	21
3.3.9. Análisis de datos.....	21
<b>3.4. Metodología .....</b>	<b>21</b>
3.4.1.1. Reconocimiento de la zona de estudio.....	21
3.4.1.2. Puntos de muestreo .....	21
3.4.1.3. Toma de muestras .....	22
3.4.1.4. Análisis de los parámetros .....	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua del efluente de las piscigranjas y comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Aguas Residuales Domesticas o Municipales.....</b>	<b>30</b>
4.1.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	30
4.1.2. Temperatura.....	31
4.1.3. Conductividad Eléctrica .....	33

4.1.4.	Total de solidos disueltos .....	35
4.1.5.	Aceites y Grasas .....	36
4.1.6.	Potencial de Hidrogeno (pH).....	38
4.1.7.	Fosfatos.....	39
4.1.8.	Nitratos .....	41
4.1.9.	Oxígeno Disuelto (OD) .....	43
4.1.10.	Demanda Química de Oxigeno (DQO) .....	44
4.1.11.	Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO).....	46
4.2.	<b>Determinación de los parámetros microbiológicos del agua del efluente de la piscigranjas y comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Aguas Residuales Domesticas o Municipales.....</b>	<b>47</b>
4.2.1.	Coliformes Termotolerantes .....	47
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>VI.</b>	<b>PROPUESTAS A FUTURO .....</b>	<b>51</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIA.....</b>	<b>52</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pagina</b>
1. Indicadores de la calidad ambiental del agua .....	6
2. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo. ....	21
3. Fecha y hora de las tomas de muestras. ....	21
4. Parámetros establecidos dentro del LMP .....	28
5. Parámetros utilizados en los Límites Máximos Permisibles 003-2010. ....	29
6. Resultados de Solidos Suspendidos Totales en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	30
7. Resultados de la temperatura en los puntos muestreados. En los meses de julio-septiembre 2024. ....	32
8. Resultados de la conductividad eléctrica en los dos efluentes. Meses: julio-septiembre del 2024. ....	34
9. Resultados del Total de Solidos Disueltos en ambos efluentes. Meses: julio-septiembre del 2024. ....	35
10. Resultados de Aceites y Grasas en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	36
11. Resultados del pH en los puntos de muestreos analizados. Periodos julio-septiembre del 2024. ....	38
12. Resultados de la cantidad de fosfatos en ambos efluentes. En los meses: julio-septiembre del 2024. ....	40
13. Resultados de la cantidad de nitratos en ambos efluentes. En los meses: julio-septiembre del 2024. ....	42
14. Resultados de la cantidad de Oxígeno Disuelto en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	43
15. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	45
16. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	46

**17. Resultados de los Coliformes Termotolerantes en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. .... 48**

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pagina</b>
Figura 1. Ubicación del centro poblado de Supte San Jorge .....	16
Figura 2. Variación de Solidos Suspendidos Totales en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	31
Figura 3. variación de la temperatura en cada mes de muestreo. Meses desde julio- septiembre del 2024.....	32
Figura 4. Comportamiento de la conductividad eléctrica en los efluentes respectivos. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	34
Figura 5. Comportamiento del Total de Solidos Disueltos (TDS) en los dos efluentes, durante los meses de julio-septiembre del 2024.....	36
Figura 6. Variación de Aceites y Grasas en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	37
Figura 7. Variación de la temperatura en cada mes de muestreo. Meses desde julio- septiembre del 2024.....	39
Figura 8. Comportamiento de fosfatos en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio- septiembre del 2024. ....	41
Figura 9. Variación de los nitratos en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	42
Figura 10. Variación del oxígeno disuelto (OD) en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.....	44
Figura 11. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	45
Figura 12. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	47
Figura 13. Resultados de los Coliformes Termotolerantes en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024. ....	49
Figura 14. Ubicación geográfica de ambos efluentes en la quebrada Anipante.....	57
Figura 15. Vista del tramo en estudio.....	57

Figura 16. Toma de muestra en el efluente 1 (E-1).....	57
Figura 17. Toma de muestra para la DBO5.....	57
Figura 18. Segunda toma de muestra en el efluente 2 (E-2).....	57
Figura 19. Toma de muestra para la DBO5 en el efluente 2. ....	57
Figura 20. Tercera toma de muestra en el efluente 1.....	57
Figura 21. Anotaciones del resultado de las muestras.....	57
Figura 22. Incubación de las muestras para la determinación de la DBO5.....	57
Figura 23. El multiparámetro como herramienta principal para la determinación de la calidad del agua.....	57
Figura 24. Determinación del resultado de la DBO5 .....	57
Figura 25. Evaluación del resultado del OD.....	57
Figura 26. Determinación de los pesos del papel después de la filtración y secado. ....	57
Figura 27. Materiales para la determinación de los coliformes termotolerantes.....	57
Figura 28. Procediendo para la captación del microorganismo.....	57
Figura 29. Incubación de las muestras para su determinación de microorganismos.....	57

## RESUMEN

Como objetivo principal de esta investigación fue, evaluar la calidad ambiental del efluente de la piscigranja ubicadas en un tramo de la quebrada Anipante del C.P de Supte San Jorge, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, se eligieron dos piscigranjas de propietarios distintos que cuyos efluentes desemboca directamente en la quebrada, estas muestras fueron tomadas en meses con ausencia de precipitación hídrica (julio, agosto y septiembre). Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron (SST, Temperatura, turbidez, Conductividad Eléctrica, pH, OD, DBO5, nitratos y fosforo total) y los parámetros microbiológicos (Coliformes Termotolerantes). Una vez evaluados se comparó con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, en Aguas Residuales Domesticas o Municipales, los valores obtenidos de la Temperatura, Conductividad Eléctrica, Fosforo Total y SST y OD en los meses de julio, agosto y septiembre hay un incremento significativo pero no sobrepasan los LMP, pero el pH solo en el mes de septiembre esta fuera del rango permitido, el DBO5 y los Nitratos están dentro del rango requerido por los LMP. Hubo presencia de Coliformes Termotolerantes pero no sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles. Estas evaluaciones nos ayudan a determinar las posibles amenazas que puede afrontar un cuerpo de agua si hay presencia de actividades acuícolas que cuyos efluentes no tienen un tratamiento adecuado para reducir los impactos ambientales en el agua.

**Palabras claves:** Calidad de agua, estándares de calidad de agua, precipitación hídrica, radiación solar y parámetros.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research was to evaluate the environmental quality of the effluent of the fish farm located in a section of the Anipamte stream of the C.P of Supte San Jorge, district of Rupa Rupa, province of Leoncio Prado, department of Huanuco, two fish farms of different owners were chosen whose effluent flows directly into the stream, these samples were taken in months with no rainfall (July, August and September). The physicochemical parameters evaluated were (TSS, temperature, turbidity, electrical conductivity, pH, DO, BOD5, nitrates and total phosphorus) and the microbiological parameters (thermotolerant coliforms). Once evaluated and compared with the Maximum Permissible Limits (MPL) of the Supreme Decree No. 003-2010-MINAM, in Domestic or Municipal Wastewater, the values obtained for Temperature, Electrical Conductivity, Total Phosphorus and TSS and DO in the months of July, August and September there is a significant increase but do not exceed the MPL, but the pH only in the month of September is outside the permitted range, the BOD5 and Nitrates are within the range required by the MPL. Thermotolerant coliforms were present but did not exceed the Maximum Permissible Limits. These assessments help us to determine the potential threats that a water body may face if aquaculture activities are present whose effluents are not adequately treated to reduce environmental impacts on the water.

**Key words:** Water quality, water quality standards, water precipitation, solar radiation and parameters.

## I. INTRODUCCION

En los últimos tiempos, los entornos acuáticos del interior han sido los más afectados por las acciones de las personas. El cúmulo de residuos fabriles y hogareños, producto del veloz aumento demográfico en los cursos fluviales, que terminan en el océano, ha ocasionado que importantes ríos a nivel global estén casi vacíos de animales. Ciertos grandes ríos del planeta han perdido casi toda su vida. (Roldan G, 1988).

Asegurar el uso responsable del agua se ha vuelto un desafío crítico a nivel global, sobre todo en lugares donde la producción y el uso del agua por parte de las comunidades están interconectados (ONU, 2023). En los trópicos, los arroyos son ecosistemas fundamentales que brindan servicios ecosistémicos cruciales, si bien se encuentran vulnerables a las intervenciones humanas (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). [IUCN], 2022).

La producción acuícola representa un pilar económico fundamental, aunque no está exenta de críticas debido a sus efectos perjudiciales sobre el entorno natural, tales como la polución hídrica y terrestre, modificaciones en la diversidad biológica y la desaparición de los ecosistemas de manglar (Barg U, 1994). En el presente, se vuelve esencial para la nación llevar a cabo una valoración exhaustiva de las consecuencias ambientales originadas por los emprendimientos acuícolas, valiéndose de investigaciones minuciosas y el examen de información para así poder generalizar sus dictámenes (Bocanegra G, 2019).

En los últimos diez años, la acuicultura en Perú ha experimentado un notable crecimiento del 40%, consolidándose como una pieza clave para garantizar la disponibilidad de alimentos (Ministerio Nacional de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2023). Sin embargo, el 65% de las pequeñas piscigranjas operan sin los debidos sistemas para el tratamiento de sus residuos (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2022), lo cual representa una carga para los frágiles ecosistemas acuáticos.

Un caso particular es el de la quebrada Anipamte, situada en el caserío de Vista Alegre, que se ve afectada por la cría intensiva de peces en espacios limitados (piscigranjas), cuyos desechos se vierten directamente a la quebrada sin ningún tipo de regulación. Además, en la parte baja, esta quebrada es utilizada con fines recreativos por quienes residen cerca de este tramo.

Por el cual conociendo el contexto de la investigación, es importante investigar sobre la siguiente problemática: ¿Impactaran los efluentes de las piscigranjas en la calidad ambiental del agua en un tramo de la quebrada Anipamte en el centro poblado de Supte San Jorge, distrito Rupa Rupa-Leoncio Prado? Para ello se planteó la siguiente hipótesis: Los efluentes de las piscigranjas influyen en la calidad ambiental del agua. Considerando que el agua resultante de estas actividades no es apta para otros usos humanos, ni se pueden desechar los residuos directamente en fuentes de agua sin tratarlos primero, esta investigación pretende facilitar información tanto a los productores de peces como al público en general, incluyendo a los organismos reguladores y a las autoridades locales del centro poblado de Supte San Jorge, planteándose los siguientes objetivos:

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad ambiental del efluente de la piscigranja en un tramo de la quebrada Anipamte en el Centro Poblado de Supte San Jorge.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Determinar los parámetros fisicoquímicos del efluente de la piscigranja, en un tramo de la quebrada Anipamte y comparar con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Aguas Residuales Domesticas o Municipales.

Determinar los parámetros microbiológicos del efluente de la piscigranja, en un tramo de la quebrada Anipamte y comparar con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Aguas Residuales Domesticas o Municipales.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1. Producción y problemática en el sector acuícola mundial.**

En el presente siglo, la acuicultura a nivel global mantiene una trayectoria ascendente, alcanzando niveles nunca antes vistos, impulsada por la innovación y el avance tecnológico. Se ha adaptado de manera efectiva para satisfacer las necesidades de alimentación de la humanidad, llegando a un máximo histórico de 63.6 millones de toneladas en 2011. Un aspecto importante para resaltar es el registro de casi 600 especies acuáticas que se cultivan en todo el mundo mediante diversos sistemas e instalaciones, con diferentes niveles de insumos y complejidad técnica, utilizando aguas dulces, salobres y marinas. Esto representa un aporte importante a la producción pesquera por medio de métodos de cultivo, sobre todo en aguas continentales (FAO, 2012).

El incremento acelerado de la acuicultura ha generado graves inquietudes entre los gobiernos, grupos ecologistas y la sociedad en sí por los posibles perjuicios que esta podría causar al medio ambiente. Al ser vista como una actividad en constante crecimiento, es necesario tener cautela en su ejecución y lugar, dado que puede alterar la calidad del agua y perjudicar los ecosistemas, tanto ríos como mares, que son intensamente modificados por los desastres. (2005, Bordehore)

Las prácticas acuícolas perjudican la biodiversidad, cuya preservación es un asunto de inquietud a escala global, dado que su disminución afectará de manera significativa la calidad de vida de los seres humanos. La actividad humana ha provocado un declive en la variedad de vida marina y de agua dulce, sobre todo por causas relacionadas con la acuicultura. Algunos productores acuícolas han considerado que la hibridación, o sea, la mejora en la producción de peces mediante cruces, es la solución a los problemas de escasa productividad. Sin embargo, esto no siempre funciona; si estos cruces se escapan a la naturaleza, podrían mezclar su material genético con especies (S. Ovando 2013)

#### **2.1.2. Actividad acuícola en el Perú.**

En 2010, la cosecha de la acuicultura en Perú superó las 89 mil toneladas, de las cuales el 81% se originó en el ámbito marino y el 19% se originó en el ámbito continental. En términos generales, se puede observar un crecimiento significativo en todos los sistemas de producción

acuícola a partir de 2002, Se notó un auge sobre todo en los cultivos primordiales (ostiones, camarones y trucha arcoíris). A pesar de ello, la generación de tilapias y peces amazónicos igual tuvo un alza durante este lapso, si bien en una cantidad menor.

Según la Dirección Regional de la Producción Junín, en la microcuenca del río Chía, en Junín, la cría de truchas da como resultado unas 250 toneladas de carne al año. Según se estima, esta actividad productiva liberaría anualmente cerca de 82 toneladas de elementos sólidos, 19 toneladas de nitrógeno y 2.4 toneladas de fósforo. Estas sustancias podrían superar la capacidad de los ecosistemas para procesarlas, causando serios problemas en el agua y en los organismos del fondo marino, como la eutrofización, falta de oxígeno y cambios en la diversidad biológica de la zona. Esto requiere llevar a cabo estudios sobre este asunto, debido a la falta de investigaciones sobre la contaminación o modificación del ecosistema acuático en esta microcuenca (Dirección Regional de la Producción Junín [DRPJ], 2012).

### **2.1.3. Actividad acuícola en la región Huánuco**

(Gobierno Regional de Huánuco [GOREHCO], 2017), en su Ordenanza Regional N°077-2017-GRHCO, que ratifica el Plan Regional de Acuicultura Huánuco 2017 - 2030, cuyo propósito fue manifestar las necesidades tanto de los productores acuícolas como de la entidad regional, con el fin de establecer los fundamentos para el desarrollo sostenible de la acuicultura en Huánuco, indica que: “La provincia de Leoncio Prado cuenta con una significativa infraestructura de pesca, distribuida entre los distritos de Rupa Rupa, José C. Construidas con fondos de las autoridades locales, el respaldo del Proyecto Especial Alto Huallaga (PEAH) y de los piscicultores propios; todos estos enfocados en la crianza de peces amazónicos, ya sea al nivel de subsistencia Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) o a Menor Escala Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMYPE).

## **2.2. Marco normativo de calidad de agua en el Perú**

### **2.2.1. Reglamento de calidad de agua para ríos**

La Ley General del Ambiente N° 28611. Normativa que establece el marco legal para la administración ambiental en Perú. Define los principios y reglas fundamentales para garantizar el ejercicio efectivo del derecho a un entorno saludable, balanceado y apropiado para el desarrollo integral de la vida, además del cumplimiento del deber de aportar a una gestión ambiental eficaz y

proteger el medio ambiente, así como sus elementos, con el propósito de elevar la calidad de vida de los habitantes y alcanzar el desarrollo sostenible del país.

El Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM valida las Regulaciones Nacionales de la Calidad Ambiental del Agua. Los Patrones Nacionales de la Calidad Ambiental se legalizan con el fin de establecer el punto de concentración o la proporción de componentes, materia o indicadores físicos, químicos y biológicos que existen en el agua, en su función como receptor y parte vital de los sistemas acuáticos, que no representan un riesgo importante para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Patrones aceptados se aplican a las masas de agua del país en su condición original y son fundamentales en la creación de leyes y estrategias, siendo un modelo obligatorio en la formación y utilización de todos los medios de manejo ambiental.

Solicitan acciones concretas para implementar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) relacionados con el Agua, según el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM. Esta normativa impulsa la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, los cuales fueron aprobados mediante el Decreto Supremo No 162-2008-MINAM, y que detallan las siguientes categorías: a) Categoría 1: Uso poblacional y recreativo, b) Categoría 2: Ámbito Costero Marítimo, Categoría 3: Destinado a la producción de vegetales y consumo animal, y Categoría 4: Protección del entorno acuático. Abarca, además, los procedimientos y criterios para el monitoreo de la calidad ambiental del agua, las pautas para la implementación de los ECA, la organización de datos, el control y las sanciones por incumplimiento de la normativa.

La Ley General del Ambiente, en su artículo 32, numeral 32.1, define el Límite Máximo Permisible (LMP) como el nivel de concentración o la magnitud de ciertos elementos, ya sean físicos, químicos o biológicos, presentes en un efluente o emisión. Si se supera este límite, se considera que puede provocar efectos negativos en la salud, el bienestar de las personas y el entorno natural. El Ministerio del Ambiente y las entidades que integran el Sistema Nacional de Gestión Ambiental son los responsables de asegurar que se cumplan estos límites, que tienen validez legal. Los criterios para controlar, vigilar y sancionar el incumplimiento de estos límites son definidos por el mismo Ministerio. A través de la Resolución Ministerial N° 121-2009 MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año 2009, que incluye en su anexo la creación del Límite Máximo Permisible para los efluentes de plantas de tratamiento de origen domésticas.

## **2.3. Marco teórico**

### **2.3.1. El agua**

El agua es un elemento esencial para la vida en la Tierra, constituyendo un recurso natural vital para todos los seres en nuestro planeta. En el caso de los seres humanos, nuestro cuerpo contiene aproximadamente entre un 60-70% de agua, una proporción que se refleja de manera similar en otros seres de los reinos vegetal y animal. Desde el punto de vista de sus propiedades físicas, El agua juega un rol fundamental como un vehículo de dilución y traslado de elementos vitales para el crecimiento de los organismos y los procesos naturales que tienen lugar en nuestro planeta, como el ciclo hidrológico (Aurazo, 2004).

### **2.3.2. Calidad de agua**

Según los datos suministrados por la Organización Mundial de la Salud (2006), para ser considerado como tal, el agua potable no debe representar un peligro para la salud o el medio ambiente. Para ello, se deben considerar las circunstancias de riesgo a las que pueda estar expuesto, las características de crecimiento o desarrollo del individuo, como si fuera un niño o un adulto, dado que los parámetros que tendrá serán muy distintos dependiendo de la fuente de procedencia. Los parámetros establecen el tipo de uso que se puede dar a las fuentes de agua basándose en los valores que muestren, estos pueden ser de naturaleza fisicoquímica, microbiológica, parasitológica o bacteriológica, entre otros. Estos valores se compararán de acuerdo con las regulaciones nacionales en vigor. A continuación, en la Tabla 1, se enumeran los parámetros clave que se toman en cuenta de acuerdo con la OMS (2006).

### **2.3.3. Límites Máximos Permisibles**

Se trata de valorar la magnitud o la concentración de componentes, materiales o factores físicos, químicos y biológicos que caracterizan una descarga, la cual, si excede un cierto límite, podría generar o generar daños a la salud, al confort de la gente y al medio ambiente. Su acatamiento es obligatorio por ley, según lo exige el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

**Tabla 1.** Indicadores de la calidad ambiental del agua

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
parámetros físicos	Residuos sólidos, generalmente pequeños o particulares, suspendidos, con una turbidez excesiva, así como la presencia de un aroma desagradable, color, sabor y temperatura.
Parámetros químicos	Sal, cloro sobrante, incremento en la conductividad eléctrica, alteración del pH, presencia de nitratos y nitritos, entre otros elementos.
Parámetros biológicos	Microorganismos perjudiciales que forman parte del grupo de coliformes, hongos, protozoarios, virus, algas, entre otros.

#### **2.3.4. Verificación de la calidad de agua**

Hoy en día, las aguas, ya sean las que vemos en la superficie o las que están bajo tierra, contienen elementos contaminantes, algunos propios de la naturaleza y otros introducidos por nosotros. Esto significa que, incluso antes de ser procesadas para abastecer a un pueblo, pueden representar un peligro.

En la actualidad, tanto las aguas que vemos en la superficie como las que están bajo tierra suelen contener elementos contaminantes, ya sean producto de la naturaleza o de la actividad humana. Esto implica que, incluso antes de que el agua llegue a nuestros hogares, ya podría representar un peligro. Además, identificar rápidamente el tipo de agua que estamos utilizando es complicado, ya que existen muchos indicadores y parámetros distintos, y analizarlos resulta caro. Así, una buena coordinación entre todos los que participan en la gestión del agua podría ayudar a evitar enfermedades causadas por consumir agua que no cumple con los estándares de calidad (Soto, 2014).

#### **2.3.5. Calidad química del agua**

Según la información proporcionada, los compuestos químicos pueden suponer un riesgo para la salud humana si su exposición se prolonga o se produce en cantidades considerables, lo que puede provocar varios efectos y trastornos. Es fundamental tener en cuenta que, al diseñar la vigilancia de la calidad del agua en los sistemas de suministro, es esencial considerar que no todos los sistemas poseen las mismas sustancias químicas, dado que cada uno es autónomo y singular (González, 2013). Esta variabilidad en la composición química del agua resalta la

importancia de realizar un monitoreo específico y adaptado a las características de cada sistema para garantizar la seguridad y calidad del agua potable suministrada a la población.

### **2.3.6. Calidad microbiana del agua**

De acuerdo con los datos suministrados, en el estudio microbiológico se emplean indicadores para determinar si una fuente natural necesita ser tratada y desinfectada antes de ser ingerida por la población, o si solo debería ser empleada para otros propósitos. Estos indicadores están vinculados con microorganismos dañinos y la polución microbiana, lo cual supone un peligro considerable para la salud de las personas. Según el tipo de microorganismo detectado, podríamos proponer un tratamiento o desinfección particulares. No obstante, si el estudio muestra la existencia de virus y/o protozoos entéricos, la mayoría de estos últimos resisten los métodos de desinfección, lo que supone retos extra en la aseguración de la seguridad microbiana del agua o alimentos que se han analizado (Fuentes, 2007).

### **2.3.7. Contaminación del agua**

La polución del agua hace referencia a la modificación de las propiedades naturales de este recurso, lo que puede generar efectos perjudiciales para los organismos vivos que dependen de él y para el medio ambiente en su totalidad. Las causas de la contaminación pueden variar, abarcando tanto las de origen humano como las aguas residuales, como otras más sofisticadas como las industriales o producidas por acciones específicas (Aurazo, 2004). Esta modificación en la calidad del agua puede generar consecuencias importantes en la salud de las personas, la vida en el agua y el entorno en general, subrayando la relevancia de tratar y evitar la polución del agua para asegurar su utilización segura y sustentable.

### **2.3.8. Actividad acuícola**

Acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, vertebrados como los peces o invertebrados como los moluscos y los crustáceos, y también de plantas acuáticas. El cultivo implica la propiedad personal o corporativa de la población que se cultiva y implica algún tipo de intervención en el proceso de cría para incrementar la producción, como el almacenamiento regular, la nutrición, y la defensa contra los depredadores (FAO 2020).

La actividad acuícola en aguas de la selva peruana ha ido en aumento, especialmente en la región amazónica, donde se cultivan diversas especies de peces, siendo el paiche (*Arapaima gigas*) uno de los más destacados. Esta actividad no solo contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico local, sino que también enfrenta desafíos significativos relacionados con la sostenibilidad y el impacto ambiental.

La acuicultura en la selva peruana ha demostrado ser una fuente importante de ingresos para muchas comunidades rurales. Según un estudio, el cultivo del paiche ha generado empleo y ha mejorado las condiciones económicas locales (Gobierno Regional de San Martín [GRSM], 2014).

A pesar de sus beneficios económicos, la actividad acuícola puede causar impactos negativos en el entorno natural. El uso inadecuado de recursos hídricos y la falta de regulación pueden llevar a problemas como la eutrofización y la degradación del hábitat acuático. Es fundamental implementar buenas prácticas que minimicen estos impactos (Escobar Quispe, 2023).

### **2.3.9. Contaminación por actividad acuícola**

El incremento acelerado de la acuicultura ha generado graves inquietudes entre los gobiernos, grupos ecologistas y la sociedad en sí por los posibles perjuicios que esta podría causar al medio ambiente. Al ser vista como una actividad en constante crecimiento, es necesario tener cautela en su ejecución y lugar, dado que puede alterar la calidad del agua y perjudicar los ecosistemas, tanto ríos como mares, los cuales son intensamente alterados por los desechos de las piscigranjas (Escobar Q. 2024)

### **2.3.10. Coliformes en el agua**

Como se indica en las fuentes suministradas, el conjunto de microorganismos que conforman las bacterias coliformes puede hallarse en vegetales en proceso de descomposición y en las heces de animales y humanos. Su existencia representa un riesgo para la salud, dado que tienen la capacidad de trasladarse desde cuerpos de agua naturales a otros elementos del sistema, incluyendo la red de suministro de agua, lo que podría provocar la contaminación de las conexiones domésticas (Ríos, 2017).

### **2.3.11. Salud pública y calidad del agua**

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua es crucial en la actualidad para garantizar la seguridad de su consumo, ya que puede ser un vector de enfermedades o intoxicaciones. Aunque el color y el olor del agua pueden parecer indicativos de su limpieza, la presencia de patógenos no siempre es evidente a simple vista, lo que subraya la importancia de realizar análisis detallados. Estas técnicas de análisis suelen regirse por normativas nacionales o metodologías estandarizadas con el objetivo principal de proteger la salud pública. Es fundamental identificar microorganismos específicos en el agua para prevenir riesgos asociados con la contaminación microbiológica y garantizar la inocuidad del suministro de agua potable (ONU, 2015).

### **2.3.12. Parámetros del agua en consideración a evaluarse.**

- **Temperatura**

Se refiere al cálculo de la energía cinética de las moléculas acuáticas, expresada en grados Celsius (°C) o Fahrenheit (F°). Este parámetro físico influye en la calidad y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Boyd C, 2020).

En peces tropicales, las temperaturas óptimas oscilan entre los 20 y 30°C, siendo las más adecuadas entre los 25 y 28°C; temperaturas inferiores a 20°C reducen el apetito y el crecimiento. Es necesario llevar a cabo un seguimiento diario en cada estanque conforme a su calendario. (Avilez et al. 2017)

- **Oxígeno Disuelto**

Es una medida importante en la química del agua, esencialmente en la valoración de la calidad del agua y en la gestión del agua residual y su tratamiento, el cual nos hace referencia a la cantidad de oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) presente en el agua de forma disuelta. (Wetzel R, 2001)

Este factor es vital para la supervivencia de los peces; su necesidad fluctúa en función de la especie, el tamaño, la actividad, el estrés, la dieta y la temperatura.

- **pH**

Se trata de vínculos frágiles que se establecen entre moléculas de agua (H<sub>2</sub>O) a causa de la atracción entre los átomos de hidrógeno y oxígeno., Esta unión es posible debido a la polaridad de la molécula de agua, que genera una carga parcial positiva en el hidrógeno y negativa en el

oxígeno, estos enlaces son responsables de las propiedades físicas y químicas del agua (Sörensen, 1924).

Es crucial establecer el pH en la acuicultura, dado que conocer este indicador establecerá las condiciones de crecimiento de los peces. El pH alto puede intensificar las dificultades de toxicidad por amonio (el amonio se convierte en amonio tóxico).

- **Alcalinidad**

Es posible definir como la cantidad de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua. Tiene que ver con la habilidad del medio para resistir las variaciones de pH. El rango ideal oscila entre 20 y 300 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . En caso de valores inferiores a 20, se requiere añadir 200 g/m<sup>2</sup> de carbonato cálcico, dos a tres veces al año. Se supervisa mensualmente o cuando se nota una disminución de agua, ya que siempre que se completa el nivel y se produce una disolución, se hace el encalado.

- **Aceites y grasas**

De acuerdo con Metcalf & Eddy (2014), en su libro "Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento y Reutilización de Recursos", los aceites y grasas son sustancias orgánicas no polares que comprenden una variedad extensa de componentes, tales como hidrocarburos, triglicéridos, ácidos grasos y ésteres, entre otros. Estos compuestos pueden surgir de procedencias naturales (como la degradación de materia orgánica) o de acciones humanas (como descargas industriales, aguas residuales del hogar o actividades acuícolas).

Dentro del marco de la calidad del agua, se considera a los aceites y grasas como contaminantes esenciales por sus impactos negativos en los ecosistemas acuáticos. Como indica en el libro "Water Quality Assessments", la existencia de estos elementos en el agua puede generar una película superficial que disminuye la transferencia de oxígeno entre el aire y el agua, impactando la vida en el agua. Adicionalmente, su acumulación en sedimentos puede provocar consecuencias a largo plazo, tales como la liberación gradual de contaminantes y la modificación de los hábitats acuáticos (Chapman, 1996).

- **Conductividad Eléctrica**

La conductividad, también conocida como conductividad eléctrica, se refiere a la habilidad de un material para atraer la corriente eléctrica a través del mismo. (2006) (Rivera). Esta característica física se fundamenta en la habilidad de los componentes para transportar la corriente eléctrica por sí mismos. Esta propiedad se basa en la composición de una sustancia o material, además de su estructura molecular o atómica. Esta propiedad depende de factores como la temperatura y la existencia de impurezas o iones disueltos en situaciones de líquidos. Conforme a su característica de conductividad o resistencia eléctrica, los elementos se categorizan en: aislantes, semiconductores y conductores.

La conductividad del agua está directamente relacionada con la concentración de sólidos disueltos totales (TDS), que incluyen sales y minerales. Estos iones son esenciales para el bienestar de los organismos acuáticos, ya que afectan procesos como la osmorregulación en los peces.

- **Sólidos Totales Disueltos (TDS)**

Representan la concentración de sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas en el agua, expresadas en miligramos por litro (mg/L). Incluyen iones como calcio, magnesio, sodio, cloruros y sulfatos, así como pequeñas cantidades de materia orgánica. Su medición es clave para evaluar la calidad del agua, ya que altas concentraciones pueden afectar su potabilidad, usos agrícolas y equilibrio ecológico. Los TDS influyen en la conductividad eléctrica del agua y están relacionados con la salinidad. En acuicultura, niveles elevados pueden causar estrés en organismos acuáticos. La OMS recomienda un límite máximo de 500 mg/L para agua potable (Chapman, 1996).

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) corresponden a partículas sólidas en suspensión dentro de una columna de agua, expresadas en miligramos por litro (mg/L). Señala el volumen de sólidos (usualmente medidos en miligramos por litro - mg/l), que se encuentran suspendidos y que pueden ser aislados mediante procedimientos mecánicos, como la filtración en vacío o la centrifugación del líquido. Estas partículas pueden ser de origen orgánico (como residuos

de alimento, heces de peces o materia vegetal) o inorgánico (sedimentos, arcillas). Los SST reducen la penetración de luz, afectando la fotosíntesis de plantas acuáticas, y pueden obstruir las branquias de los peces. En acuicultura, altas concentraciones ( $>50$  mg/L) indican mal manejo de estanques o erosión. Su medición es clave para evaluar impactos en la turbidez y capacidad de autodepuración de cuerpos de agua. En ocasiones, se vincula con la turbidez del agua (Boyd C, 2020).

- **Nitrato**

Es una sal que se forma cuando el ácido nítrico se combina con una base. Químicamente, se presenta como  $NO_3^-$  y es un compuesto que contiene nitrógeno y oxígeno. En la naturaleza, los nitratos son productos finales de la descomposición de materia orgánica y son esenciales para el crecimiento de las plantas, ya que actúan como una fuente importante de nitrógeno, un nutriente vital para la fotosíntesis y otros procesos biológicos.

Los nitratos son utilizados por las plantas acuáticas y microorganismos como fuente de nitrógeno. Esto es crucial para mantener la salud del ecosistema acuático, ya que promueve el crecimiento de fitoplancton, que a su vez es alimento para los peces, sin embargo, niveles excesivos de nitrato pueden ser indicativos de contaminación por fertilizantes o desechos orgánicos. Cuando los niveles son demasiado altos, pueden causar la eutrofización, un fenómeno que conduce al aumento desmedido de las algas y a la reducción del oxígeno presente en el agua, lo que puede resultar en la muerte de peces y otros organismos acuáticos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 2021).

- **Fosfatos.**

Son sustancias químicas originadas del fósforo, vitales para el desarrollo de seres acuáticos pero con problemas en exceso. En cuerpos acuáticos, se originan tanto de fuentes naturales (rocas, material orgánico) como de origen humano (efluentes del hogar, fertilizantes, desechos de la pesca). Su acumulación provoca eutrofización, impulsando un crecimiento desmedido de algas y disminuyendo la cantidad de oxígeno disuelto. En la acuicultura, concentraciones elevadas ( $>0.1$  mg/L) señalan una sobrealimentación o una inadecuada administración de desechos. Su evaluación se lleva a cabo a través de espectrofotometría (Método Ascórbico, Standard Methods 4500-P).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es una medida en la que se evalúa la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar los compuestos orgánicos presentes en una muestra de agua, esto es especialmente importante en

entornos acuáticos, donde la presencia de compuestos orgánicos puede afectar la disponibilidad de oxígeno para los organismos acuáticos. Una DQO alta nos puede indicar la presencia de contaminantes orgánicos como los hidrocarburos, pesticidas o productos químicos industriales (Gerardi M;2006).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en una muestra de agua en condiciones aeróbicas. Este proceso se lleva a cabo durante un período estándar de cinco días a una temperatura de 20 °C. La DBO se mide en miligramos de oxígeno ingeridos por litro de agua (mg O<sub>2</sub>/L) y se emplea extensamente para determinar el nivel de contaminación orgánica en los cuerpos acuáticos., incluyendo efluentes industriales y aguas residuales.

Un alto nivel de DBO indica una mayor cantidad de materia orgánica, lo que puede resultar en un consumo excesivo de oxígeno por parte de los microorganismos, esto podría provocar una reducción del oxígeno disuelto en el agua, amenazando la salud de los peces y otros seres acuáticos (Cromtek, 2023).

- **Coliformes termotolerantes**

Los coliformes termotolerantes (antes conocidos como "fecales") son un subgrupo de bacterias coliformes que tienen la habilidad de fermentar la lactosa a  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, siendo señales específicas de contaminación fecal reciente en cuerpos acuáticos. Este conjunto abarca mayormente a *Escherichia coli*, así como a ciertas especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Su presencia en entornos acuáticos muestra contaminación debido a excretas humanas o animales, constituyendo un posible peligro para la salud pública, en particular cuando el agua se emplea para actividades recreativas, riego o consumo no esencial. Estos microorganismos superan a los coliformes totales en resistencia a condiciones medioambientales desfavorables, lo que los hace un indicador fiable de contaminación patógena (Cabral J, 2010).

Su evaluación se lleva a cabo a través de métodos como la filtración por membrana (ISO 9308-1) o la metodología de tubos múltiples (NMP). La OMS dicta que las aguas de uso recreativo no deben exceder las 1000 UFC/100 mL de coliformes termotolerantes, en cambio, el

DS 004-2017-MINAM (Perú) establece que para aguas continentales se deben tener 2000 NMP/100 mL. Las elevadas concentraciones ( $>5000$  UFC/100 mL) están vinculadas a patologías gastrointestinales, cutáneas e infecciones en las mucosas.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de la zona de investigación

##### 3.1.1. Ubicación política

La investigación ha sido realizada en un tramo de la quebrada Anipamte encontrándose en la progresiva 0+190 km, hasta la progresiva 1+060 km de la carretera Vista Alegre, a 10 minutos de la ciudad de Tingo María, políticamente es como se muestra a continuación lo que sigue:

Región : Huánuco  
Provincia : Leoncio Prado  
Distrito : Rupa Rupa  
Centro Poblado : Supte San Jorge

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente las fuentes muestreadas se encuentran ubicadas en el sistema de geoprocesamiento UTM WGS84 18S según la figura 1, como se muestra a continuación:

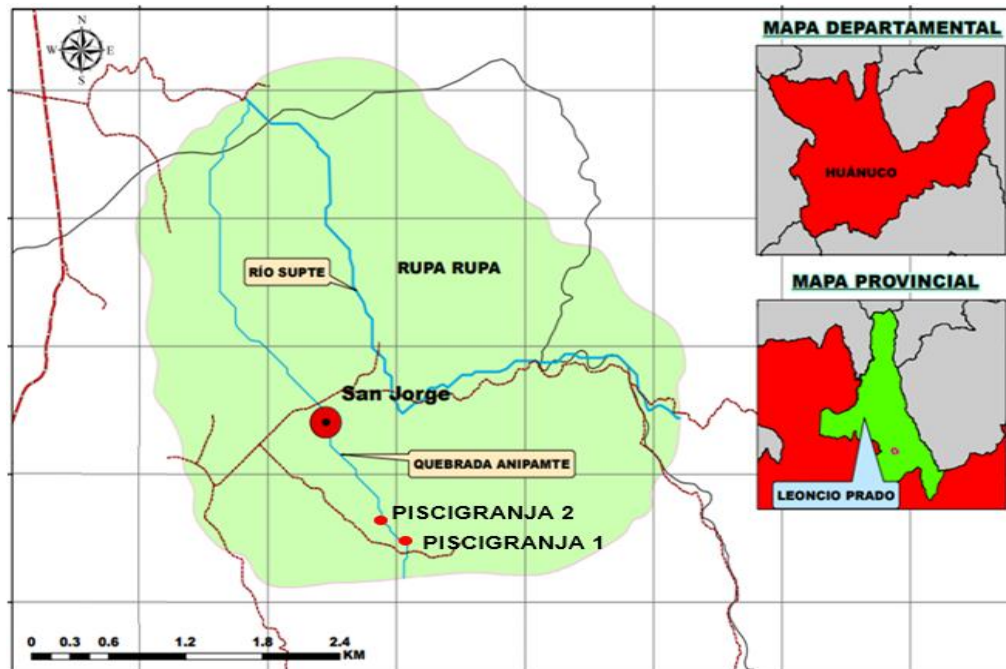


Figura 1. Ubicación del centro poblado de Supte San Jorge

### **3.1.3. Características climáticas**

En la zona estudiada, las temperaturas oscilan entre un pico de 22 grados Celsius y un mínimo de 19 grados Celsius. El promedio anual de temperatura se sitúa en torno a los 25.4 grados Celsius. La humedad relativa promedio a lo largo del año es cerca del 85%. La media de las precipitaciones anuales es de 3, 755 milímetros. (SENAMHI, 2020).

### **3.1.4. Ecología**

La provincia de Leoncio Prado se ubica en la zona de Rupa Rupa, conocida como selva alta. Según la clasificación de Holdridge, esta área corresponde a un bosque montano tropical sumamente húmedo. El clima predominante es cálido y con alta humedad. Esta región destaca por su vasta riqueza biológica y las neblinas matutinas, comunes debido a su altitud, que oscila entre los 600 y los 1,800 metros sobre el nivel del mar (Manrique de Lara y Chávez, 1996).

### **3.1.5. Geología**

El área de estudio se caracteriza por un basamento geológico compuesto, en su mayoría, por calizas (entre el 80 y el 90 por ciento), junto con cantidades menores de limonitas y lutitas alteradas por la acción del clima, en una fase avanzada de formación de suelo. Tales elementos dan lugar a suelos de carácter ácido (con un pH de 4.5 a 5.5), de baja riqueza natural y con una alta vulnerabilidad frente a la erosión. Las inclinaciones fuertes (superiores a 45 grados) experimentan una pérdida acelerada de suelo debido a las copiosas lluvias (más de 3,500 mm anuales) y la limitada unión de las lutitas transformadas. Este comportamiento geomorfológico favorece la aparición de barrancos y derrumbes frecuentes en la estación lluviosa, lo cual afecta la firmeza del terreno (Manrique de Lara y Chávez, 1996).

### **3.1.6. Fisiografía**

La región examinada presenta una base rocosa integrada, principalmente, por rocas calizas (que representan del 80% al 90%), además de proporciones reducidas de limonitas y lutitas modificadas por el clima, en una etapa madura de desarrollo del suelo. Estos componentes originan terrenos de tipo ácido (con un pH que oscila entre 4.5 y 5.5), de escasa fertilidad inherente y con una gran susceptibilidad a la erosión. Las pendientes pronunciadas (que exceden los 45 grados)

sufren una pérdida rápida de suelo debido a las abundantes precipitaciones (más de 3,500 mm cada año) y la escasa cohesión de las lutitas transformadas. Este patrón geomorfológico fomenta la formación de desfiladeros y deslizamientos habituales en la temporada de lluvias, lo que repercute en la estabilidad del suelo (Manrique de Lara y Chávez, 1996).

### **3.1.7. Hidrografía**

El cauce principal de la "Quebrada Anipamte " es abastecido por dos corrientes de agua que surgen de las vertientes (manante, puquial u ojo de agua), la primera vertiente está situada en las coordenadas UTM E: 394872 m., N: 8971182 m., con una altitud de 927 m.s.n.m., mientras que la segunda vertiente está situada en las coordenadas UTM E: 394966 con N: 8971769 con una altitud de 845 m.s.n.m, finalmente desemboca en el río Supte.

### **3.1.8. Capacidad de uso**

En la región de Huánuco, la acuicultura anual abarca no solo la trucha, sino también el Paco, la Gamitana (entre otras especies), y el camarón de río. Aunque solo contamos con registros de estos últimos en los años 2006 y 2008, hoy en día sabemos de la considerable informalidad entre los acuicultores dedicados al cultivo de Paco, Tilapia y Gamitana. Es crucial darles seguimiento para poder precisar la producción de especies tropicales y amazónicas en toda la región de Huánuco (RNIA, 2019).

### **3.1.9. Aspecto social**

En el aspecto general del distrito de Rupa Rupa, el 45% del territorio urbano se utiliza para la agricultura (cacao, café, plátano, arroz), el 30% para la conservación (Parque Nacional Tingo María), el 15% para la expansión urbana descontrolada, y el 10% para actividades industriales (palma de aceite). Se reportan disputas por la utilización de terrenos en áreas ribereñas (MPLP, 2022).

## **3.2. Materiales y Equipos**

### **3.2.1. Materiales**

Los materiales que se utilizaron en el campo para la obtención de muestras fueron: mascarillas KN95, guantes quirúrgicos, frascos de vidrio transparente de 1 L, frascos oscuros de 1 L, botines, cuaderno de apuntes, lapiceros y lápices, plumón tinta permanente, etiquetas para rotular, hojas bond, cooler hermético.

### **3.2.2. Materiales de laboratorio**

Los materiales de laboratorio que se utilizaron: tubos de ensayo, papel filtro, matraz de 250 ml, termómetro, pipetas graduadas de 100 ml, embudo, probetas, algodón, mechero, matraz de fondo redondo, cámara de Soxhlet, condensador, éter de petróleo, balanza analítica, estufa, horno, agua destilada, caldo peptonada, kit de nitratos y kit de sulfatos.

### **3.2.3. Equipos**

GPS (GARMIN 62s), multiparámetro, estufa, autoclave, balanza analítica y cámara fotográfica, computadora portátil (HP)

### **3.2.4. Software**

Se utilizaron software: Microsoft Excel, Microsoft Word, Microsoft Power Point.

## **3.3. Criterio de investigación**

### **3.3.1. Nivel de investigación**

El estudio es descriptivo ya que la información fue recolectada sin cambiar el entorno, es decir no se manipularon variables de investigación, solo se realizaron observaciones para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

### **3.3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que presenta para determinar la calidad ambiental del agua en la producción acuícola, de la quebrada Anipamte es aplicada, según Jacob (2013), lo cual en esta investigación se utilizó los conocimientos previos para poder generar nueva información.

### **3.3.3. Método de investigación**

El método de investigación fue descriptivo por que se caracterizó y registro las propiedades del efluente, cuantificando parámetros específicos, el cual no se buscó la causa-efecto, sino documentar condiciones existentes para futuras comparaciones.

### 3.3.4. Variable de investigación

#### 3.3.4.1. Variable dependiente

Variable X: Calidad Ambiental.

#### 3.3.4.2. Variable independiente

Variable Y: Efluente de la piscigranja

### 3.3.5. Operacionalización de variables

**Tabla 2.** Operacionalización de Variables

Variable	Definición de la variable	Dimensión	Indicador
Calidad ambiental del efluente	Cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a los parámetros establecidos para determinar su calidad	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Sólidos Suspendidos Totales, temperatura, oxígeno disuelto, pH, aceites y grasas, sólidos totales disueltos, nitrato, fosfatos, DQO, DBO5, y coliformes termotolerantes
Piscigranjas	Estanques dedicada a la crianza y engorde de peces en ambientes artificiales con fin comercial, especies cultivadas como: Paco y Gamitana	Evaluaciones en meses de julio, agosto y septiembre	Día

### 3.3.6. Diseño de investigación

El diseño de investigación corresponde a No Experimental-Longitudinal-Tendencia, porque los parámetros fueron recolectados en tres momentos y/o periodos en un mismo lugar, mediante el muestreo y análisis del agua.

### 3.3.7. Población y muestra

La población y muestra fueron evaluadas en 2 piscigranjas, ubicadas en un tramo de la quebrada Anipante en una longitud de 2 km aproximadamente.

### 3.3.8. Técnica e instrumento de investigación

- La técnica de investigación: Observación no experimental
- Instrumento de investigación: Calibración de equipos de medición y técnicas de evaluación

### 3.3.9. Análisis de datos

Para manejar el análisis de datos se emplearon el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

## 3.4. Metodología

### 3.4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del efluente de la piscigranja en un tramo de la quebrada Anipante.

#### 3.4.1.1. Reconocimiento de la zona de estudio

La actividad se realizó en 02 piscigranjas distintas ubicadas dentro del caserío de Vista Alegre - Supte San Jorge, estos lugares son de propietarios diferentes el cual estuvieron ubicadas al costado de la quebrada Anipante y que sus efluentes desembocaban en dicha quebrada, estos 02 lugares fueran previamente georreferenciadas.

#### 3.4.1.2. Puntos de muestreo

Las muestras fueron obtenidas de los efluentes de dos piscigranjas, el cual se realizó una toma mensual durante 03 meses consecutivos (ver anexo 1. Puntos de muestreo)

**Tabla 2.** Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Nº	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM		Propietario	Tipo de crianza
		este	norte		
1	E-1	394440.06	8972345.67	Carlos Morales Simón	Paco y Gamitana
2	E-2	394475.78	8972506.68	Lucio Manrique de Lara	Paco y Gamitana

**Tabla 3.** Fecha y hora de las tomas de muestras.

Punto	Primer muestreo		Segundo muestreo		Tercer muestreo	
	(Julio)		(agosto)		(septiembre)	
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Fecha	Hora
<b>E-1</b>	12/07/2024	08:32	16/08/2024	08:30	13/09/2024	09:10
<b>E-2</b>	12/07/2024	09:14	16/08/2024	09:27	13/09/2024	10:30

#### 3.4.1.3. Toma de muestras

La toma de muestra se realizó de acuerdo con el método propuesto por APHA (1999); de acuerdo con ello se utilizó un frasco de vidrio esterilizado de boca ancha con tapa de 1.2 L de capacidad, debidamente limpio y rotulado. Para recolectar las muestras, se enjuago el recipiente con agua de la misma fuente y se sumerge a 20 cm bajo el agua en un ángulo de 30° con la boca de la botella mirando hacia el flujo natural del agua. Después de esto, fue etiquetado y acondicionado totalmente en cajas refrigeradas para ser llevado al laboratorio de Microbiología de Aguas de la UNAS.

Se emplearon técnicas sistemáticas de muestreo que satisfacen los criterios de identificación, accesibilidad y representatividad. Se tomó tres muestras que corresponde a los puntos E-1= Efluente 01; E-2 = Efluente 02; en los horarios de 8:30 am a 10:30 am; con una muestra por mes y por un espacio de tres meses.

Se realizaron evaluaciones de todos estos parámetros en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

#### 3.4.1.4. Análisis de los parámetros

- **Determinación de pH**

Se extrajo la cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación del pH se realizó la medida sustrando solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Temperatura**

Se extrajo una cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación de la Temperatura se realizó la medida sustrando solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Conductividad eléctrica**

Se sustrajo una cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación de la Conductividad Eléctrica se realizó la medida sustrando solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Resistencia eléctrica**

Se sustrajo una cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación de la Resistencia Eléctrica se realizó la medida sustrando solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Total de Sólidos Disueltos**

Se extrajo una cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación del Total de Sólidos Disueltos, se realizó la medida sustrayendo solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Salinidad**

Se sustrajo una cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación de la salinidad se realizó la medida sustrayendo solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Turbidez**

Se sustrajo una cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación de la turbidez se realizó la medida sustrayendo solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Aceites y grasas**

- ✓ **Elaboración de la muestra**

- La muestra de agua se filtró para mantener sólidos suspendidos.

- ✓ **Instalación del dispositivo de Soxhlet**

- Se utilizó el papel de filtro para introducir la muestra en la cámara de Soxhlet.

- Se lleno el recipiente de fondo circular con el disolvente orgánico (cerca de la mitad de su capacidad).
- Se mantuvo enlazado el extractor de Soxhlet con el condensador.

✓ **Ejecución**

- Se utilizo una manta calefactora o un baño de agua para que el disolvente se evapore.
- El vapor del disolvente se eleva a través del extractor, se condensa en el refrigerante y se deposita en la muestra.
- Cuando se llega a un determinado nivel de solvente en la cámara de Soxhlet, el sifón se activa y remite el solvente junto con los compuestos que se han extraído al matraz.
- Este proceso se realizó varias veces (usualmente entre 6 y 12 horas) para garantizar una extracción total.

✓ **Escurrimiento del disolvente**

- Después de terminar la extracción, desconecta el aparato y evapora el solvente del matraz en una estufa o rotavapor.
- Las operaciones se hicieron en un espacio con buena ventilación o bajo una campana extractora, dado que los disolventes orgánicos son volátiles y tóxicos.

✓ **Cuantificación del residuo**

- Se seco el residuo de aceites y grasas en una estufa a 105 °C para eliminar cualquier traza de solvente o humedad.
- Se peso el matraz con el residuo en una balanza analítica.
- Se resto el peso del matraz vacío (previamente tarado) para obtener la masa de aceites y grasas.

✓ **Determinación de la concentración**

- La determinación de la concentración de aceites y grasas se realizó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Concentracion } \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{\text{Masa de Residuo (mg)}}{\text{Volumen de la Muestra (L)}}$$

- **Fosfatos**

Se logro determinar utilizando el kit de prueba de fosfato de HANNA HI 93713 (APHWA, 1999), a continuación se detalla el procedimiento que debe seguirse de acuerdo al proceso que se detalla:

Para la determinación de los fosfatos se realizó una muestra total de 20 ml por cada punto, el cual se sacó solo 10 ml para su determinación, se colocó en un frasco del contenido similar para luego añadir el kit de polvo, se agito por 1 min para su buena homogenización, luego de ello se colocó en un frasco para comparar el grado de color (azul).

- **Nitratos**

Se logro determinar utilizando el kit de prueba de fosfato de HANNA HI 38734 (APHWA, 1999), a continuación se detalla el procedimiento que debe seguirse de acuerdo al proceso que se detalla:

Para la determinación de los fosfatos se realizó una muestra total de 20 ml por cada punto, el cual se sacó solo 10 ml para su determinación, se colocó en un frasco del contenido similar para luego añadir el kit de polvo, se agito por 4 min para su buena homogenización, luego de ello se colocó en un frasco para comparar el grado de color (naranja).

- **Oxigeno Disueltos (OD)**

Se sustrajo una cantidad de 1 L de agua del efluente de ambas piscigranjas para luego trasladarlas en una caja hermética hacia el laboratorio de microbiología y realizar los respectivos análisis.

Para la determinación del Oxígeno Disuelto se realizó la medida sustrayendo solo 500 ml del contenido total en un vaso precipitado del mismo contenido, para luego con un multiparámetro del laboratorio (YOKE modelo P717) verificar el resultado.

- **Demanda Química de Oxigeno (DQO)**

El procedimiento utilizado fue el método de la peroxidasa lo cual fue lo siguiente:

- ✓ **Preparación de la muestra:** La muestra de agua se preparó para el análisis, lo que incluyo la filtración, la centrifugación o la adición de reactivos (50 ml).

- ✓ **Adición del peróxido de hidrógeno:** El peróxido de hidrógeno se adiciono a la muestra de agua y se mezcló bien (5ml).
- ✓ **Incubación:** La muestra se incubo durante un período de tiempo determinado (30 minutos) a una temperatura constante (20°C).
- ✓ **Medición del oxígeno:** Después de la incubación, se midió el oxígeno consumido durante la reacción utilizando un método de medición de oxígeno (oxímetro).
- ✓ **Cálculo de la DQO:** La cantidad de oxígeno consumido se utilizó para calcular la DQO, que se expresa en unidades de mg/L de oxígeno.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Se estableció el uso del oxímetro de membrana YOKE SCIENTIFIC modelo P717 para registrar tanto el OD inicial de las muestras como el OD final (ODf). Luego de una incubación a temperatura ambiente (20-26 °C) durante cinco días, se registró el OD final (ODf) con el fin de obtener el DBO5 expresado en mg/L mediante la fórmula siguiente: DBO5 = (OD inicial – OD final)

- **Solidos Suspendidos Totales**

Se calculo la cantidad de Solidos Suspendidos Totales restando el peso del papel filtro seco antes de la filtración, con el peso del papel filtro después de la filtración, multiplicado por 1000 y todo eso dividido con el volumen de la muestra en mL.

Se utilizo la siguiente ecuación:

$$SST = \frac{(A - B) * 1000}{Vol(mL)}$$

Donde: A= Peso del residuo seco en mg

B= Peso del papel después de la filtración

Vol. (mL) = Volumen de muestra (mL)

### 3.4.2. Determinación del análisis microbiológico según los Límites Máximos Permisibles del efluente en la piscigranja.

Se utilizó el método establecido en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Cuerpos Naturales de Agua Superficiales, aprobado con Resolución Jefatural N°-182-2011-ANA, para determinar los coliformes totales y los coliformes termotolerantes en las muestras de agua. Este protocolo define los estándares generales para el desarrollo del monitoreo, considerando desde la logística mínima requerida hasta el procedimiento. Esta tarea se realizó recolectando la muestra en contenedores estériles marcados con medio litro de capacidad, los cuales serán enviados al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

**Tabla 4.** Parámetros establecidos dentro del LMP

<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	Fuente:
coliformes termotolerantes	(NMP/100mL)	MINAM 2010

#### **Etapa presuntiva**

Se emplearon tres diluciones ( $10^{-1}$ ) a  $10^{-3}$ ) basándose en la muestra de agua, cada una con una serie de tres tubos o repeticiones, lo que resultó en un total de 18 tubos con caldo Escheria coli. Cada tubo contiene un tubito de Durham destinado a la recolección de gas. Cada conjunto de Escheria coli recibirá alícuotas de 1 mL de la dilución correspondiente, se incubaron a  $37^{\circ}\text{C}$  durante un periodo de 24 a 48 horas.

#### **Etapa de confirmación**

Después de que se haya cumplido el tiempo requerido para la determinación de los coliformes totales, se verifico la cantidad de tubos emergidos por los gases para luego calcular el índice de número más probable de tubos positivos por 100 mL usando la formula:

$$\frac{NMP}{100ml} = \text{indica } NMP \times \text{dilucion intermedia} / 100$$

Se contabilizo la cantidad de tubos positivos por los microorganismos, para luego compararlas con el cuadro de los números más probables NMP y finalmente poder dar una conclusión respecto a la presencia de dicho microorganismo.

### **3.4.3. Comparar de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Aguas Residuales.**

Para realizar la comparación con los indicadores fisicoquímicos y microbiológico se tomará en cuenta el DS N°003-2010- MINAM referente a los Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Aguas Residuales Domesticas o Municipales.

**Tabla 5.** Parámetros utilizados en los Límites Máximos Permisibles 003-2010.

<b>Parámetro</b>	<b>unidad de medida</b>
Aceites y Grasas	mg/L
pH (medición en campo)	unid.Ph
Solidos Suspendidos Totales	mg/L
Temperatura	°C
DQO	mg/L
DBO5	mg/L
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL

Fuente: MINAM (2010)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua del efluente de las piscigranjas y comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Aguas Residuales Domesticas o Municipales.

Las actividades que se realizaron para definir su calidad ambiental en la conservación del medio acuático, los resultados obtenidos fueron:

#### 4.1.1. Solidos Suspendidos Totales (SST)

Según Muñoz O. (2016) en su estudio observo que los efluentes de piscigranjas pueden elevar los niveles de Solidos Suspendidos Totales (SST), lo que a su vez puede causar eutrofización en cuerpos de agua cercanos. En los resultados se muestra que en el efluente 1 (E-1) en el mes de julio presenta 102 mg/L, agosto con 129 mg/L y septiembre con 136 mg/L, a comparación del efluente 2 (E-1), mostrando en julio 115 mg/L, agosto 134 mg/L y septiembre con 140 mg/L, considerándose con el valor más alto mensual entre ambos efluentes.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **10.59%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 6.** Resultados de Solidos Suspendidos Totales en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (mg/L)	agosto (mg/L)	septiembre (mg/L)
<b>E-1</b>	102	129	136
<b>E-2</b>	115	134	140
<b>Media</b>	<b>108.5</b>	<b>131.5</b>	<b>138</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>8.3%</b>	<b>10.59%</b>	<b>9.75%</b>

En la figura 2, se muestra la variación de resultados en ambos efluentes (E-1; E-2), sobre la cantidad de solidos Suspendidos Totales un aumento significativo en los meses de agosto y septiembre, este proceso se debe al aumento de turbidez en el agua, debido a la falta de tratamiento de la piscigranja.

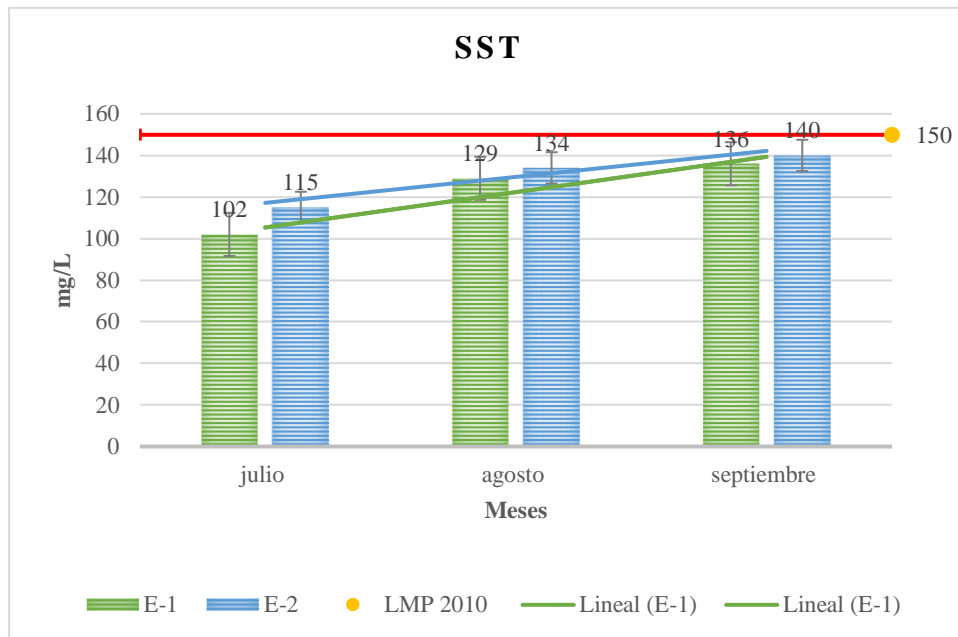


Figura 2. Variación de Sólidos Suspendedos Totales en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

En comparación con los LMP y este indicador, en la figura 2 se nota que el valor más elevado en E-1 es de (102; 129 y 136 mg/L), en el E-2 fue de (115, 134 y 140 mg/L) respectivamente entre ambos efluentes, este creciente se puede visualizar en los meses de agosto y septiembre, el cual podemos decir que se encuentra por debajo de los 150 mg/L el cual exige el LMP 003-2010, de acuerdo con ello se puede concluir que este parámetro si cumple con los estándares Límites Máximos Permisibles (LMP) 003-2010 en los meses de agosto y septiembre

#### 4.1.2. Temperatura

La variación de temperaturas en ambos efluentes, se aprecia un incremento de 3.5 °C promedio, en los meses de agosto y septiembre, llegando a un máximo de 28.3 °C en el efluente 1 y 28.1 °C en el efluente 2, ambos en el mes de septiembre. Ovando s. (2013) atribuye el aumento de la temperatura en las muestras de agua a las condiciones ambientales del entorno que pueden tener un impacto mínimo en la temperatura. Asimismo, la temperatura del agua es un indicador de la calidad de si misma y este aspecto influye en la conducta de otros indicadores como el pH, la falta de oxígeno, la conductividad y otros. De acuerdo con ello el incremento de cada piscigranja se debe al poco flujo de la corriente de agua y mayor tiempo de radiación solar directa a la superficie del agua.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **1.5%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 7.** Resultados de la temperatura en los puntos muestreados. En los meses de julio-septiembre 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (°C)	agosto (°C)	septiembre (°C)
E-1	24.9	27.7	28.3
E-2	24.5	27.5	28.1
<b>Media</b>	<b>24.7</b>	<b>27.6</b>	<b>28.2</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>1.5%</b>	<b>0.6%</b>	<b>0.5 %</b>

Los resultados en la temperatura en cada piscigranja varían según los meses de mayor días sol, mientras en la época de menor radiación solar disminuye (Figura 3).

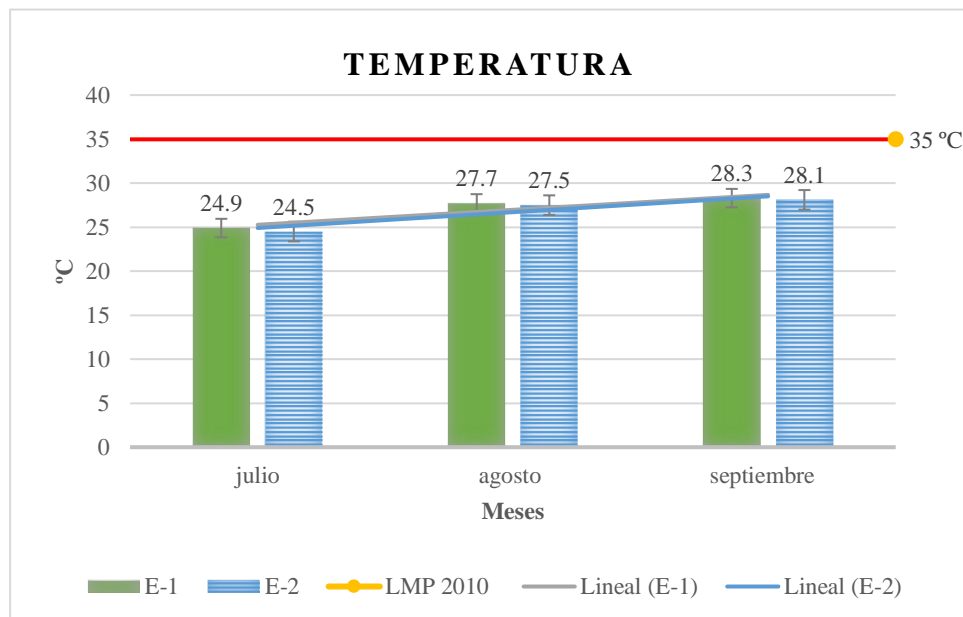


Figura 3. variación de la temperatura en cada mes de muestreo. Meses desde julio-septiembre del 2024.

De acuerdo con la comparación con este parámetro representado en la figura 3. Se observa que en (E-1) el mes con la temperatura que tiene mayor resultado es septiembre con 28.3 °C, una variación mayor a 3° Celsius entre los meses julio y septiembre, en el efluente 2 (E-2) fue también el mes de septiembre con 28.1 °C, una variación mayor a 3° Celsius entre los meses julio y septiembre, durante los meses evaluados en ambos efluentes se encontraron dentro del rango permitido según normativa. De acuerdo con los límites permitidos en el agua se puede concluir que los meses julio, agosto y septiembre, cumplen con los límites máximos permitidos (LMP 2010).

#### **4.1.3. Conductividad Eléctrica**

Aunque los límites máximos permitidos no requieren la valoración de este parámetro, se consideró esencial su estudio por su influencia en la calidad ambiental del efluente. Su evaluación facilita la identificación de posibles riesgos que no están protegidos por otros indicadores regulatorios. Además, su documentación permite el seguimiento constante y la puesta en marcha de acciones correctivas a tiempo. Esto favorece una administración más completa y preventiva de los efluentes, garantizando su viabilidad en el largo plazo. Incluso puede funcionar como fundamento para futuras revisiones regulatorias más rigurosas.

Analizando este parámetro se determinó que en el efluente 1 (E-1), se produjo una variación de 758 (umho/cm) entre los meses establecidos, siendo el mes de julio con 433 (umho/cm) el más bajo y el mes de septiembre con 1191 (umho/cm) el más alto, en comparación del efluente 2 (E-2), hay una variación de 590 (umho/cm) entre los meses de julio con 430(umho/cm) el más bajo y el mes de septiembre con 1020 (umho/cm) el más alto. Según Nernst W (1889) indica que la conductividad de una solución depende de la concentración de iones y su movilidad, que a su vez aumenta con la temperatura debido al incremento en la energía cinética de los iones. Por lo tanto, vemos que en las épocas de agosto y septiembre se incrementa la temperatura en ambos efluentes y también se produce un incremento representativo en la conductividad eléctrica, mostrando la credibilidad de esta teoría.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado alto es de **5.9%**,

el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 8.** Resultados de la conductividad eléctrica en los dos efluentes. Meses: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (US/cm)	agosto (US/cm)	septiembre (US/cm)
<b>E-1</b>	633	850	994
<b>E-2</b>	598	781	920
<b>Media</b>	<b>615.5</b>	<b>815.5</b>	<b>957</b>
<b>Coefficiente de Variación</b>	<b>4%</b>	<b>5.9%</b>	<b>5.5%</b>

En la figura 4, se visualiza que en ambos efluentes se incrementa la conductividad eléctrica, en los meses de agosto y septiembre época con mayor presencia de calor.

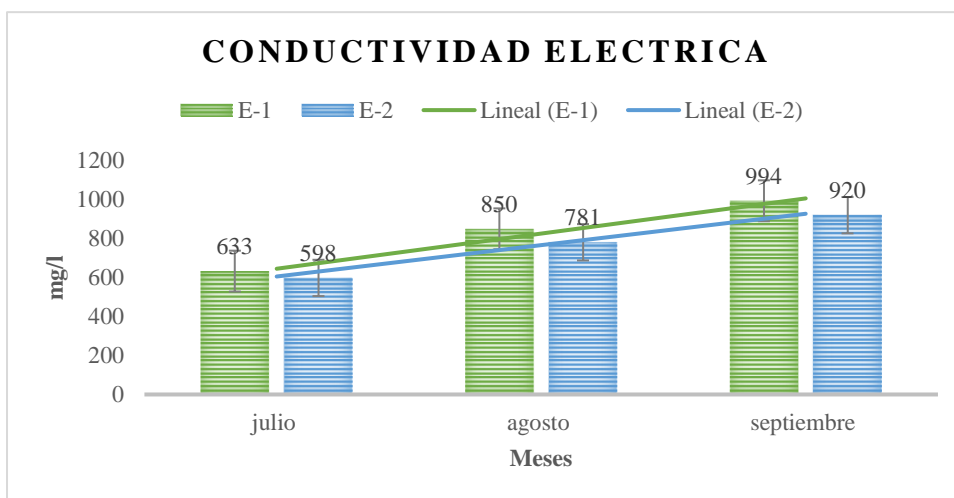


Figura 4. Comportamiento de la conductividad eléctrica en los efluentes respectivos. Periodo: julio-septiembre del 2024.

#### 4.1.4. Total de solidos disueltos

A pesar de que los límites máximos permitidos no necesitan la evaluación de este parámetro, se consideró crucial su análisis debido a su impacto en la calidad ambiental del efluente. Su valoración permite identificar posibles riesgos que no se encuentran resguardados por otros indicadores de regulación. Además, su documentación facilita el monitoreo continuo y la implementación oportuna de medidas correctivas. Esto promueve un manejo más integral y preventivo de los efluentes, asegurando su factibilidad a largo plazo. Incluso puede servir como base para revisiones regulatorias futuras más estrictas.

Con respecto a este parámetro, se determina que en el efluente 1 hay un incremento de acuerdo con la medida que pasa los meses, el mes con mayor puntuación registrada es septiembre con 510 (mg/L) a comparación con el mes de julio que fue el más bajo con 390 (mg/L). En el efluente 2, se determina que el mes de septiembre representa un mayor valor con 509 (mg/L) que fue el más alto y el más bajo fue el mes de julio con 385 (mg/L).

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **0.92%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 9.** Resultados del Total de Solidos Disueltos en ambos efluentes. Meses: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (mg/L)	agosto (mg/L)	septiembre (mg/L)
<b>E-1</b>	390	438	510
<b>E-2</b>	385	440	509
<b>Media</b>	<b>387</b>	<b>439</b>	<b>509.5</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>0.92%</b>	<b>0.32%</b>	<b>0.14%</b>

En la figura 5, muestra un incremento significativo de los sólidos disueltos en ambos efluentes durante el mes de septiembre con un valor mayor de 500 mg/L, en comparación con los meses de julio y agosto.

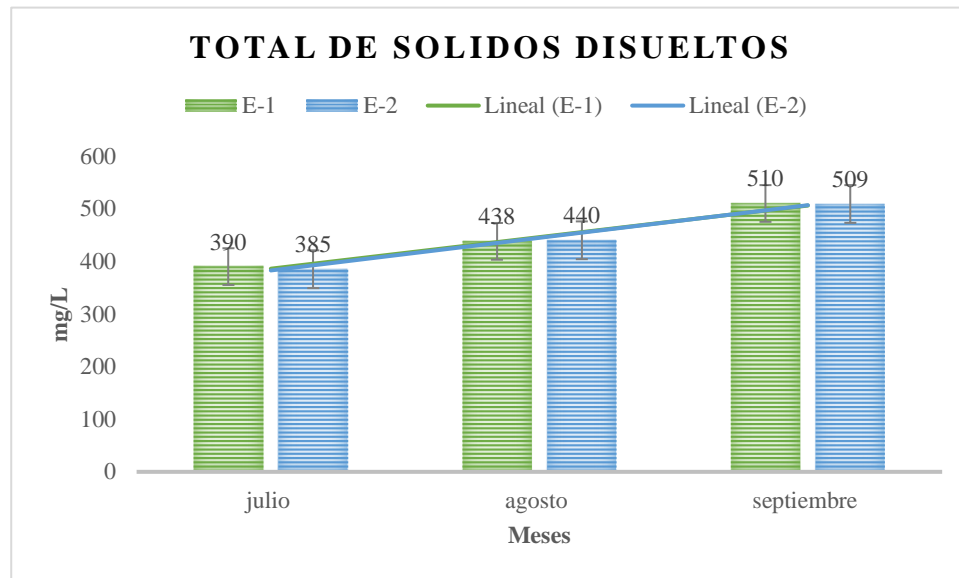


Figura 5. Comportamiento del Total de Sólidos Disueltos (TDS) en los dos efluentes, durante los meses de julio-septiembre del 2024.

#### 4.1.5. Aceites y Grasas

Según Delgado V.(2020) determino que los efluentes de las piscigranjas poseen altas concentraciones de aceites y grasas, derivados de los desechos de alimentos, excreciones de peces y lubricantes empleados en el funcionamiento de la infraestructura. Estas sustancias crean una capa superficial en el agua que disminuye la cantidad de oxígeno disuelto y perjudica la biodiversidad acuática.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **9.5%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 10.** Resultados de Aceites y Grasas en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio	agosto	septiembre
E-1	10	14	17
E-2	11	16	19

En la figura 6, se muestra la variación de resultados en ambos efluentes (E-1; E-2), sobre la cantidad de Aceites y Grasas un aumento continuo durante los meses de muestreo.

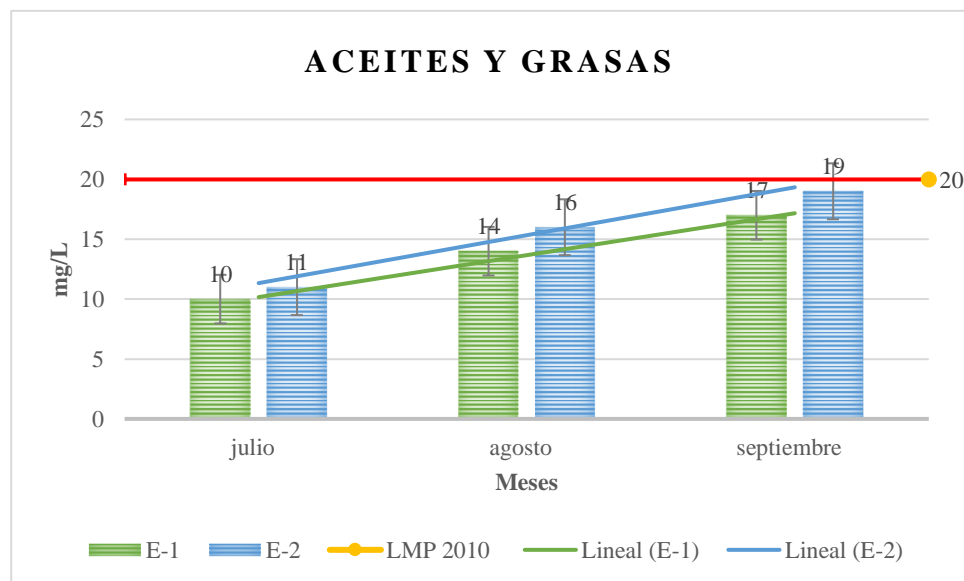


Figura 6. Variación de Aceites y Grasas en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

En la Figura 6 muestra los resultados del parámetro analizado, donde el Efluente 1 (E-1) alcanzó su temperatura máxima en septiembre (17 mg/L), mientras que el Efluente 2 (E-2) registró su valor más alto en el mismo mes (19 mg/L). Ambos efluentes presentaron sus mayores temperaturas durante septiembre, siendo consistentemente más altas en E-2 que en E-1. Al comparar estos valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP 2010), se determina que durante julio, agosto y septiembre, las temperaturas medidas se mantuvieron dentro de los rangos establecidos, cumpliendo así con la normativa vigente. Esto indica que, para este parámetro en particular, no se presentaron situaciones de incumplimiento durante el periodo evaluado.

#### 4.1.6. Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH oscila entre 0 y 14, siendo 7 el valor que se considera neutro. Cuando el pH es inferior a 7, se considera ácido, en cambio, si este valor supera este valor, se considera básico. El pH sugerido para el agua es de 6.5 a 8.5. Durante los periodos de evaluación de agosto a septiembre, se observó el rango de un pH más sugerido, tal como lo señala la tabla. (EPA .2007)

El resultado nos muestra una disminución ligera de pH en relación con las temporadas de verano, en el efluente E-1, tenemos al mes de julio con un pH de 7.55 con el más alto y el mes de septiembre con 6.25 el más bajo, a comparación con el efluente 2 (E-2), también muestra el mes de julio con el pH más alto de 7.74 y el más bajo con 6.46 durante el mes de septiembre.

Martínez (2007) menciona que el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación en nuestro resultado nos muestra un valor más alto de **1.75%**, el cual sugiere que estos datos son bastante homogéneos y que la media es un buen representante.

**Tabla 11.** Resultados del pH en los puntos de muestreos analizados. Periodos julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio	agosto	septiembre
<b>E-1</b>	7.55	6.88	6.25
<b>E-2</b>	7.74	6.95	6.46
<b>Media</b>	<b>7.65</b>	<b>6.92</b>	<b>6.36</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>1.75%</b>	<b>0.72%</b>	<b>2.34%</b>

En la figura 7, resulta un comportamiento de disminución del pH en los meses de agosto y septiembre, épocas donde se produjo mayor radiación solar (verano), esta variación se vio reflejada en los dos efluentes (E-1 y E-2).

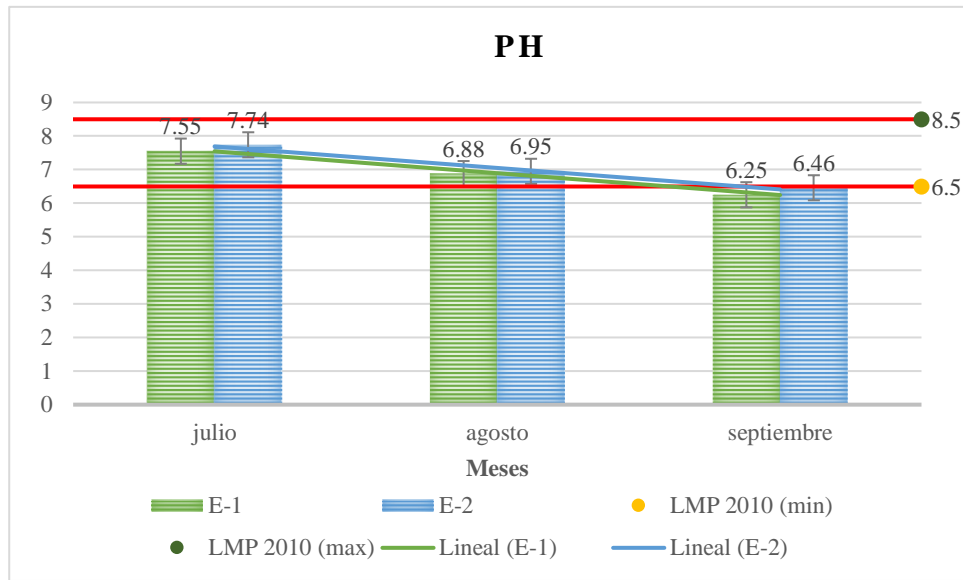


Figura 7. Variación de la temperatura en cada mes de muestreo. Meses desde julio-septiembre del 2024.

En la comparación de acuerdo con este parámetro representado en la figura 7. Se observa que en E-1 el mes con el pH que sobresale del rango permitido según el LMP 003/2010 es septiembre con un valor de 6.25 y el E-2 con el pH más bajo fue también el mes de septiembre con un valor de 6.46, en los meses anteriores ambos efluentes se encontraron dentro del rango permitido según normativa. Según la normativa el agua cumple con los valores permitidos, pero el mes de septiembre sobrepasa el valor, incumpliendo con el reglamento.

#### 4.1.7. Fosfatos

Aunque los límites máximos permitidos no requieren la valoración de este parámetro, se consideró esencial su estudio por su influencia en la calidad ambiental del efluente. Su evaluación facilita la identificación de posibles riesgos que no están protegidos por otros indicadores regulatorios. Además, su documentación permite el seguimiento constante y la aplicación adecuada de acciones correctivas. Esto fomenta una gestión más completa y preventiva de los efluentes, garantizando su viabilidad en el largo plazo. Incluso puede funcionar como fundamento para futuras revisiones regulatorias más rigurosas.

Según Odum (1971), en su influyente libro “Fundamentals of Ecology”, describe cómo un aumento en los niveles de nutrientes, incluyendo los fosfatos en los cuerpos de agua puede causar la eutrofización.

Henderson y Bromage (1988) analizaron el impacto de los alimentos no consumidos en la piscicultura y demostraron que la sobrealimentación y la gestión de la alimentación aumentan los niveles de nutrientes, incluyendo los fosfatos, en los cuerpos de agua. Según Piedrahita, R.H (2003) en su estudio concluyo que los desechos generados en la acuicultura que el 20-50 % del fosforo presente en los alimentos para peces pueden terminar en el ambiente acuático, principalmente a través de excreción y los desechos sólidos. Con respecto a ello en este parámetro, se determinó que en el efluente número 1 (E-1), durante el mes de julio se obtuvo la cantidad de 0.048 mg/L, las más altas medición fueron los meses de agosto y septiembre con 0.065mg/L y 0.082 mg/L respectivamente, en comparación con el efluente número 2, el cual muestra el valor mínimo 0.049 mg/ L en el mes de julio y con el valor más alto de 0.088 mg/L durante el mes de agosto.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **6.73%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 12.** Resultados de la cantidad de fosfatos en ambos efluentes. En los meses: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (mg/L)	agosto (mg/L)	septiembre (mg/L)
<b>E-1</b>	0.048	0.065	0.082
<b>E-2</b>	0.049	0.072	0.088
<b>Media</b>	<b>0.049</b>	<b>0.068</b>	<b>0.085</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>0.95%</b>	<b>6.73%</b>	<b>5.44%</b>

Los resultados de los fosfatos se presenciaron en ambos efluentes evaluadas, en el cual se observa un aumento durante la temporada de verano o épocas con mayor radiación solar y disminución del caudal del agua como lo muestra la figura 8.

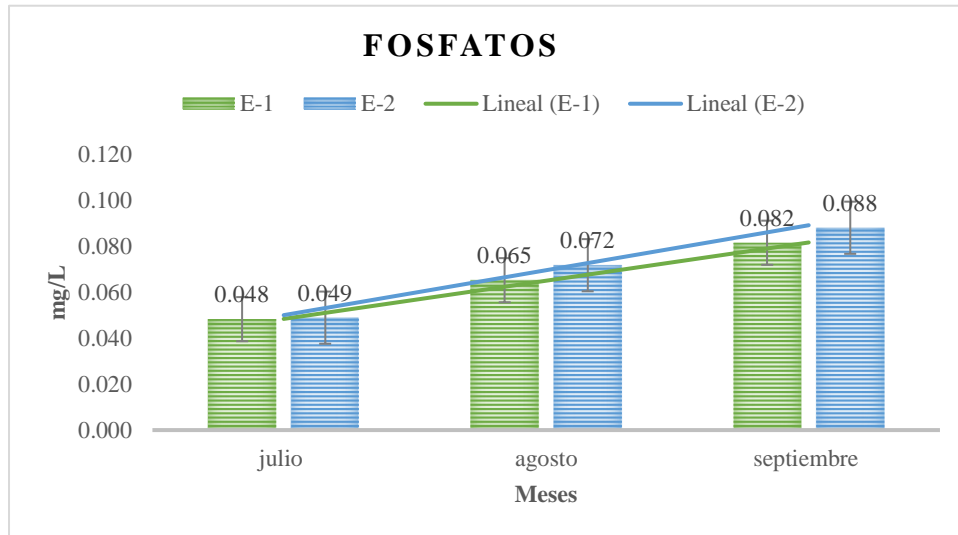


Figura 8. Comportamiento de fosfatos en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio- septiembre del 2024.

#### 4.1.8. Nitratos

A pesar de que los límites máximos permitidos LMP-20210 no requiere la evaluación de este parámetro, se consideró crucial su análisis debido a su impacto en la calidad ambiental del efluente. Su valoración permite identificar posibles riesgos que no se encuentran resguardados por otros indicadores de regulación. Además, su documentación facilita el monitoreo continuo y la implementación correcta de medidas correctivas. Esto promueve un manejo más integral y preventivo de los efluentes, asegurando su factibilidad a largo plazo. Incluso puede servir como base para revisiones regulatorias futuras más estrictas.

Según Masser et al. (1999), mencionaron que la acumulación de nitratos es común en sistemas de piscicultura, ya que los nitratos son el producto final del ciclo de nitrificación y aun que sea menos toxico que el amoniaco o los nitritos, su acumulación puede afectar la calidad del agua. Camargo y Alonso (2006) mencionan que el exceso de nitratos en los cuerpos de agua puede tener impactos ecológicos significativos, incluyendo la eutrofización y pérdida de biodiversidad acuática. De acuerdo con estas menciones los datos obtenidos del grado de contenido de los nitratos

en el agua, tanto en el efluente numero 1 (E-1) como en el efluente numero 2 (E-2), mostraron un nivel de 10 mg/L durante los meses de julio, agosto y septiembre.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado es de **22.3%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 13.** Resultados de la cantidad de nitratos en ambos efluentes. En los meses: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (mg/L)	agosto (mg/L)	septiembre (mg/L)
<b>E-1</b>	10	10	10
<b>E-2</b>	5	10	10
<b>Media</b>	<b>7.5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>22.3%</b>		

En la figura 9, se muestra la cantidad del nitrato en ambas muestras de cada uno de los efluentes, durante el periodo de los tres meses, observando una uniformidad en el resultado.

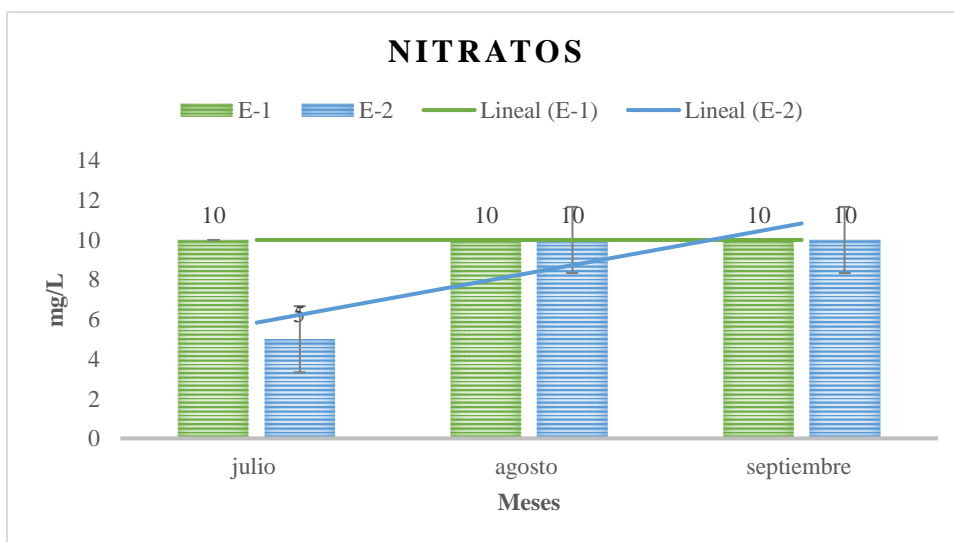


Figura 9. Variación de los nitratos en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

#### 4.1.9. Oxígeno Disuelto (OD)

Aunque los límites máximos permitidos LMP-2010, no requieren la valoración de este parámetro, se consideró esencial su estudio por su influencia en la calidad ambiental del efluente. Su evaluación facilita la identificación de posibles riesgos que no están protegidos por otros indicadores regulatorios. Además, su documentación permite el seguimiento constante y la aplicación adecuada de acciones correctivas. Esto fomenta una gestión más completa y preventiva de los efluentes, garantizando su viabilidad en el largo plazo. Incluso puede funcionar como fundamento para futuras revisiones regulatorias más rigurosas.

Según Avnimelech y Ritvo (2003), concluyeron en su investigación sobre el impacto de los residuos orgánicos en la acuicultura, que el aumento de la materia orgánica en los estanques eleva la DBO, lo que puede llevar a una disminución peligrosa en los niveles de oxígeno disuelto (OD). Según los resultados obtenidos en el efluente 1 muestra un aumento progresivo de acuerdo a medida que pasan los meses con una cantidad máxima de 5.05mg/L en el mes de septiembre y los resultados que se obtuvieron en el efluente 2, muestra también un aumento continuo, llegando con una cantidad más alta de 5.17 mg/L en el mes de septiembre, ambas mediciones coinciden en el mes con las puntuaciones más altas de cada efluente.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado es de **10.79%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 14.** Resultados de la cantidad de Oxígeno Disuelto en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (mg/L)	agosto (mg/L)	septiembre (mg/L)
E-1	3.97	4.91	5.05
E-2	4.16	4.98	5.17
<b>Media</b>	<b>4.065</b>	<b>4.945</b>	<b>5.11</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>10.79%</b>		

Ramos et al. (2013) concluyeron en su investigación sobre la influencia de la temperatura sobre el oxígeno disuelto, que, en ambientes cálidos, los sistemas de acuicultura deben tener un cuidado especial en mantener la oxigenación ya que la capacidad del agua para retener el oxígeno disminuye a medida que aumenta la temperatura. En relación con el resultado de ambos efluentes (E-1 y E-2), se determina que hay una disminución de la cantidad de oxígeno en los meses de agosto y septiembre, meses que se produjo un aumento de temperatura en el agua producto de la estación de verano o mayor radiación solar. (Figura 10)

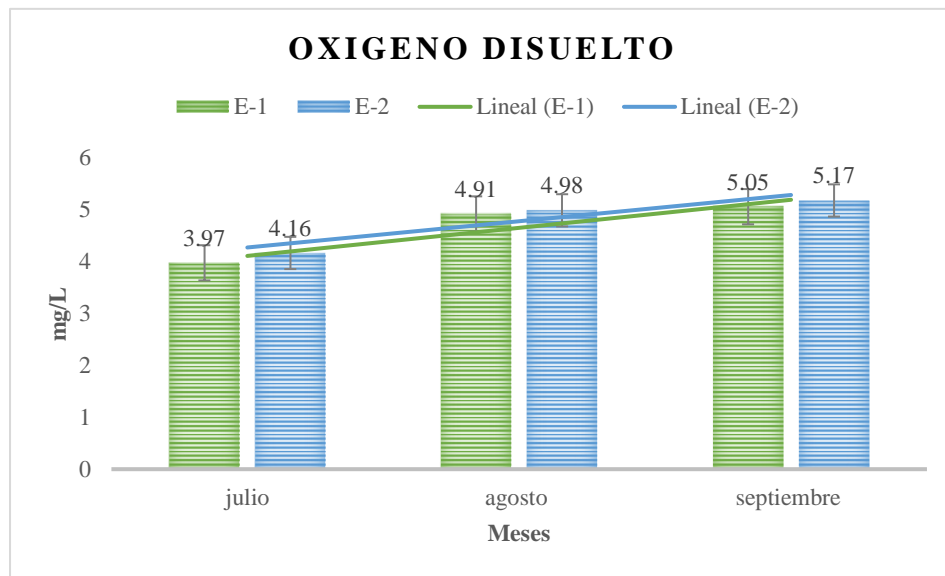


Figura 10. Variación del oxígeno disuelto (OD) en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

#### 4.1.10. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Judd y Bicker. (2011), atribuye que los efluentes de agua que emanan de las piscigranjas pueden ser una fuente significativa de contaminantes que contribuyen a la DQO, incluyendo los desechos industriales, agrícolas y urbanos. De acuerdo con ello los resultados en el efluente 1 (E-1), muestra en el mes de julio una medida de 49 mg/L, en el mes de agosto 76 mg/L y en el mes de septiembre una medida de 82 mg/L, a comparación del efluente 2 (E-2), tiene como resultado la medida de 52 mg/L en el mes de julio, en el mes de agosto con 78 mg/L y con 85 mg/L en el mes de septiembre.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **4.2%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 15.** Resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (mg/L)	agosto (mg/L)	septiembre (mg/L)
<b>E-1</b>	49	76	82
<b>E-2</b>	52	78	85
<b>Media</b>	<b>50.5</b>	<b>77</b>	<b>83.5</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>4.2%</b>	<b>1.84%</b>	<b>2.54%</b>

En la figura 11, se muestra el comportamiento de la DQO en ambas muestras de cada uno de los efluentes, durante el periodo de los tres meses, observando un crecimiento progresivo a medida que pasaron los meses (épocas de mayor radiación solar).

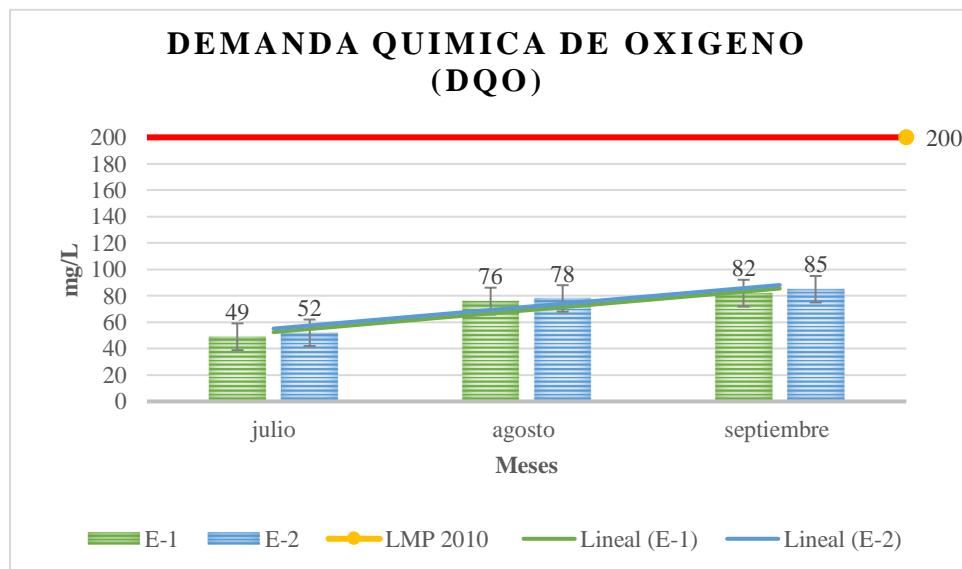


Figura 11. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

En relación con este indicador, se nota que el valor más elevado es de 85 mg/L en E-1 y 82 mg/L en E-2 durante el mes de septiembre, el cual podemos decir que se encuentra por debajo de 200 mg/L el cual exige los LMP 003-2010, de acuerdo con ello se puede concluir en la comparación que este parámetro si cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) 003-2010.

#### 4.1.11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Salazar C. (2016), destacan que la acumulación de desechos de peces y el alimento no consumido en los estanques de acuicultura aumenta la materia orgánica y elevando la DBO en los cuerpos de agua. De acuerdo con ello los resultados en el efluente 1 (E-1), muestra en el mes de julio una medida de 14.6 mg/L, en el mes de agosto 25.5 mg/L y en el mes de septiembre una medida de 29.3 mg/L, a comparación del efluente 2 (E-2), tiene como resultado la medida de 17.3 mg/L en el mes de julio, en el mes de agosto con 26.1 mg/L y con 30.4 mg/L en el mes de septiembre.

Si el Coeficiente de Variabilidad alcanza un valor inferior o equivalente al 30%, se considera una señal de una variabilidad reducida, con datos beneficiosos dado que establece la exactitud y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **11.97%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 16.** Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

Punto de muestreo	Meses de evaluación		
	julio (mg/L)	agosto (mg/L)	septiembre (mg/L)
<b>E-1</b>	14.6	25.5	29.3
<b>E-2</b>	17.3	26.1	30.4
<b>Media</b>	<b>15.95</b>	<b>25.8</b>	<b>29.85</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>11.97%</b>	<b>1.64%</b>	<b>2.6%</b>

En la figura 12, se muestra el comportamiento de la DBO5 en ambas muestras de cada uno de los efluentes, durante el periodo de los tres meses, observando un crecimiento progresivo a medida que pasaron los meses (épocas de mayor radiación solar).

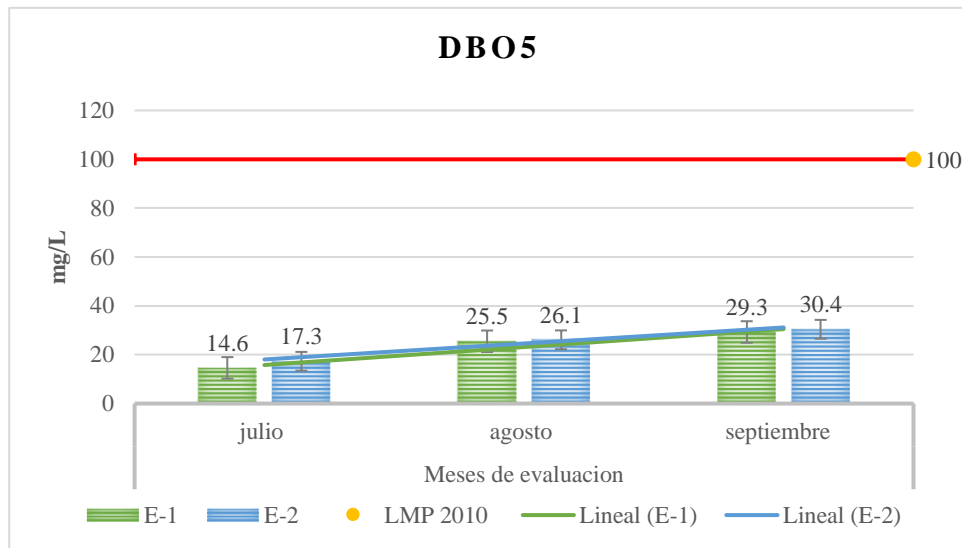


Figura 12. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

En relación con este indicador, El valor más alto registrado fue de 3.98 mg/L en ambos efluentes, medido específicamente en septiembre. Este resultado se encuentra muy por debajo del límite de 100 mg/L, establecido en la normativa LMP 003-2010. La diferencia significativa entre el valor medido y el límite regulatorio demuestra un amplio margen de cumplimiento. Por lo tanto, se confirma que este parámetro cumple plenamente con los estándares legales exigidos.

#### **4.2.Determinación de los parámetros microbiológicos del agua del efluente de la piscigranjas y comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Aguas Residuales Domesticas o Municipales.**

Las actividades que se realizaron para determinar la calidad ambiental del agua en los efluentes de las piscigranjas asignadas o muestreadas nos brindan los resultados desde el punto de vista microbiológico puntos interesantes como se muestra a continuación:

##### **4.2.1. Coliformes Termotolerantes**

Álvarez C y Christian (2023), en su estudio sobre el Impacto Ambiental de efluentes de piscicultura, indica que dicha actividad puede aumentar la carga microbiológica en el agua, lo que incluye un incremento en los niveles de Coliformes Termotolerantes y que los efluentes con un pH elevado (alrededor de 7.58), pueden estar asociados con un aumento en la carga

microbiológica. Según lo mencionado los resultados obtenidos en el efluente 1 (E-1) se puede determinar que hay presencia de los coliformes termotolerantes y se incrementa a medida que pasan la temporada, los meses más altos fueron agosto con 1100 NMP/100ml y septiembre, con 1290 NMP/100 ml, meses con más días sol, respecto al efluente 2 (E-2) también sucede un incremento significativo en los meses de agosto con 1150 NMP/100ml y septiembre con 1310 NMP/100ml, a nivel general en las evaluaciones indica la presencia de estos microorganismos durante los tres meses de evaluación.

Si el Coeficiente de Variación tiene un valor menor o igual al 30% se considera un indicativo de una baja variabilidad, con datos favorables ya que determina la precisión y consistencia. El Coeficiente de Variación obtenido en nuestro resultado más alto es de **3.14%**, el cual nos indica que la media es un buen representante, también que nuestros datos obtenidos son bastante homogéneos y confiables.

**Tabla 17.** Resultados de los Coliformes Termotolerantes en ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Meses de evaluación</b>		
	<b>julio</b> NMP/100ml	<b>agosto</b> NMP/100ml	<b>septiembre</b> NMP/100ml
<b>E-1</b>	980	1100	1290
<b>E-2</b>	1020	1150	1310
<b>Media</b>	<b>1000</b>	<b>1125</b>	<b>1300</b>
<b>Coeficiente de Variación</b>	<b>2.83%</b>	<b>3.14%</b>	<b>1.09%</b>

En la figura 13 se muestra que se presenta un incremento de los Coliformes Termotolerantes en los efluentes (E-1 y E-2) durante los meses evaluados (julio, agosto y septiembre).

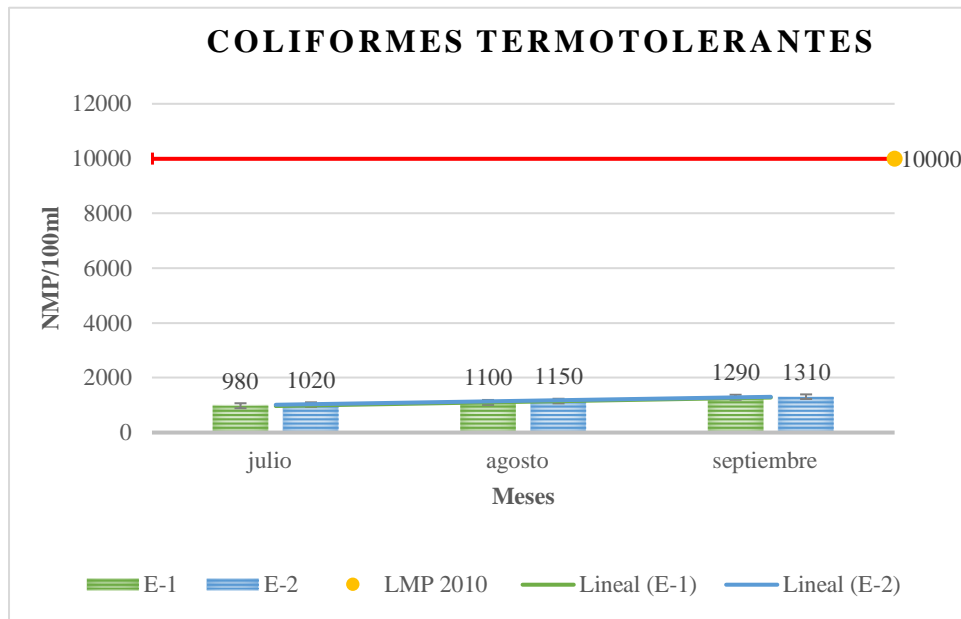


Figura 13. Resultados de los Coliformes Termotolerantes en las muestras de agua de ambos efluentes. Periodo: julio-septiembre del 2024.

El análisis microbiológico demostró presencia constante de microorganismos en todos los meses evaluados del estudio. Sin embargo, los valores registrados no superaron el límite establecido por la normativa LMP 003-2010 (<10,000 NMP/100 mL). Las concentraciones medidas se mantuvieron significativamente por debajo de este umbral regulatorio en todo el periodo de monitoreo. Esta condición se verificó de manera consistente en las diferentes muestras analizadas. Por lo tanto, se confirma que el parámetro microbiológico cumple plenamente con la legislación ambiental vigente.

## V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que en los parámetros físicos se presentaron fluctuaciones significativas a lo largo del periodo de estudio, aunque dentro de rangos aceptables, como los parámetros químicos que también presentaron una carga orgánica significativa, evidenciada por concentraciones considerables del efluente de la piscigranja.

2. Se determinó que en el parámetro microbiológico como los coliformes termotolerantes hubo una presencia relevante, indicando una contribución de materia fecal al sistema acuático, aunque sin superar los umbrales críticos. Esto refleja la necesidad de buenas prácticas de manejo para prevenir riesgos potenciales.

3. Se ha identificado que parámetros tanto físicos, químicos y microbiológicos se encuentran dentro de los límites accesibles de acuerdo con ley, pero el pH que fueron medidas durante el mes de septiembre no se encuentra en el rango permitido según lo establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Implementar un sistema de tratamiento primario para regular los parámetros que estén cerca a incumplir con los LMP durante la actividad como también fortalecer las buenas practica de manejo (BPM).
2. Monitoreo continuo con sensores automatizados para parámetros clave (pH, OD, T°, etc), generando alertas tempranas cuando se aproximen a los LMP.
3. Capacitar a piscicultores en técnicas de alimentación eficiente para reducir residuos orgánicos, optimizando el uso de insumos y disminuyendo costos operativos.
4. Realizar los monitoreos en épocas de lluvia, para luego evaluar la variación en la concentración de los parámetros según la estación.
5. Elaborar un reglamento técnico específico para la zona, basado en los hallazgos de esta investigación, luego gestionar financiamiento conjunto para implementar soluciones, con indicadores de impacto ambiental y social.

## VII. REFERENCIA

- ANA. (2011). Plan Nacional de Recursos Hídricos. [En línea]: Autoridad Nacional del Agua ([https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/plan-nacional-de-recursos-hídricos](https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/plan-nacional-de-recursos-hidricos), 15 de Sept. 2020).
- Atencio, H. (2018). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco. Tesis Ing. Ambiental. Cerro de Pasco, Perú. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 142 p.
- Roldang G, 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia., Bogotá, Colombia. 216 p.
- Mendoza, D. Tercer Congreso Nacional de Acuicultura - UNALM, Situación de la acuicultura peruana y avances en la implementación del PNDA, Perú. Abril - 2011. 46p.
- FAO. Base de datos de Pesca y Acuicultura de la FAO, Fishstat Plus. 2011
- FAO. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Roma, FAO. 2010. 219p.
- Cabrera, E. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. Revista de la Sociedad Química de México. 47(1), 88-92.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. México: McGRAW HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Collazos J. (2005). Manual de evaluación ambiental de proyectos. Perú. Editorial San Marcos.
- ANA. (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua (ICA), aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. [En línea]: Autoridad Nacional del Agua (<https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-ladeterminacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>, 10 de mar. 2021).
- Ministerio de la Producción. Cifras Estadísticas. Perú. 2011 (<http://www.produce.gob.pe> )
- Hernández, S. (2006). Metodología de la Investigación Científica. México. Edit. Mc Graw Hill.
- Hernández, J. (2016). “Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de Camarón Blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado” (tesis de maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Bolivia.
- MINAM. (2017). Estándares de Calidad Ambiental - ECA. Lima: Perú: El Peruano.

- Rodríguez Delgado, K. M. (2008). Documentación del procedimiento de laboratorio para la DBO5. Instituto Tecnológico de Durango.
- Escobar Quispe, L. (2023). "Impacto ambiental, social y económico de la actividad acuícola". Agraria.pe.
- WU R. (1995). The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. Paginas 159-166.
- Barg, U. 1994. Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera (Basadas en un estudio selectivo de experiencias e ideas). FAO. Documento Técnico de pesca (328). Roma, FAO. 138p.
- Ovando, M. La acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. Innovación más Desarrollo, 2012, 2(3).
- Pino W., Mena D., Mosquera M., Calcedo K., Palacios J., Castro A. y Guerrero J. 2003. Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada La Bendición, Municipio de Quibdó (Chocó, Colombia). Acta Biológica Colombiana no. 8: 23-30.
- Vinatea, J. (1995). Piscicultura Tropical: Peces Nativos y Exóticos". Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
- González, E. Impacto ambiental de la acuicultura intensiva en los componentes agua y sedimento en el lago Guamuez, Nariño. Tesis (Magíster en Ingeniería Ambiental). Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- Masser, MP, Rakocy, JE y Losordo, TM (1999). Sistemas de producción de tanques de acuicultura con recirculación: una descripción general de las consideraciones críticas . Publicación n.º 454 del Southern Regional Aquaculture Center (SRAC).
- Mayer, E. (2012). Monitoreo de la Calidad del Agua del Estanque para Mejorar la Producción de Camarones y Peces. Aquafeed. Recuperado de <http://www.aquafeed.com>
- Ramos, R. y Gálvez, M. (2000). Impacto ambiental de la introducción de "Tilapias" en la cuenca del Río Piura. Universalia: Revista Científica de la Universidad Nacional de Piura. Volumen 5(1): 80-97.
- Avilez et al. (2017). Efecto de la temperatura en el crecimiento y supervivencia del Paco y Gamitana.
- Ministerio de la Producción. (2004). Cultivo de Tilapia- Documento Técnico de la Dirección Nacional de Acuicultura- Viceministerio de Pesquería. Perú.

- Dirección Regional de Producción San Martín. (2014). Crecimiento de alevines de paiche de diferente procedencia (Iquitos y Pucallpa) alimentados con dos tipos de dietas (comercial y NUTRISAM) bajo cultivo en estanques forrados con geomembranas- Tarapoto/Perú.
- Mariano, M., y otros. Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junin, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 2010, 17(1). ISSN: 1727-9933.
- Vallejo, D. Determinación del nivel de contaminación del agua producido por la actividad piscícola al estero Flor del Valle de la parroquia Puerto Libre, cantón Gonzalo Pizarro provincia de Sucumbíos. Tesis (Título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente). Loja: Universidad Nacional de Loja, 2016.
- Odum, EP (1971). *Fundamentos de ecología* (3.<sup>a</sup> ed.). WB Saunders Company.
- Muñoz Oré-Paco Alarcón, J. (2016). Determinación de eutrofización producida por efluentes de estanques de piscicultura por medio del análisis de DBO en la ciudad de Canta . Recuperado de: Repositorio UPN .
- Avnimelech, Y., & Ritvo, G. (2003). Suelos de estanques de peces y camarones: procesos y manejo. *Acuicultura*, 220(1-4), 549-567. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00641-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00641-5)
- Henderson, AC, y Bromage, NR (1988). Los efectos de los factores ambientales en la calidad del agua en la acuicultura. En: *Aquaculture and Water Quality Management* (pp. 123-145).
- Salazar Cano, R. (2016). "Tratamiento de Aguas Residuales en Acuicultura". *Revista de Investigación y Proyectos Ambientales* , 1(1), 1-15.
- Cromtek (2023). "Demanda bioquímica de oxígeno: Qué es y cómo medir". Disponible en: <https://www.cromtek.cl/2023/03/02/demanda-bioquimica-de-oxigeno-que-es-y-como-medir/>.
- Nernst, W. (1889). Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen (La eficacia electromotriz de los iones)
- Mendoza D., Berger C., & Berger K. (2016). "La Acuicultura Peruana – Una Mirada al 2025".
- Buschmann, A. Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo. Santiago: Terram, 2001.
- Mendoza Ramirez, D., Berger Cebrelli, C., & Berger Cisneros, K. (2016). "La acuicultura peruana – una mirada al 2025".

Gobierno Regional de San Martín [GRSM] (2014). "Caracterización y responsabilidad ambiental de la acuicultura del recurso Paiche".

Escobar Quispe, L. (2023). "Impacto ambiental, social y económico de la actividad acuícola". Agraria.pe.

EPA 2007. Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma - mass spectrometry.

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1.** Ubicación política del lugar de estudio.

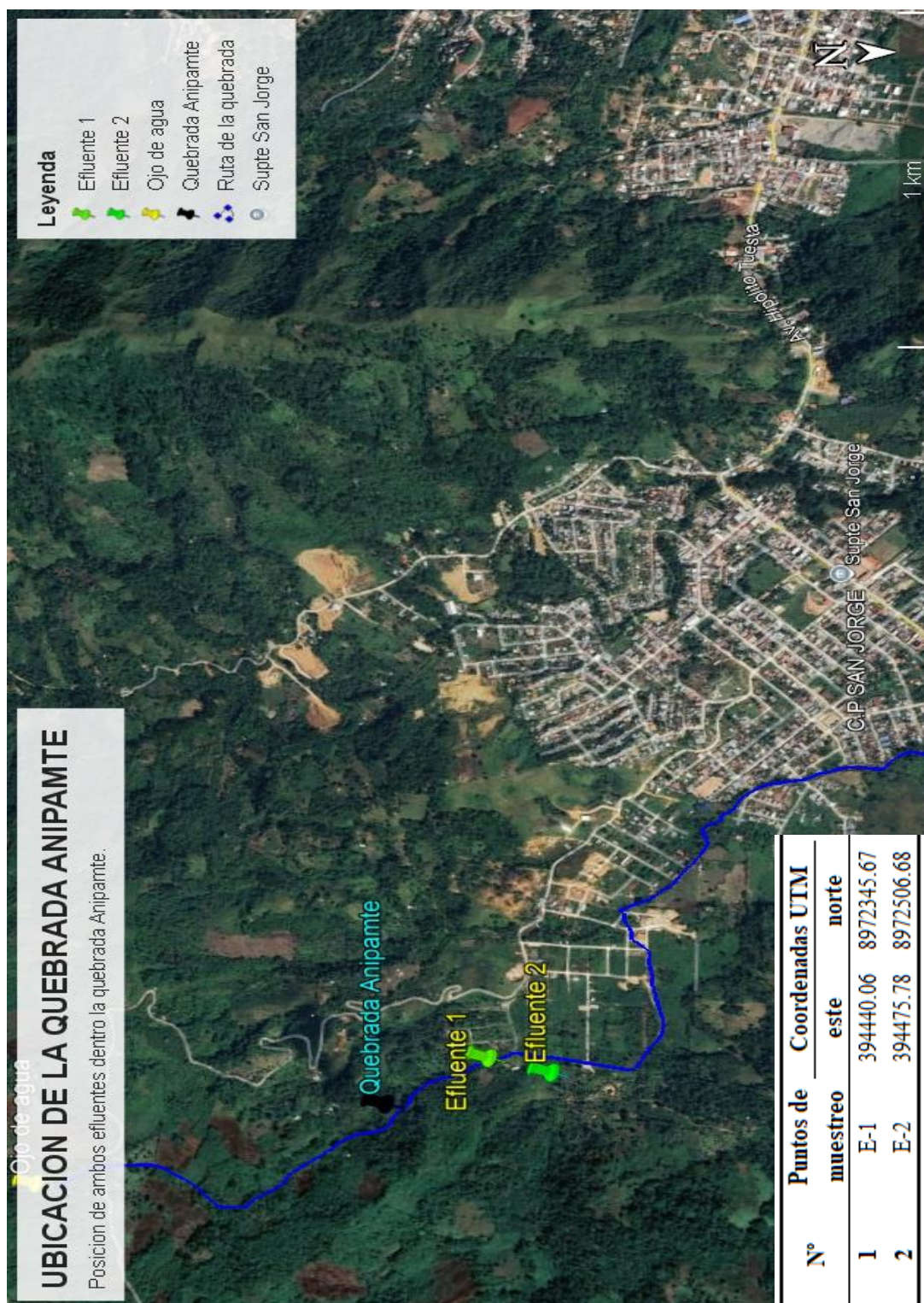


Figura 14. Ubicación política de ambos efluentes en la quebrada Anipamte.

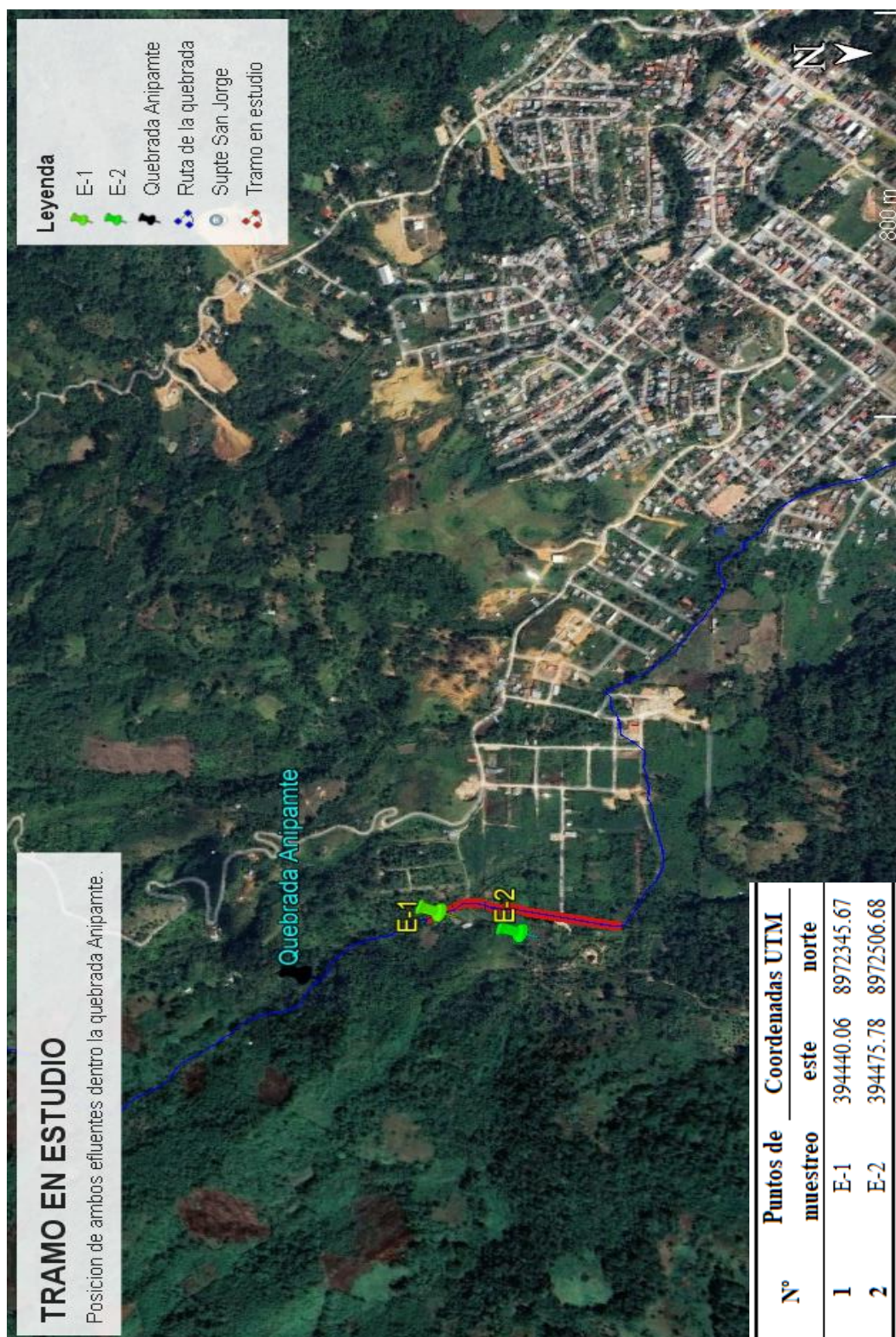


Figura 15. Vista del tramo en estudio.

## Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 16. Toma de muestra en el efluente 1 (E-1).



Figura 17. Toma de muestra para la DBO5.



Figura 18. Segunda toma de muestra en el efluente 2 (E-2).



Figura 19. Toma de muestra para la DBO5 en el efluente 2.



Figura 20. Tercera toma de muestra en el efluente 1.



Figura 21. Anotaciones del resultado de las muestras.



Figura 22. Incubación de las muestras para la determinación de la DBO5



Figura 23. El multiparámetro como herramienta principal para la determinación de la calidad del agua.



Figura 24. Determinación del resultado de la DBO5



Figura 25. Evaluación del resultado del OD

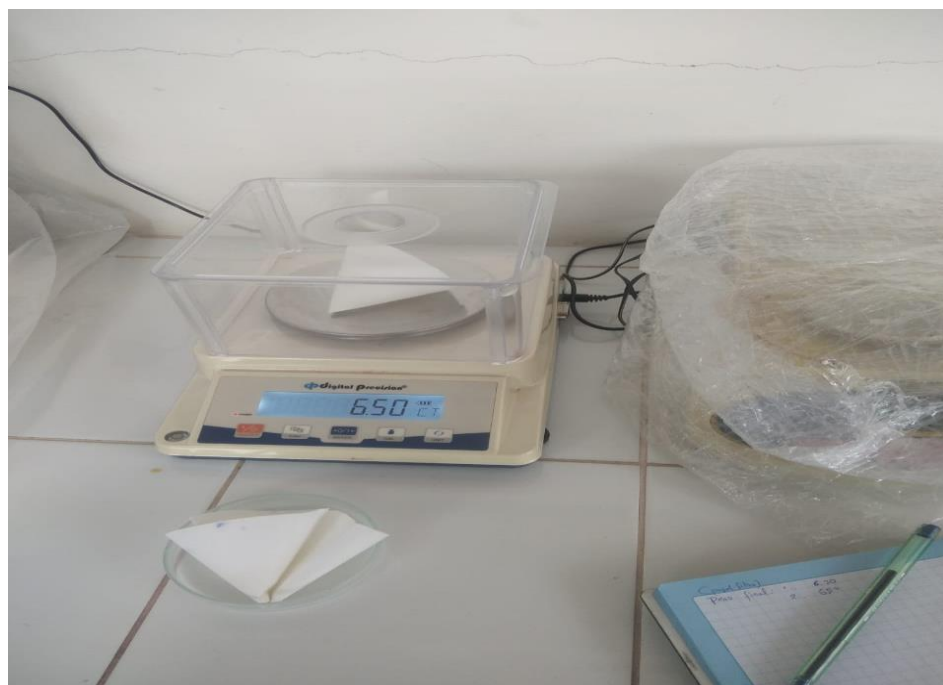


Figura 26. Determinación de los pesos del papel después de la filtración y secado.



Figura 27. Materiales para la determinación de los coliformes termotolerantes.



Figura 28. Procediendo para la captación del microorganismo.



Figura 29. Incubación de las muestras para su determinación de microorganismos.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA GENERAL**

frnr.epia@unas.edu.pe  
**TINGO MARÍA**



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

## CONSTANCIA

Quien suscribe jefe del Laboratorio de Microbiología General de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, deja constancia que el bachiller

### HERIX CLINTON FIGUEROA DIEGO

ha realizado su trabajo de investigación de tesis CALIDAD AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE LA PISCIGRANJA EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA ANIPAMTE – SUPTTE SAN JORGE, TINGO MARÍA 2024, en las instalaciones del Laboratorio de Microbiología General con el asesoramiento del Dr. Luis Eduardo Oré Cierto, realizando sus análisis microbiológicos considerados en su investigación durante el periodo de 12 de junio al 15 de setiembre de 2024.

Se extiende el presente documento a solicitud del interesado.

Atentamente,



*César Samuel López López*  
**Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ**  
**JEFE**

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA GENERAL**