UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

Caracterización de efluentes de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad de agua del río Apacheta, Vinchos, Huamanga, Ayacucho – 2024

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Ingeniero en Gestión Ambiental

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Ciencias Del Medio Ambiente

AUTOR:

Yupanqui Aroni, Deysi

ASESORA:

Dra. Ordóñez Ruiz, Karina Milagros

HUANTA- PERÚ

2025

NOMBRE DEL TRABAJO

CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES DE PISCIGRANJAS CONVENCIONALES DE TRUCHA Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO APACHETA, VINCHOS, HUAMANGA, AYACUCHO – 2024

AUTOR

DEYSI YUPANQUI ARONI

RECUENTO DE PALABRAS

21870 Words

RECUENTO DE CARACTERES

124736 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

128 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

15.5MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 3, 2025 9:58 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 3, 2025 10:07 PM GMT-5

16% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- 9% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por ORDÓÑEZ RUIZ Karina Milagros FAU 20574653798 soft
Fecha: 2026.04.22 10:01:41 -05'00'

Dra. KARINA MILAGROS ORDOÑEZ RUIZ
RESPOSABLE DE LA EP-IA

CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES DE PISCIGRANJAS CONVENCIONALES DE TRUCHA Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO APACHETA, VINCHOS, HUAMANGA, AYACUCHO – 2024

TESISTA

Bach. Deysi Yupanqui Aroni

ASESORA

Dra. Karina Milagros Ordóñez Ruiz

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

En ciudad de Luricocha, en el auditorio de las Instalaciones del campus universitario de Intay de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvió a Coollana, a los 15 días del mes de octubre de 2025, siendo las 10:00 am. se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra	**Presidente**
Dr. Santos Clemente Herrera Díaz	**Miembro titular 2**
Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz	**Miembro titular 3**

Acto seguido se procedió a dar lectura la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 090-2025-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Deysi Yupanqui Aroni**, con la tesis titulada: **"Caracterización de efluentes de Piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad de agua del rio Apacheta, Vinchos, Huamanga, Ayacucho - 2024"**, asesorado por la Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz, para optar el Título profesional de: Ingeniero en Gestión Ambiental.

Observaciones:

.....
.....
.....

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluador, los mismos que fueron defendidos y absueltos por el tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	(X)
Aprobado Bueno	( )
Aprobado Muy Buenos	( )
Aprobado Excelente	( )

Con la calificación de ...Trece..... (13)

Siendo las 11:45 am. se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra
DOCENTE
Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra
PRESIDENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Dr. Santos Clemente Herrera Díaz
DOCENTE ORDINARIO PRINCIPAL
Dr. Santos Clemente Herrera Diaz
MIEMBRO TITULAR 2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz
DOCENTE ORDINARIO - PRINCIPAL
Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz Montañez
MIEMBRO TITULAR 3

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuente de esperanza, sabiduría y fortaleza. A mis padres, Edgar y Julia, cuyo sacrificio y amor han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar este sueño. Sin su apoyo constante, este logro no habría sido posible.

A mis hermanos, por su paciencia, su complicidad y apoyo incondicional. A todos aquellos que, de alguna manera, han sido compañeros esenciales en este viaje de aprendizaje y crecimiento personal, por su aliento constante, apoyo y presencia en cada paso.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por iluminar mi camino, por darme la fuerza en los momentos de duda y por mostrarme que cada desafío tiene su propósito.

A mis padres, Edgar y Julia, quienes con su sacrificio y amor incondicional han sido mis pilares, y a mis hermanos, por ser mi refugio, mi consuelo y mi fuente de inspiración constante.

A mi alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por acogerme y proporcionarme los conocimientos fundamentales para mi desarrollo profesional.

A todos aquellos que, a lo largo de este viaje, me ofrecieron su ayuda, consejo y apoyo. Cada palabra de aliento, cada gesto de comprensión y cada momento compartido, han sido una parte fundamental de este logro.

Y, por último, a mí misma, por no rendirme, por creer que este sueño era posible, y por luchar día a día para verlo hecho realidad.

RESUMEN

La presente investigación, titulada, “Caracterización de efluentes de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad de agua del río Apacheta”, tuvo como objetivo caracterizar los efluentes de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad de agua del río Apacheta, cuya metodología se basó en un enfoque de investigación cuantitativo, con un diseño no experimental, transversal de tipo descriptivo. Se evaluaron parámetros de la calidad del agua: fisicoquímicos (Temperatura – T, pH, Oxígeno Disuelto - OD, Sólidos Suspendidos Totales - SST, Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO_5, Demanda Química de Oxígeno - DQO, Nitrógeno Total - NT y Fósforo Total - FT), parámetros microbiológicos (Coliformes Termotolerantes). Se tomaron muestras durante la época seca del año en tres puntos estratégicos: en los efluentes de tres piscigranjas, así como en el cuerpo receptor, ubicando estaciones aguas arriba y aguas abajo de los vertimientos. Los resultados muestran ligeras variaciones en las concentraciones desde las entradas hasta las salidas de las piscigranjas para SST (hasta 24 mg/L), FT (0.048–0.074 mg/L) y NT (0.47–0.61 mg/L), lo que sugiere una posible contribución a procesos de eutrofización. Aunque los valores de DBO_5 (<2.6 mg/L) y DQO (4.7–5.3 mg/L) indicaron una baja carga orgánica, se registraron concentraciones elevadas y variables de Coliformes Termotolerantes (entre 4.5 y 130 NMP/100 mL). No obstante, la calidad del agua en la estación aguas abajo se mantuvo dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3, Subcategoría D1. Además, el análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los puntos de muestreo para la mayoría de los parámetros evaluados. En conjunto, los resultados sugieren que, bajo las condiciones actuales de operación, la actividad piscícola no constituye una fuente relevante de alteración de la calidad del agua del río Apacheta.

Palabras claves: efluentes piscícolas, calidad de agua, piscigranjas de trucha, río Apacheta.

ABSTRAC

The present investigation, entitled “Characterization of effluents from conventional trout farms and their impact on the water quality of the Apacheta River”, aimed to characterize the effluents of conventional trout fish farms and their impact on the water quality of the Apacheta River, whose methodology was based on a quantitative research approach, with a non-experimental, cross-sectional descriptive design. Water quality parameters were evaluated: physicochemical (Temperature - T, Ph, Dissolved Oxygen - DO, Total Suspended Solids - TSS, Biochemical Oxygen Demand - BOD5, Chemical Oxygen Demand - COD, Total Nitrogen - TN and Total Phosphorus - TF), microbiological parameters (Thermotolerant Coliforms). Samples were taken during the dry season of the year at three strategic points: in the effluents of three fish farms, as well as in the receiving body, locating stations upstream and downstream of the discharges. The results show slight variations in concentrations from the inlets to the outlets of the fish farms for TSS (up to 24 mg/L), TF (0.048-0.074 mg/L) and TN (0.47-0.61 mg/L), suggesting a possible contribution to eutrophication processes. Although BOD5 (<2.6 mg/L) and COD (4.7-5.3 mg/L) values indicated a low organic load, high and variable concentrations of Thermotolerant Coliforms (between 4.5 and 130 NMP/100 mL) were recorded. The water quality at the downstream station, however, remained within the limits established by the Environmental Quality Standards for Water - Category 3, Subcategory D1. In addition, the statistical analysis showed that there are no significant differences ($p > 0.05$) between sampling points for most of the parameters evaluated. Overall, the results suggest that, under current operating conditions, the fish farming activity does not constitute a relevant source of water quality alteration in the Apacheta River.

Keywords: fish farm effluents, water quality, rainbow trout farms, Apacheta River

ÍNDICE

RESUMEN ix

ABSTRAC x

ÍNDICE xi

ÍNDICE DE TABLAS xiv

ÍNDICE DE FIGURAS xv

INTRODUCCIÓN xvii

CAPÍTULO I 19

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19

1.1 Descripción y formulación del problema 19

1.2 Objetivos 21

1.2.1 Objetivo general *21*

1.2.2 Objetivos específicos *21*

1.3 Justificación de la investigación 21

1.4 Hipótesis 23

1.4.1 Hipótesis general 23

1.4.2 Hipótesis específicas 23

1.5 Variables 24

1.5.1 Variable independiente 24

1.5.2 Variable dependiente 24

CAPÍTULO II 26

MARCO TEÓRICO 26

2.1 Antecedentes investigativos 26

2.1.1 Antecedentes internacionales 26

2.1.2 Antecedentes nacionales 29

2.2 Bases teóricas 33

2.2.1 Piscicultura de truchas 33

2.2.2 Efluente de piscigranja 36

2.2.3 Parámetros físico - químicos del agua 36

2.2.4 Parámetros microbiológicos del agua 39

2.3 Definiciones de términos 39

2.3.1 Calidad de agua 39

2.3.2 Evaluación de la calidad del agua.....40
2.3.3 Monitoreo de la calidad de agua.....40
2.3.4 Parámetros de calidad de agua.....40
2.3.5 Marco legal.....40
CAPÍTULO III.....43
METODOLOGÍA.....43
3.1 Tipo y nivel de investigación.....43
3.2 Diseño de investigación.....43
3.3 Ámbito temporal y espacial.....44
3.3.1 Ámbito temporal.....44
3.3.2 Ámbito espacial.....44
3.4 Población y muestra.....45
3.4.1 Población.....45
3.4.2 Muestra.....45
3.5 Instrumentos.....45
3.5.1 Materiales y equipos de muestreo.....46
3.6 Procedimientos.....47
3.6.1 Ubicación de puntos de muestreo.....47
3.6.2 Recopilación de información.....50
3.6.3 Parámetros evaluados.....50
3.6.4 Medición de parámetros en campo.....50
3.6.5 Toma, preservación, conservación de muestras.....51
3.6.6 Almacenamiento y traslado de muestras.....51
3.6.7 Análisis de laboratorio.....52
3.7 Análisis de datos.....54
CAPÍTULO IV.....55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....55
4.1 Resultados.....55
4.1.1 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicas de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta......*55*
4.1.2 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha.....*58*

4.1.3 Comparación de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo: en el vertimiento, aguas arriba del vertimiento y aguas abajo del vertimiento de las tres piscigranjas *72*

4.1.4 Análisis inferencial *87*

4.2 Discusión 90

4.2.1 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta *90*

4.2.2 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha *91*

4.2.3 Comparación de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo: en el vertimiento, aguas arriba del vertimiento y aguas abajo del vertimiento de las tres piscigranjas *92*

CAPÍTULO V 94

CONCLUSIONES 94

CAPÍTULO VI 96

RECOMENDACIONES 96

CAPÍTULO VII 97

REFERENCIAS 97

ANEXOS 105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 25

Tabla 2 Ubicación de puntos de muestreo en los efluentes de piscigranjas 48

Tabla 3 Ubicación de puntos de muestreo en el río Apacheta 49

Tabla 4 Clasificación del rio Apacheta según la R.J. N° 202-2010-ANA.....50

Tabla 5 Método de ensayo y acreditación para el muestro de las aguas naturales superficiales 52

Tabla 6 Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de las tres pisicigranjas 55

Tabla 7 Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas arriba y aguas abajo de las tres piscigranjas.....59

Tabla 8 Concentraciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum).....74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concentración del parámetro de temperatura respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 62

Figura 2 Concentración del parámetro de sólido suspendidos totales respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 63

Figura 3 Concentración del parámetro de oxígeno disuelto respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 65

Figura 4 Concentración del parámetro de Potencial de Hidrógeno (pH) respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 66

Figura 5 Concentración del parámetro de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 67

Figura 6 Concentración del parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 68

Figura 7 Concentración del parámetro de Fósforo total respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 69

Figura 8 Concentración del parámetro de Nitrógeno total respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 70

Figura 9 Concentración del parámetro de Coliformes termotolerantes respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA) 71

Figura 10 Comparación de las concentraciones del parámetro de Temperatura de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum) 75

Figura 11 Comparación de las concentraciones del parámetro de Sólidos suspendidos totales de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum) 76

Figura 12 Comparación de las concentraciones del parámetro de Oxígeno disuelto de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum) 78

Figura 13 Comparación de las concentraciones del parámetro de Potencial de hidrógeno (pH) de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum).....79

Figura 14 Comparación de las concentraciones del parámetro de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum) 81

Figura 15 Comparación de las concentraciones del parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum) 82

Figura 16 Comparación de las concentraciones del parámetro de Fósforo total de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum).....83

Figura 17 Comparación de las concentraciones del parámetro de Nitrógeno total de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum).....85

Figura 18 Comparación de las concentraciones del parámetro de Coliformes termotolerantes de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum).....86

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la acuicultura de trucha ha experimentado un desarrollo significativo (Camargo, 2019; FAO, 2024), consolidándose como una de las actividades de mayor crecimiento dentro del sector agropecuario en algunas regiones del país. En particular, la piscicultura a pequeña escala ha demostrado tener un papel clave en el desarrollo rural, al generar empleo, diversificar la economía local y contribuir a la seguridad alimentaria (Filipski & Belton, 2018). No obstante, esta actividad puede generar impactos negativos (Varol & Balci, 2020; Boaventura, Pedro, Coimbra & Lencastre, 1997) que, de no ser controlados, pueden deteriorar la calidad del agua y afectar la integridad de los ecosistemas acuáticos.

Uno de los principales problemas ambientales asociados a las piscigranjas es la descarga de efluentes sin tratamiento previo (Li, Jia, Hou & Zhu, 2022), que, al contener restos de alimento, excretas (Varol, 2019) y ocasionalmente residuos de fármacos o productos químicos del manejo sanitario, incrementan la carga orgánica de los cuerpos de agua receptores. Esta situación se suma a la creciente amenaza que representan diversas actividades antrópicas para la calidad del agua (Varol, 2020). En consecuencia, los recursos de agua dulce podrían verse limitados en el futuro, lo que amenazaría su disponibilidad para consumo humano y para el desarrollo económico sostenible (Wu et al., 2018).

El río Apacheta, un importante recurso hídrico de la región, ha recibido efluentes provenientes de diversas piscigranjas ubicadas a lo largo de su curso. Estos vertimientos pueden alterar significativamente las condiciones fisicoquímicas y biológicas del ecosistema acuático receptor, modificando parámetros como la concentración de oxígeno disuelto, nutrientes, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno y comunidades microbianas, entre otros. No obstante, pese a su importancia para el abastecimiento local y su rol ecológico, hasta el momento no se ha llevado a cabo una caracterización integral, tanto fisicoquímica

como microbiológica, de los efluentes procedentes de estas piscigranjas, ni se ha determinado su posible impacto sobre la calidad del agua del cuerpo receptor.

En tal sentido, la presente investigación responde a la necesidad de generar una línea base técnica sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los efluentes de las piscigranjas de trucha, así como de analizar su influencia sobre los parámetros de calidad del agua del rio Apacheta. Para ello, se ha diseñado un estudio que contempla la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los efluentes de tres piscigranjas, así como el análisis de la calidad del agua del río Apacheta en puntos estratégicamente ubicados antes y después de las descargas.

Los resultados de esta investigación no solo contribuirán al conocimiento científico sobre las interacciones entre la piscicultura y los ecosistemas acuáticos andinos, sino que también proporcionarán información valiosa para el desarrollo de prácticas sostenibles y políticas de gestión ambiental.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema

La piscicultura, una actividad económica floreciente, abarca la regulación de las condiciones del agua para facilitar el cultivo de peces confinados con fines de lucro. Sin embargo, esta práctica es vulnerable al deterioro ecológico como resultado del vertido al agua de cantidades sustanciales de residuos, incluidos piensos no consumidos y excrementos. Esto no sólo introduce sustancias químicas en el ecosistema, sino que también contribuye a una proporción notable de la degradación ambiental asociada a esta actividad económica (De la Cruz, 2022).

La creciente preocupación por los efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos ha surgido como consecuencia de la expansión de este particular sistema de producción (Neofitou et al., 2019; Webb 2012), particularmente en la calidad del agua en el cuerpo receptor por la descarga de efluentes de las piscigranjas (Camargo, 2019; Caramel et al., 2014; Stojanović et al., 2017), donde las posibles consecuencias de esto podrían incluir niveles elevados de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, así como un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno durante cinco días y una posterior disminución de los niveles de oxígeno disuelto dentro del cuerpo de agua (Tahar et al., 2018). Estos compuestos en cuestión actúan como nutrientes en el medio ambiente, lo que provoca la eutrofización. Este fenómeno, a su vez, desencadena diversas consecuencias, como cambios en la diversidad, desequilibrios en las relaciones tróficas causados por la pérdida de control de los organismos consumidores, una escalada en la frecuencia e intensidad de la proliferación de algas y alteraciones en las funciones de los ecosistemas (De la Cruz, 2022).

Por otro lado, el Ministerio de la Producción destacó que el Distrito Vinchos es una de las principales zonas productoras de trucha en la región (Red Nacional de Información Acuícola, 2024). Por lo que, el rio Apacheta es fundamental para sustentar la producción piscícola, así como prácticas tradicionales como la agricultura y la ganadería. Sin embargo, existe una creciente preocupación por la gestión inadecuada de este sector y el daño potencial que podría estar causando al medio ambiente (Gutierrez y Toribio, 2024). Las piscigranjas en esta zona utilizan un sistema de flujo continuo de paso único y vierten directamente sus efluentes sin tratamiento previo al río. Por lo que se presume que dichos vertimientos tienen un efecto negativo en el cuerpo de agua receptor.

1.1.1 Formulación del problema

Interrogante general

- ¿Cuáles son las características del efluente de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad de agua del río Apacheta?

Interrogantes específicas

- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros físicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta?
- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha?
- ¿Cómo varían las concentraciones de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta en los puntos de muestreo ubicados en el

vertimiento, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento en las tres piscigranjas convencionales de trucha?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Determinar las características del efluente de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad del río Apacheta.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de los parámetros físicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta.
- Determinar las concentraciones de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha.
- Realizar un análisis comparativo de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo: en el vertimiento, aguas arriba del vertimiento y aguas abajo del vertimiento de las tres piscigranjas convencionales de trucha.

1.3 Justificación de la investigación

La industria acuícola del Perú ha experimentado un crecimiento acelerado en la producción en los últimos años, alcanzando una producción de 93,4 toneladas métricas (TM) en 2016; la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) es la principal especie acuícola, con una producción que alcanza las 40.946 TM (PRODUCE como se citó en Choque, 2021). Este crecimiento se

sustenta en los abundantes recursos hídricos aptos para esta actividad, especialmente en la sierra andina (PRODUCE como se citó en Choque, 2021). En tal sentido, y debido al impacto ambiental generado por la producción de trucha sobre los recursos hídricos, es crucial evaluar las características naturales de los ríos y cualquier cambio potencial causado por los procesos de producción, particularmente en los cuerpos acuáticos donde se vierten de aguas residuales procedentes de dicha actividad.

Por otro lado, la prosperidad económica del distrito de Vinchos y sus comunidades vecinas depende en gran medida de las aguas del río Apacheta, dado que son indispensable para la crianza de ganado y para el cultivo agrícola. Por lo que, es imperativo que la calidad del agua siga siendo excepcional para atender sus diversas formas de uso.

Así mismo, el territorio de la cuenca Apacheta que abarca un 50.30% del distrito Vinchos; esta región en particular tiene gran importancia ya que da lugar al desarrollo de piscicultura de truchas, con una producción anual de 110 TM (De la Cruz, 2022). Por lo que las piscigranjas de truchas son evidentes en el curso del río Apacheta, No obstante, la mayoría de los pequeños emprendimientos son gestionados por familias o constituyen agrupaciones de pequeños productores, y en ocasiones se pueden observar estanques en mal estado y con presencia de microalgas. Como se mencionó anteriormente, esto se debe a la contaminación proveniente de los propios desechos de los peces, entre otros.

Considerando los problemas relacionados con las alteraciones en la calidad del agua originadas por la piscicultura, y dado que en la zona de estudio se percibe en su mayoría piscigranjas convencionales de flujo continuo que vierten sus aguas residuales si previo tratamiento al río Apacheta. El propósito de esta investigación es caracterizar los efluentes de piscigranjas convencionales y su impacto en los parámetros de la calidad del agua (parámetros físicoquímicos y microbiológicos) del río Apacheta en la época de estiaje, y en base a una

comparación de los niveles de concentración de los parámetros entre aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de las piscigranjas y en relación al ECA - agua, determinar el impacto en los parámetros de la calidad de agua del río Apacheta.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

- Las características del efluente de piscigranjas convencionales de trucha, genera impacto en la calidad de agua del río Apacheta.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta presentan concentraciones elevadas.
- Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas abajo del vertimiento de los efluentes de las tres piscigranjas convencionales de trucha, son significativamente más altas en comparación con las concentraciones aguas arriba.
- Las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo ubicados en los vertimientos son significativamente más altas que en los puntos aguas arriba y aguas abajo de los vertimientos, debido al impacto directo de las actividades de las piscigranjas en la calidad del agua. Además, las concentraciones en el punto aguas abajo del vertimiento son más bajas que en el vertimiento, pero siguen siendo mayores que en el punto aguas arriba.

1.5 Variables

1.5.1 Variable independiente

- Efluentes de piscigranjas convencionales de trucha

1.5.2 Variable dependiente

- Impacto en la calidad de agua del río Apacheta

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente	Efluentes de piscigranjas de trucha	Son las aguas residuales que provienen de las pisciculturas de truchas y que son descargadas al medio ambiente después de su uso en la crianza de peces.	Se realizó tomas de muestras en los efluentes de las piscigranjas, antes del ingreso al río Apacheta, posteriormente, se mandará a un laboratorio acreditado.	• Parámetros físico-químicos	• Temperatura • pH • DBO_5 • DQO • SST • Nitrógeno total • Fósforo total	• °C • unidad • mg/L • mg/L • mg/L • mg/L • mg/L
				• Parámetro microbiológico	• Coliformes termotolerantes	• NMP/100 ml
Dependiente	Impacto en la calidad de agua del río Apacheta	La calidad de un ambiente acuático se puede definir, según Sierra (2021) como "una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas" (pg. 47). Se puede describir midiendo los parámetros físicos, químicas o biológicas Sierra (2021)	Se realizó la toma de muestras y posteriormente la comparación de la concentración de parámetros de calidad del agua, aguas arriba y aguas abajo de las piscigranjas, en relación con los ECA - agua. Las tomas de muestras, en el río Apacheta, se efectuaron bajo el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales R.J. N°010-2016-ANA. Estas muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado.	• Parámetros físico-químicos	• Temperatura • pH • DBO5 • DQO • SST • Nitrógeno total • Fósforo total	• Intervalo >ECA <ECA
				• Parámetros microbiológicos	• Coliformes termotolerantes	
				• Impacto	• Impacto significativo >ECA • Impacto no significativo <ECA	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

2.1.1 Antecedentes internacionales

Preston & Lamb (2021), en su artículo denominado ***"Effects of trout aguaculture on wáter chemistry of tropical montane streams in Ecuador"***, tuvieron como objetivo determinar cómo la acuicultura de truchas afecta la química del agua de los arroyos tropicales montañosos en Ecuador, una región donde la acuicultura de truchas ha aumentado en las últimas décadas. Recolectaron un total de 108 muestras en distintos puntos; aguas arriba y aguas abajo de 14 granjas de truchas ubicadas en las laderas este y oeste de la Cordillera de los Andes cerca de Quito. El número de puntos de muestreo varió de 5 a 14 puntos por piscigranja. Los parámetros evaluados fueron temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, potencial de hidrógeno (pH) y los niveles totales de nitrógeno y fósforo disueltos. El estudio determinó que no hubo cambios significativos en la conductividad, pero sí una disminución en el oxígeno disuelto y el pH, y un leve aumento en la temperatura del agua; tal es, en el promedio del oxígeno disuelto (disminución del 6%) y del pH (0,1 unidades), un aumento de la temperatura promedio del agua (0.18 °C). Así mismo, los niveles totales de nitrógeno y fósforo disuelto aumentaron aguas abajo de las piscigranjas; el promedio de nitrógeno disuelto total incrementó un 30% desde las muestras tomadas inmediatamente aguas arriba de las granjas de trucha hasta llegar aguas abajo y no se redujo con la distancia aguas abajo en la mayoría de las piscigranjas, y el promedio del fósforo disuelto total aumentó en un 39% en las muestras tomadas aguas arriba hasta inmediatamente aguas abajo de las piscigranjas, en algunos lugares éste aumento se redujo en pocos cientos de metros aguas abajo, mientras que en algunos permaneció a lo largo de la distancia muestreada.

Mavraganis et.al., (2021) en su investigación ***"Using seasonal variability of wáter guality parameters to assess the risk of aguatic pollution from rainbow trout fish farms in Greece",*** con el objetivo de evaluar la calidad del agua y el impacto de la crianza de flujo continuo en el río Louros al Noroeste de Grecia, realizaron una evaluación estacional de la producción de trucha en el río. Las muestras fueron tomadas de las entradas y salidas de granjas de truchas a lo largo del río. Los parámetros evaluados fueron temperatura, pH, amonio, fosfato, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS), nitrógeno total (NT) y fósforo total (TP). Los resultados de todos los parámetros monitoreados indicaron un impacto ambiental mínimo; el pH varió de 7.57 a 8.03, el TDS de 151.43 a 242.56 mg/L, el OD de 6.28 a 9.16 mg O2 / L y la DBO de 0 a 2 mg O2 / L. En cuanto a los nutrientes, los valores medios estuvieron por debajo de cada límite establecido para los sistemas de agua dulce; el NH4 – N varió de 0 a 0.28 mg/L y el PO4 – P varió de 0,15 a 0.42 mg/L. Con base en la comparación de indicadores de la calidad del agua en salidas y en los Impactos Ambientales y los Estándares de Calidad Ambiental (EQS), concluyeron que las piscigranjas de trucha no tuvieron un impacto ambiental significativo en la calidad del agua del río durante ninguna de las estaciones analizadas. Todos los parámetros presentaron fuertes tendencias crecientes durante la primavera y el verano, y bajas tendencias decrecientes en otoño e invierno. Los resultados indicaron un impacto mínimo de la acuicultura de trucha en la calidad del agua del río Louros.

Varol & Balcı (2020), en la investigación denominada ***"Characteristics of effluents from trout farms and their impact on water quality and benthic algal assemblages of the receiving stream"***, estudiaron las características de los efluentes de tres piscigranjas en Turquía y su impacto en la calidad del agua y las comunidades de algas epilíticas del arroyo receptor. Tomaron muestras de agua cada mes en las entradas y salidas de tres piscigranjas, donde se crían truchas arcoíris mediante un sistema de flujo continuo. Al mismo que, recopilaron

muestras tanto de agua como de las de algas epilíticas en dos estaciones del arroyo receptor (aguas arriba y aguas abajo). Los resultados indicaron un incremento significativo en los niveles de entradas a las salidas para la demanda química de oxígeno (DQO), el fósforo reactivo soluble (SRP), los sólidos suspendidos totales (SST), el NH4 - N y fósforo total (TP) ($p < 0,05$). Los flujos promedio diarios de TN y TP de las granjas de peces predichos con el método nutricional se encontraron cerca de los medidos con el método hidrológico. Aunque hubo aumentos significativos en las concentraciones de DQO, SST, NH4 - N, TN, NO3 - N, NO2 - N, TP y SRP en la estación de aguas abajo en comparación con la estación de aguas arriba del arroyo receptor ($p < 0,05$), la calidad del agua de la estación de aguas abajo se mantuvo en la Clase I en términos de los parámetros examinados. Los valores del Índice Diatómico Trófico y del Índice Biológico de Diatomeas indicaron que la estación de aguas arriba tenía una mejor calidad del agua que la estación de aguas abajo. Además, se observaron algas filamentosas como Cladophora glomerata, Ulothrix zonata y Stigeoclonium lubricum en la estación de aguas abajo.

Stojanović et al. (2019) en su investigación ***"How changes in water quality under the influence of land-based trout farms shape chemism of the recipient streams—case study from Serbia***", realizaron un análisis comparativo en un periodo de un año de la influencia de ocho granjas de trucha en los parámetros químicos y físicos de los arroyos receptores, en regiones montañosas de Serbia. Se monitoreó inmediatamente debajo de las piscigranjas y en sitios más alejados aguas abajo. Los resultados mostraron que las granjas de trucha causan con mayor frecuencia un aumento estadísticamente significativo en la contribución de materia orgánica particulada fina (%), en las concentraciones de NH3, NH4+ y PO_4^{3-} y en los valores de fósforo total y temperatura del agua. Por otro lado, causan una disminución estadísticamente significativa en los valores de oxígeno disuelto. En el estudio, el parámetro definido como la relación entre la producción anual de una granja de truchas y la descarga mínima de agua

(Pr/Qmin) mostró un alto grado de correlación con la mayoría de los parámetros analizados, demostrando ser un buen modelo predictivo para probar la influencia de la granja en el arroyo receptor.

Skoronski et al. (2018), en el estudio denominado ***"Evaluation of small-scale trout farming impact on water quality in Santa Catarina State, Brazil"***, con el objetivo de evaluar el impacto de una instalación de truchas a pequeña escala sobre la calidad del agua en el Estado de Santa Catarina (Brasil). Se tomaron muestras de agua siete veces a lo largo de un periodo experimental de doce meses, en cinco estaciones de muestreo. Los parámetros evaluados fueron pH, oxígeno disuelto (OD), sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales (SST), color, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), nitrógeno amoniacal (NH4), nitrato (NO3), nitritos (NO2), fósforo total disuelto (PT) y coliformes termotolerantes (CT). Los resultados indicaron que, en comparación con las estaciones de muestreo aguas arriba y aguas abajo de la piscigranja, los análisis físicoquímicos y microbiológicos no afectaron significativamente la calidad de agua. Además, que la carga de agua utilizada en la piscifactoría fue de 148 m3 kg-1, similar a los valores observados a nivel mundial.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Escobar-Mamani et al. (2023) en su investigación ***"Physicochemical characterization and presence of heavy metals in the trout farming area of Lake Titicaca, Perú",*** tuvo el objetivo de determinar las condiciones fisicoquímicas del agua y la concentración de metales pesados en sedimentos de una zona de cultivo de trucha (Oncorhynchus mykiss) en la bahía de Puno, lago Titicaca. Se recolectaron muestras de agua a profundidades de 1, 5, 10 y 15 metros de la superficie, así como de sedimentos del fondo del lago. Adicionalmente, se tomaron muestras a 500 metros de la zona de crianza de trucha, donde no se realizaron actividades de cultivo. La investigación se realizó a lo largo de 10 meses. Según los resultados, la calidad

físico-química del agua se encuentra por debajo de los límites de tolerancia recomendados por los Estándares de Calidad Ambiental - ECA Perú, encontrándose el pH del agua de 8,79 y el oxígeno disuelto de 6,81. Así mismo, los metales pesados (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu) presentes en los sedimentos se encontraban por debajo de los límites permisibles en comparación con la Norma ISQG Canadá. No obstante, el nivel de concentración de As fue superior al límite permitido con 41 mg kg -1. Concluyendo que las tendencias descontroladas en volúmenes de producción de trucha podrían comprometer la calidad del agua y la sostenibilidad.

Ocola (2021), en su tesis ***"Evaluación de las características físico químicas del agua y la composición del sustrato en zonas de crianza intensiva de trucha (***Oncorhynchus ***mykiss) en el Lago Titicaca, Pomata-Puno",*** con el objetivo de evaluar las características físico químicas del agua y la composición del sustrato en zonas de crianza intensiva de truchas en el Lago Titicaca en la zona del Faro-Pomata, en el departamento de Puno. En el estudio se recolectaron 24 muestras de agua a dos profundidades (0 y 10 m) y 12 muestras de sedimentos procedentes de 3 zonas y un punto control. Para la determinación de calidad de agua e índice de estado trófico (TSI), los parámetros evaluados fueron oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura, transparencia, DBO5, fósforo total, nitrógeno total, clorofila a y coliformes termo tolerantes, Para sedimentos se analizaron las variables de perturbación de los sedimentos, tales como: materia orgánica total (MOT), fósforo total, nitrógeno total y granulometría. Obteniendo como resultado que; a excepción del fósforo total, los parámetros de calidad de agua no superaron el valor establecido por ECA para agua, y no se encontró diferencias significativas entre las zonas de estudio y el punto control en este aspecto. Además, según el TSI, se determinó que la zona de estudio es oligotrófica. En el análisis de sedimentos, se encontró concentraciones más elevadas de materia orgánica, fósforo y nitrógeno total en la zona de estudio en comparación con el punto control.

Choque (2021), ***"Determinación de parámetros físicos y químicos del*** agua ***en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro), 2021"***, trabajo de tesis realizada en Perú, el objetivo fue determinar los parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro), 2021. La metodología consistió en un estudio no experimental, donde se recolectaron cuatro muestras de agua superficial, dos de las muestras fueron obtenidos en la zona específica donde se cría truchas en jaulas flotantes, mientras que las otras dos fueron tomadas en una zona cercana sin jaula. Lo parámetros evaluados fueron temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH, oxígeno disuelto, sulfatos y nitratos, cloruros y dureza total. Se determinó que los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) arrojaron una temperatura de 18 y 18.2 °C, conductividad eléctrica de 2050 y 2730 uS/cm, sólidos disueltos totales 745.1 y 954.2 NTU. Para los parámetros químicos se determinó pH de 8.621 y 8.602 unidades, oxígeno disuelto 4.5 y 4.9 mg/l, sulfatos 31.69 y 31.69 mg/l, nitratos con 24.8 y 24.8 mg/l, cloruros 262.4 y 276.58 mg/l y dureza total 88.17 y 40.57 mg/l. La conductividad eléctrica y los niveles de cloruros superaron el límite máximo permisible, mientras que los demás parámetros se encontraron dentro de lo normal.

Vasquez (2020***), "Evaluación del nivel de contaminación generado por la actividad piscícola hacia la quebrada del anexo de Taquia, Chachapoyas, 2018"***, trabajo de tesis realizado en Perú, el objetivo fue caracterizar las aguas de la quebrada de Taquia y determinar cuál el impacto generado por la actividad piscícola, analizando parámetros fisicoquímicos en tres puntos de muestreo (aguas arriba antes del ingreso del agua a la piscigranja, en el lugar donde desemboca el efluente de la piscigranja y 100 metros aguas abajo de dicha desembocadura). Los parámetros evaluados fueron pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos totales (ST), fosfatos (PO_4^{3-}), nitritos (NO_3^-) y amoniaco (NH3). Los resultados fueron los

siguientes: para la DBO5 aguas arriba la concentración fue 23,460 ppm, en el efluente aumentó a 28,456 ppm y aguas abajo fue 7 ppm. Para la DQO se obtuvo un valor de 11.557ppm en el primer punto, en el efluente 14.376 ppm y aguas abajo 6 ppm. El pH aguas arriba arrojó una concentración de 7.1, mientras que en el efluente 7.5 y aguas abajo 7. Para los SST aguas arriba se obtuvo un valor de 7.701 ppm, valor que aumentó aguas abajo a 11.604. Para los ST la concentración fue de 16.811 ppm aguas arriba y aguas abajo un valor de 20,989 ppm. Para PO_4^{3-} aguas arriba se obtuvo un valor de 0 ppm, después de la piscigranja 0,13 ppm en promedio. La concentración de NO_3^- aguas arriba fue 0 ppm, en el efluente 0.18 ppm y aguas abajo un valor de 0.41 ppm. No se encontró presencia de NH3 en ningún punto de muestreo. Se calculó que el flujo de agua en la quebrada de Taquia experimenta alteraciones en sus condiciones normales debido a los vertidos, especialmente de fosfatos y nitratos.

Castellanos (2019), ***"Evaluación del impacto ambiental generado en el río Chiapuquio, por el centro piscícola El Ingenio departamento de Junín el año 2018"***, trabajo de tesis realizado en Perú, tuvo como objetivo determinar el impacto ambiental generado al río Chiapuquio, por las actividades productivas del centro piscícola "El Ingenio". Para lo cual se evaluó los parámetros físicos (temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales); químicos (pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno) y bacteriológicos (coliformes totales y coliformes fecales). Se tomaron muestras en un periodo de 3 meses en 4 puntos de monitoreo ubicado en el río Chía y parte de la piscigranja "El Ingenio". Además, se compararon los valores obtenidos con los estándares de calidad ambiental para agua (ECA). Los resultados indican que las características físicas, químicas y bacteriológicas del centro piscícola "El Ingenio" impacta al ambiente con concentraciones que sobrepasan los límites de los Estándares de calidad ambiental para agua, tal es para la demanda bioquímica de oxígeno el promedio más alto fue en la estación 4 con 9.23 mg/l, la concentración de coliformes totales con un promedio más alto en la estación 4 con 42.67 NMP/100ml, este se encuentra cerca del límite del ECA y

para los coliformes fecales el promedio más alto fue en la estación 4 con 23.67 NMP/100ml que sobrepasó los ECA. El investigador concluye que existe un ligero impacto al río Chiapuquio por parte de las actividades que se realizan en el centro piscícola “El Ingenio”.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Piscicultura de truchas

La piscicultura de trucha es una práctica establecida y ampliamente desarrollada en diferentes partes del mundo, es una actividad dedicada al cultivo controlado y producción comercial en ambientes acuáticos específicamente diseñados para este fin. En el Perú, según el Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2022) el cultivo de trucha se lleva se realiza a nivel comercial en toda la región andina del Perú, con especial énfasis en puno, Junín y Huancavelica como las principales regiones productoras.

La trucha es una especie que ha logrado adaptarse exitosamente a las regiones altoandinas de nuestro país. Específicamente, la trucha arcoíris (*Oncorchynchus mykiss*), una de las especies intensamente explotadas debido a su capacidad para adaptarse a ambientes fríos, resistencia y crecimiento rápido en comparación con otras especies (Tunque, 2022).

2.2.1.1 Etapas de cultivo. El desarrollo exitoso de la producción de truchas depende de varias etapas fundamentales, que comprende lo siguiente:

2.2.1.1.1 Alevinaje. Esta etapa, con base en Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES, 2014), comprende el cultivo de trucha arco iris, a partir del tamaño promedio de siembra ≥ 5,0 cm hasta alcanzar los 10 cm, con peso promedio aproximado de 12,0 g. Esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses, la cual puede variar según la temperatura del agua. En este período, la alimentación es balanceado tipo inicio, que contiene aproximadamente 45% de proteína, con un suministro de aproximadamente del 3 al 7 % de su biomasa dependiendo de su tamaño y temperatura promedio del agua en el cultivo, así como a las tablas de alimentación de los proveedores de alimentos balanceados, de manera constante

cada hora. Este alimento inicial representa solo el 5% del consumo total durante todo el proceso productivo.

2.2.1.1.2 Juvenil. Durante esta etapa el cultivo de trucha arco iris, se realiza desde un tamaño promedio de 10 cm hasta llegar a los 17 cm, con pesos que oscilan alrededor de los 68. 0 g, aproximadamente. Por lo general, esta etapa suele durar alrededor de dos meses, bajo condiciones normales de crianza. Durante esta etapa, se les proporciona un alimento balanceado de tipo crecimiento que contiene aproximadamente un 40% de proteína, con una cantidad estimada del 3.5% de su biomasa, con raciones que se distribuidas cuatro veces al día (PRODUCE, 2022).

2.2.1.1.3 Engorde. Etapa que comprende la cría de trucha desde un tamaño promedio de 17 cm hasta alcanzar los 26 cm, con pesos promedios de aproximadamente 68 g. Tiene una duración aproximada de 2 meses, en condiciones normales. Durante esta etapa se alimenta con alimento balanceado tipo engorde, que contienen aproximadamente 35% de proteína, con una cantidad equivalente al 1.5% de su biomasa, con raciones distribuida de 2 a 4 veces al día. La estimación de la mortalidad para todo el proceso productivo se encuentra en el rango del 3% al 5% en condiciones normales de cultivo (PRODUCE, 2022).

2.2.1.2 Sistemas de crianza de truchas. Los sistemas de crianza de truchas varían según las necesidades específicas del cultivo y las condiciones ambientales, para fines del estudio se presente lo siguiente:

2.2.1.2.1 Cultivo en estanques. El sistema de cultivo en estanques se caracteriza principalmente por el uso de recursos hídricos lóticos (ríos, arroyos y manantiales) como fuente de agua afecta el tamaño de la producción que se puede alcanzar, ya que el volumen de agua disponible para la unidad productiva determina la capacidad de producción. En función de esto, se diseña la infraestructura hidráulica necesaria (bocatoma, canal principal, secundario, filtros, desarenadores, y otros). Existen diferentes tipos de estanques, estos son:

- ✓ **Estanque de concreto**

Están organizadas en baterías de diversas dimensiones, adaptadas al tamaño de las truchas (alevinaje, juveniles y engorde), condición facilita el desarrollo efectivo de las operaciones y maximiza el uso eficiente de los ambientales de crianza, promoviendo un manejo técnico óptimo (FONDEPES, 2014).

- ✓ **Estanque de mampostería de piedra**

Los estaques se construyen material local como cantos rodados disponibles en las orillas de los ríos o cerca de la unidad productiva. En el diseño, es sugerible considerar una inclinación promedio de 2% en el fondo de los estanques (FONDEPES, 2014).

- ✓ **Estanques en tierra**

Estos estanques son pocos utilizados, debido a que con frecuencia presentan problemas de presencia de sólidos en suspensión en el agua, lo cual afecta el bienestar de las truchas y ocasiona filtraciones. Aunque estos estanques son económicos, presenta desafíos en el manejo y limpieza y existe la posibilidad de que crezca vegetación alrededor del perímetro del estanque, lo cual puede causar focos de contaminación (FONDEPES, 2014).

- ✓ **Estanques circulares**

Estos estanques varían de tamaño dependiendo de los distintos estadios de las truchas que serán criadas en ellos, así como de las particularidades del terreno. El fondo debe tener una pendiente de entre 5 % y 10 % hacia el centro, donde se debe instalar un sistema de drenaje central para eliminar las aguas usadas fuera del área. La entrada de agua tangencial al estanque permitirá que se autolimpie y lograr una distribución homogénea del oxígeno en todo el volumen de agua (FONDEPES, 2014).

2.2.2 Efluente de piscigranja

Son las aguas residuales que provienen de las pisciculturas de truchas y que son descargadas al medio ambiente después de su uso en el cultivo de peces. Estos pueden contener cantidades significativas de sólidos en suspensión, nutrientes y materia orgánica a partir de heces de peces, excreción metabólica y restos de alimentos no consumidos (Stojanović et al., 2019; Varol, 2019), así también patógenos, medicamentos, algas y parásitos (Bare et al., 2023).

2.2.3 Parámetros físico - químicos del agua

Para realizar el análisis de calidad del agua, es necesario utilizar herramientas y considerar los parámetros físicos y químicos; durante este proceso, también se deben tener en cuenta los factores climáticos, geológicos y altitudinales presentes en el ecosistema que está siendo estudiado (Calcetero, 2022). Los parámetros físico-químicos proporcionan una amplia información sobre la composición química del agua y sus propiedades físicas (Samboni et al., 2007). Por medio del análisis de la calidad físico-química del agua, se pueden identificar posibles impactos del cultivo de trucha en el ecosistema lótico y sus implicaciones para la salud ambiental del entorno (Calcetero, 2022).

2.2.3.1 Temperatura. Es un parámetro de la calidad del agua que afecta en el comportamiento de otros indicadores. influye directamente numerosos procesos biológicos y fisico-químicos, incluido los nutrientes presentes en el agua (Sánchez, 2007). Temperaturas anormalmente altas pueden provocar una proliferación no deseada de plantas acuáticas y hongos en el agua (Escobar, 2019).

2.2.3.2 Potencial de hidrógeno (pH). El pH es un parámetro fundamental para evaluar la calidad de agua tanto natural como de las residual; es crucial en todas las etapas de tratamiento del agua, ya sea para su suministro o gestión residual, indica el nivel de acidez o alcalinidad de una solución a una temperatura específica mediante la actividad del ión hidrógeno;

aunque el pH en sí no tiene efectos directamente en los consumidores, es considerado uno de los indicadores para determinar la calidad de agua (Escobar, 2019).

2.2.3.3 Oxígeno disuelto (OD). La cantidad de oxígeno disuelto es una de las principales características para definir la salud del ecosistema, es fundamental para la supervivencia de los organismos acuáticos (Sánchez, 2007). Este parámetro resulta importante para determinar la calidad de agua; es un indicador del nivel de contaminación. Aunque un alto nivel de oxígeno disuelto indica aguas de buena calidad, las concentraciones excesivas pueden resultar dañinas para los organismos acuáticos debido a la formación de burbujas de gas; por otro lado, los niveles fuera de lo establecido en el ECA también resultan dañinos ya que causan estrés en los peces y otros organismos acuáticos, e incluso podrían llegar a matarlos (Hilario y Mamani, 2021).

2.2.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Parámetro importante de la calidad del agua. Es una medida de la cantidad de oxígeno que necesitan (en mg/ l) las bacterias y otros microorganismos para descomponer completamente la materia orgánica en una muestra de agua. También es denominada demanda biológica de oxígeno (Byrne, 2012). Por lo general, se utiliza como un indicador en la evaluación de efluentes de plantas de tratamiento de agua y al monitorear cuerpos de aguas naturales (Penn et al., 2009).

2.2.3.5 Demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO_5). Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para descomponer materia orgánica durante un tiempo determinado (5 días) en condiciones aeróbicas . La cantidad de oxígeno que se informa con este método representa solo la demanda de oxígeno carbonoso o la materia orgánica de fácil descomposición. La DBO5 se utiliza comúnmente para medir la contaminación orgánica natural (Byrne, 2012).

2.2.3.6 Demanda química de oxígeno. Es la cantidad de oxígeno que puede ser consumido en las reacciones de una solución medida, es un indicador de la cantidad de sustancias reductoras en el agua, las cuales pueden incluir sustancias orgánicas, nitritos, sulfuros y sales ferrosas, siendo las más comunes las sustancias orgánicas; a mayor valor de DQO, la contaminación del agua por materia orgánica se vuelve más severa (Li & Liu, 2019).

2.2.3.7 Sólidos suspendidos totales (SST). Son partículas sólidas no sedimentables que se encuentran en el agua. Interfieren con la vida acuática porque las partículas sólidas pueden contener sustancias tóxicas y producir turbidez, lo que disminuye el paso de la luz solar al agua; esto resulta en una reducción del crecimiento del plancton fotosintético, que es la base de la cadena alimentaria acuática (Fernandez et al., 2022). Los SST están relacionadas con la eutrofización, ya que las partículas sólidas pueden contener nutrientes que promueven la proliferación de algas (Bilotta y Brazier, 2008). Así mismo, un nivel elevado de SST en el agua provoca turbidez y, si se riega en cultivos, puede inhibir el crecimiento de las plantas, ya que puede producirse una reducción de la fotosíntesis (Shammaa & Zhu, 2001). Además, se ha informado de mortalidad de peces en ecosistemas acuáticos con concentraciones de sedimentos tan bajas como 5 mg/L (Kjelland et al., 2015).

2.2.3.8 Nitrógeno total. En el agua el nitrógeno se presenta en cuatro formas, estas son nitrógeno orgánico, amoniacal, nitrital y nitratado (Pound & Crites, 1973). El nitrógeno total es un parámetro importante para evaluar la cantidad de nutrientes disponibles en un suelo, agua o muestra biológica. Un valor elevado de nitrógeno total puede indicar un alto nivel de contaminación o un exceso de nutrientes, lo cual puede tener efectos negativos en los ecosistemas, como la eutrofización de cuerpos de agua.

2.2.3.9 Fósforo total. El fósforo total es la concentración total de fósforo en una masa de agua, abarcando todas sus formas, incluyendo el fósforo disuelto y el particulado. Es un indicador clave para evaluar el potencial de eutrofización, un proceso en el que las masas de

agua se enriquecen excesivamente con nutrientes, lo que provoca el crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas. En la acuicultura, el fósforo contenido en los piensos es el principal factor de contaminación (Saviolo et al., 2020).

2.2.4 Parámetros microbiológicos del agua

Los parámetros microbiológicos son parámetros utilizadas para determinar presencia, cantidad y tipo de microorganismos de una muestra. Estos parámetros son esenciales en varios campos, específicamente en la calidad de agua, ayudan a identificar la posible contaminación del agua. Entre las principales fuentes de contaminación microbiológica se encuentra el vertido de aguas residuales y la acumulación de excrementos de animales en las orillas del río (Casilla, 2014).

2.2.4.1 Coliformes termo tolerantes. Conocidos también como coliformes fecales; tienen la capacidad de crecer a temperaturas elevadas hasta los 44.5°C (Edberg et al., 2000). Generalmente, es el indicador bacteriano utilizado para la calidad sanitaria del agua. De ellos la mayoría son E. coli (Minaya, 2017). Estudios como Garcia-Armisen et al. (2007); Hamilton et a. (2005); Leclerc et al. (2001) y Tallon et al. (2005) sugieren que E. coli es un indicador más confiable de contaminación fecal y presencia de patógenos en el agua que los coliformes-totales y otros coliformes termotolerantes.

2.3 Definiciones de términos

2.3.1 Calidad de agua

La calidad del agua, es concepto relativo que depende de los criterios de uso específicos y las preocupaciones relacionadas con la calidad (Castellón, 2013). La calidad de un ambiente acuático se puede definir de dos formas, según Sierra (2021) “1) una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y 2) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua” (pg. 47). Existen dos formas

básicas de describir la calidad del agua: midiendo los parámetros físicos, químicas o biológicas, y utilizando un índice de calidad del agua (Sierra, 2021).

2.3.2 Evaluación de la calidad del agua

Es el proceso general de evaluación de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación con la calidad natural, los efectos humanos y los usos previstos, en particular los usos que puedan afectar la salud humana y la salud del propio sistema acuático (Chapman, 1996).

2.3.3 Monitoreo de la calidad de agua

Es la obtención sistemática de datos en ubicaciones específicas y en periodos constantes con el objetivo de generar información útil para describir situaciones actuales, identificar patrones y otros propósitos (Chapman, 1996).

2.3.4 Parámetros de calidad de agua

Son las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como compuestos, elementos, sustancias e indicadores de interés para la determinar la calidad del agua.

2.3.5 Marco legal

2.3.5.1 D.S. N° 004-2017-MINAM - Estándares de calidad Ambiental (ECA) para agua. El MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para agua y establece disposiciones complementarias, a las normativas previas aprobadas por los D.S. N° 002-2008-MINAM, D.S. N° 023-2009-MINAM y D.S. N° 015-2015-MINAM. Modifica, elimina y actualiza ciertos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA-Agua, mientras que mantiene otros establecidos en las normativas anteriores (Autoridad Nacional del Agua, 2018). Regula la concentración o el nivel permitido de elementos, sustancias o diversos parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, considerando su condición como cuerpo receptor, asegurando la calidad del agua según su clasificación de uso. Por lo tanto, se trata de una herramienta útil para evaluar el estado de la calidad de los recursos hídricos naturales

en las distintas cuencas del territorio nacional (Autoridad Nacional del Agua, 2018). La normativa contempla cuatro categorías: Categoría 1 - Poblacional y recreacional (subcategoría A (A1, A2 y A3), subcategoría B (B1 y B2), categoría 2 - Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales (sub

categoría C1, subcategoría C2, subcategoría C3 y subcategoría C4), Categoría 3 - Riego de

vegetales y bebida de animales (subcategoría D1 y subcategoría D2) y Categoría 4 - Conservación del ambiente acuático (subcategoría E1, subcategoría E2 y E3) (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.3.5.2 Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, Clasificación de cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros. Establece la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales, en función al D.S. 004-2017-MINAM. La normativa proporciona la información siguiente de los cuerpos de agua clasificados: código curso, nombre, categoría, longitud, código y nombre de unidad hidrográfica.

La presente investigación se llevó a cabo en el río Apacheta, mismo que según la R.J. N° 056-2018-ANA, es identificado como el río Huarpa y está clasificado en la Categoría 3 – subcategoría D1 riego no restringido.

2.3.5.3 Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Protocolo de Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Este protocolo establece directrices y procedimientos estandarizados para la evaluación y monitoreo de la calidad del agua en cuerpos hídricos superficiales a nivel nacional, asegurando la consistencia y confiabilidad de los datos recolectados (MINAM, 2016).

Resolución Ministerial N° 271-2020-PRODUCE – Protocolo para el monitoreo de Efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e indirecto. Este protocolo establece directrices para el monitoreo de los efluentes generados por las industrias pesqueras que procesan productos destinados al consumo humano, tanto directo

como indirecto. Se establecen 10 parámetros para el monitoreo de efluentes de industrias pesqueras, para industrias que vierten en cuerpo hídrico continental son: Temperatura, pH, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, Fósforo Total, Nitrógeno Total, Caudal y Aceites y Grasas, este último no se considera para la presente investigación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de investigación

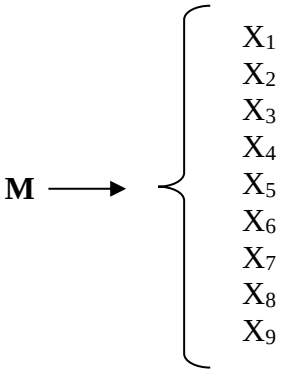
De acuerdo con Piñero *et al.* (2019), la investigación se enmarca en la metodología cuantitativa, sustentado en la obtención de datos susceptibles de medición y análisis numérico basados en los indicadores establecidos. En ese sentido, siguiendo a Arias (2006), la investigación se tipifica como básica, dado su propósito de generar conocimiento sistemático que amplía la comprensión del campo de estudio.

Es de nivel descriptivo ya que tiene por objetivo la descripción de los fenómenos a investigar (Hernández et al., 2014). En ese sentido, se entiende que, la presente investigación se centró en describir la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua en los efluentes de piscigranjas de trucha y las aguas del río Apacheta.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental – transversal de tipo descriptivo, ya que consiste en la recopilación de información y el análisis de un fenómeno en un momento único y sin control directo ni manipulación deliberada de las variables estudiadas (Hernández *et al*., 2014), lo que permitirá obtener resultados rápidos sobre la situación real de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de los criaderos de truchas y su impacto en la calidad del río Apacheta en la época seca.

Diagrama



Donde:

M = Efluente piscigranja y calidad de agua de río

X1 = Temperatura (T°)

X2 = Oxígeno disuelto (OD)

X3 = Potencial de hidrógeno (pH)

X4 = Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

X5 = Demanda química de oxígeno (DQO)

X6 = Fósforo total

X7 = Nitrógeno total

X8 = Sólidos totales suspendidos (SST)

X9 = Coliformes termotolerantes

3.3 Ámbito temporal y espacial

3.3.1 Ámbito temporal

La investigación se llevó a cabo durante un periodo de cuatro meses, comprendida entre septiembre y diciembre de 2024, coincidiendo la toma de muestras en la época seca del año.

3.3.2 Ámbito espacial

La investigación se desarrolló en el río Apacheta, ubicado en el distrito de Vinchos, provincia Huamanga, región Ayacucho, a una altitud aproximada entre 3400 y 3500 m.s.n.m.

El área de estudio se delimitó en un tramo específico del río, caracterizado por la presencia de piscigranjas de truchas.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Constituye las aguas del río Apacheta y los efluentes de tres piscigranjas (Bragrecito, Estación Ayacucho y Jatarisum) ubicadas en la vía Los Libertadores en el Distrito de Vinchos, provincia Huamanga, región Ayacucho.

3.4.2 Muestra

- **Para efluentes de piscigranjas:**

  Para caracterizar los efluentes de las piscigranjas, se estableció un punto de monitoreo en el vertimiento de efluentes de cada una de las piscigranjas (Bragrecito, Estación Ayacucho y Jatarisum) antes del ingreso al río Apacheta, como se establece en la R. M. N° 271-2020-PRODUCE

- **Para la calidad del agua del río Apacheta**

  Se estableció seis puntos de monitoreo (RApac1, RApac2, RApac3, RApac4, RApac5 y RApac6) ubicadas aguas arriba y aguas abajo de las piscigranjas, tomando en cuenta la R.J. N° 010-2016-ANA.

3.5 Instrumentos

En toda investigación, según Gallardo & Moreno (1999), un instrumento de medición óptimo es aquel que registra datos tangibles y precisos que realmente reflejen los conceptos o variables en consideración del investigador.

Los instrumentos utilizados incluyeron formatos específicos para la recolección de datos: cadena de custodia, formato de registro de datos en campo y ficha de identificación de puntos de monitoreo. A continuación, se precisa su descripción detallada:

- **Cadena de custodia**

  La cadena de custodia garantiza la integridad, trazabilidad y confiabilidad de las muestras recolectadas durante el monitoreo. Asegura que las muestras de agua, desde su recolección hasta su análisis, no sean alteradas, contaminadas ni manipuladas, lo cual es esencial para obtener resultados precisos y válidos en estudios de calidad del agua.

- **Formato de registro de datos en campo**

  En este se documenta toda la información relevante durante la recolección de muestras en el terreno, datos necesarios para garantizar la calidad, integridad y trazabilidad de las muestras, así como la correcta interpretación de los resultados

- **Ficha de identificación de puntos de monitoreo**

  Permite registrar la información clave sobre los lugares específicos donde se recolectan las muestras, asegura que cada punto de monitoreo sea identificado de manera única y que los datos relacionados con cada sitio estén claramente documentados.

3.5.1 Materiales y equipos de muestreo

Para la toma de muestras, se emplearon los siguientes recursos:

a) Materiales

- Frascos de plástico de 1 L, 500 ml y 100ml.
- Guantes descartables

- Mascarilla desechable
- Cooler
- Ice pack
- Tablero
- Etiqueta para rotular los frascos
- Plumón indeleble
- Lapicero
- Pizarra acrílica
- Plumón acrílico

b) Equipos

- GPS
- Multiparámetro

c) **Equipos de protección personal (EEPs)**

- Casco
- Chaleco
- Botas de jebe

3.6 Procedimientos

El procedimiento metodológico de recolección de datos en la presente investigación se desarrolló de la siguiente manera:

3.6.1 Ubicación de puntos de muestreo

- **Para efluentes de piscigranjas**

De acuerdo con la R.M. N° 271-2020-PRODUCE, que aprueba el "Protocolo para el Monitoreo de Efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto", se determinaron los puntos de muestreo para esta

investigación. Se seleccionó un punto de muestreo en los efluentes de cada piscigranja, antes del vertimiento al río Apacheta. Las cuales fueron codificadas de la siguiente manera: EFPIS 01, EFPIS 02 y EFPIS 03.

Tabla 2

Ubicación de puntos de muestreo en los efluentes de piscigranjas

Puntos de muestreo	Coordenada (UTM)		Referencia
	Este	Norte (N)	
EFPIS 01	559492	852472	Efluente de la Piscigranja "el Bagrecito", antes de su vertimiento al río Apacheta
EFPIS 02	561810	852445	Efluente de la Piscigranja "Estación pesquera Ayacucho" antes de su vertimiento al río Apacheta
EFPIS 03	564321	852350	Efluente de la Piscigranja "Jatarisum" antes de su vertimiento al río Apacheta

Nota: En la tabla se muestra los puntos de muestreo para los análisis de la calidad de agua en los efluentes de las piscigranjas de trucha.

- **Para la calidad del agua del río Apacheta**

De acuerdo con la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA que establece el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales", se determinaron los puntos de monitoreo para esta investigación. Se seleccionaron seis puntos de muestreo (RApach 01, RApach 02, RApach 03, RApach 04, RApach 05 y RApach 06), ubicados aguas arriba (antes del ingreso a las piscigranjas) y aguas abajo, a una distancia aproximada de 200 metros del punto de vertimiento, con el siguiente detalle:

Tabla 3

Ubicación de puntos de muestreo en el río Apacheta

Puntos de muestreo	Coordenada (UTM)		Referencia
	Este	Norte (N)	
RApach 01	559083	852447	Situado a una altitud de 3536 m.s.n.m., tomando como referencia aguas arriba de la piscigranja “El Bagrecito”
RApach 02	559526	852474	Situado a una altitud de 3525 m.s.n.m., tomando como referencia aguas abajo de la piscigranja “El Bagrecito”
RApach 03	561699	852473	Situado a una altitud de 3510 m.s.n.m., tomando como referencia aguas arriba de la piscigranja “Estación pesquera Ayacucho”
RApach 04	561914	852442	Situado a una altitud de 3454 m.s.n.m., tomando como referencia aguas abajo de la piscigranja “Estación pesquera Ayacucho”
RApach 05	564827	852395	Situado a una altitud de 3440 m.s.n.m., tomando como referencia aguas arriba de la piscigranja “Jatarisum”
RApach 06	564422	852345	Situado a una altitud de 3410 m.s.n.m., tomando como referencia aguas abajo de la piscigranja “Jatarisum”

Nota: En la tabla se muestra los puntos de muestreo para los análisis de la calidad de agua en el río Apacheta.

3.6.2 Recopilación de información

3.6.2.1 Clasificación de cuerpos de aguas superficiales y marinos – costeros (RJ N° 056-2018-ANA). El río Apacheta, se encuentra, según la R.J. N° 056-2018-ANA se clasifica en la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) de acuerdo con el Estándar de Calidad Ambiental para agua.

Tabla 4

Clasificación del rio Apacheta según la R.J. N° 202-2010-ANA

CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES (RÍOS, LAGOS Y LAGUNAS)

CURSO DE AGUA					UNIDAD HIDROGRÁFICA	
N°	**Código Curso**	**Nombre**	**Categoría**	**Longitud (Km)**	**Código UH**	**Nombre**
980	49962	Río Huarpa	Categoría 3	142, 02	4996	Cuenca Mantaro

Nota: La tabla presenta la información sobre la clasificación del río Apacheta, denominado río "Huarpa" por la ANA. Fuente: Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA

3.6.3 Parámetros evaluados

La selección de parámetros para el presente estudio se fundamentó en la Resolución Ministerial N° 271-2020-PRODUCE, instrumento normativo que establece diez indicadores técnicos para el monitoreo de efluentes en establecimientos pesqueros. Ante la ausencia de una regulación específica para la piscicultura de truchas en el contexto nacional, se adoptó esta resolución como marco referencial metodológico.

3.6.4 Medición de parámetros en campo

La determinación de parámetros in situ se efectuó utilizando un equipo multiparámetro de la marca HANNA, específicamente el modelo HI98494, que permitió la obtención de

mediciones de Temperatura, Oxígeno Disuelto (OD) y Potencial de Hidrógeno (pH). El protocolo metodológico para la obtención de dichos parámetros se describe a continuación:

- Se realizó la calibración del instrumental de medición in situ.
- Se ejecutó el enjuague de los electrodos utilizando agua destilada.
- El multiparámetro fue introducido en el medio acuático, manteniéndolo en proceso de estabilización durante 3 minutos, para posteriormente consignar los resultados en el formato correspondiente (Anexo 3).

3.6.5 Toma, preservación, conservación de muestras

Para la recolección de muestras se emplearon frascos PVC de 100 ml y 250 ml (esterilizado para Números de Coliformes Termotolerantes), y frascos de polietileno de 60 ml y 1 L. Los frascos se enjuagaron dos veces para evitar la contaminación cruzada, excepto los frascos para el análisis de Coliformes Termotolerantes. El procedimiento consistió en posicionar el envase en sentido opuesto a la corriente, considerando lo siguiente:

Para las muestras de DBO5, se llenó el frasco completamente sin dejar burbujas de aire. En el caso de las muestras microbiológicas y aquellas que requieren preservación, se dejó un espacio de aproximadamente 10% y 1% de la capacidad del envase, respectivamente.

Para conservar las muestras de DQO y FT, añadió inmediatamente el preservante “ácido sulfúrico” hasta reducir el pH < 2. Para la muestra de coliformes termotolerantes, se añadió 1ml de tiosulfato de sodio al 10 % (esterilizado).

3.6.6 Almacenamiento y traslado de muestras

Las muestras fueron almacenadas inmediatamente en un cooler con refrigerantes tras su recolección, al que se añadió un blanco viajero para detectar posibles fuentes de

contaminación durante el traslado. Posteriormente, estas fueron enviadas al laboratorio SGS Perú para su análisis.

3.6.7 Análisis de laboratorio

Los análisis de las muestras fueron realizados por el laboratorio SGS, laboratorio de ensayo acreditado por el organismo de acreditación INACAL. Los métodos de ensayo y el alcance de acreditación para los parámetros evaluados, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5

Método de ensayo y acreditación para aguas naturales superficiales del laboratorio SGS

Parámetro	Unidad	Método de Ensayo	Acreditación/ Alcance
Parámetros fisicoquímicos			
DBO5	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test	NTP-ISO/IEC 17025:2017 / AB, AC, ACE, AIRS, ALA, AM, AP, APR, ARD, ARI, ARM, AS, ASL, ASUB, SAL
DQO	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D: 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance) 2017	NTP-ISO/IEC 17025:2017 / AB, AC, ACE, AIRS, ALA, AM, AP, APR, ARD, ARI, ARM, AS, ASL, ASUB, SAL
SST	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D: 23rd: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103- 105 °C. (VALIDADO –	NTP-ISO/IEC 17025:2017 / AB, AC, ACE, AIRS, ALA, AM, AP, APR, ARD, ARI, ARM, AS, ASL, ASUB, SAL

		Aplicado fuera del alcance) 2017	
Nitrógeno total	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017.Phosphorus. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance) 2017	NTP-ISO/IEC 17025:2017 / AB, AC, ACE, AIRS, ALA, AM, AP, APR, ARD, ARI, ARM, AS, ASL, ASUB, SAL
Fósforo total	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated Ascorbic Acid Reduction Method. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus	NTP-ISO/IEC 17025:2017 / AB, AC, ACE, AIRS, ALA, AM, AP, APR, ARD, ARI, ARM, AS, ASL, ASUB, SAL
Parámetro microbiológico			
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 24th Ed. (Incluye Muestreo).2023.Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	NTP-ISO/IEC 17025:2017 / AB, AC, ACE, AIRS, ALA, AM, AP, APR, ARD, ARI, ARM, AS, ASL, ASUB, SAL

Nota: La tabla muestra los métodos de ensayo y acreditación para el análisis de aguas naturales superficiales.

3.7 Análisis de datos

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos y determinar las diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua entre los puntos de muestreo (aguas arriba, efluente de piscigranjas y aguas abajo), los datos fueron procesados en SPSS Statistics 26.0, estableciendo un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Esto implica que se admitió hasta un 5 % de probabilidad de cometer un error tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera. Para la presentación gráfica, de los datos obtenidos se empleó RStudio, mientras que Microsoft Excel se utilizó como apoyo en la organización y tabulación de los datos. El análisis espacial y la visualización georreferenciada de los puntos de muestreo se realizaron con ArcGIS.

Previo al análisis comparativo, se verificó el cumplimiento de los supuestos necesarios para aplicar pruebas paramétricas. La normalidad de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Solo cuando se cumplió este supuesto, se procedió con la aplicación del Análisis de Varianza (ANOVA).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicas de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para los nueve parámetros analizados en los vertimientos de efluentes de las tres piscigranjas evaluadas: El Bagrecito (EFPIS 01), Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02) y Jatarisum (EFPIS 03). Dichos resultados permiten analizar el impacto de las actividades acuícolas en la calidad del agua del río Apacheta, y se detallan en la Tabla 6, la cual proporciona una comparación clara entre las diferentes estaciones de muestreo, permitiendo identificar posibles variaciones en los parámetros evaluados.

Tabla 6

Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de las tres piscigranjas

PARÁMETRO	ENSAYO	UNIDAD	MUESTRAS/RESULTADO		
			EFPIS 01	EFPIS 02	EFPIS 03
Físicos – químicos	Temperatura	°C	14.85	15.70	16.02
	Sólidos totales en suspensión	mg/L	9	24	11
	Oxígeno disuelto	mg/L	7.2	8.3	8.5
	pH	Unidad de pH	8.33	8.31	8.41

	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6
	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5.3	5.1	4.7
	Fósforo total	mg/L	0.074	0.068	0.048
	Nitrógeno total	mg/L	0.54	0.61	0.47
Microbiológico	Coliformes termotolerantes	NMP/100 Ml	4.5	49	130

Nota: La tabla muestra las concentraciones medidas en los efluentes EFPIS 01, EFPIS 02 y EFPIS 03. Estas siglas se refieren a los efluentes de piscigranjas 01, 02 y 03, respectivamente: piscigranja "El Bagrecito", piscigranja "Estación Pesquera Ayacucho" y piscigranja "Jatarisum".

En cuanto a la temperatura del agua, los valores obtenidos muestran una ligera variabilidad entre las piscigranjas evaluadas. La piscigranja Jatarisum (EFPIS 03) registró la temperatura más alta con 16.02 °C, mientras que la más baja se presentó en El Bagrecito (EFPIS 01) con 14.85 °C.

Respecto a los sólidos totales en suspensión (STS), se observó una mayor concentración en la piscigranja Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02), con un valor de 24 mg/L, seguido de Jatarisum (EFPIS 03) con 11 mg/L, mientras que El Bagrecito (EFPIS 01) presentó la menor concentración con 9 mg/L.

En el caso del oxígeno disuelto (OD), los valores fueron relativamente altos en las tres piscigranjas. La mayor concentración se encontró en Jatarisum (EFPIS 03) con 8.5 mg/L, seguido de Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02) con 8.3 mg/L, mientras que El Bagrecito (EFPIS 01) registró el menor valor con 7.2 mg/L. El pH se mantuvo dentro de un rango similar en las tres piscigranjas, con valores ligeramente alcalinos. Jatarisum (EFPIS 03) presentó el pH

más alto con 8.41, seguido de El Bagrecito (EFPIS 01) con 8.33, mientras que Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02) tuvo un valor de 8.31.

En lo que respecta a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los valores fueron inferiores al límite de detección en todas las piscigranjas, reportándose como <2.6 mg/L en los tres puntos de monitoreo, lo que indica una baja carga de materia orgánica biodegradable en los vertimientos.

Para la demanda química de oxígeno (DQO), los resultados muestran una mayor concentración en El Bagrecito (EFPIS 01) con 5.3 mg/L, seguido de Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02) con 5.1 mg/L, mientras que Jatarisum (EFPIS 03) presentó el menor valor con 4.7 mg/L.

En cuanto a la concentración de fósforo total, se observó que El Bagrecito (EFPIS 01) tuvo la mayor concentración con 0.074 mg/L, seguido de Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02) con 0.068 mg/L, mientras que Jatarisum (EFPIS 03) registró la menor concentración con 0.048 mg/L.

Por último, el nitrógeno total presentó su mayor concentración en Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02) con 0.61 mg/L, seguido de El Bagrecito (EFPIS 01) con 0.54 mg/L, mientras que Jatarisum (EFPIS 03) tuvo el menor valor con 0.47 mg/L.

En cuanto a los coliformes termotolerantes, se evidencia una variación considerable entre los vertimientos de las piscigranjas. El Bagrecito (EFPIS 01) presentó la menor concentración con 4.5 NMP/100 mL, seguido de Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02) con 49 NMP/100 mL, mientras que Jatarisum (EFPIS 03) registró el valor más alto con 130 NMP/100 mL, lo que podría indicar una mayor carga de contaminación microbiológica en este punto.

Los vertimientos de las tres piscigranjas presentan diferencias en su composición, lo que sugiere variaciones en la cantidad de sólidos en suspensión, la concentración de oxígeno,

la carga de nutrientes y la presencia de microorganismos en cada punto de muestreo. Se observa que algunos parámetros, como el fósforo y el nitrógeno total, alcanzan mayores concentraciones en ciertos vertimientos, lo que podría contribuir a la eutrofización del agua en el río Apacheta. Asimismo, la presencia de coliformes termotolerantes varía significativamente entre las piscigranjas, indicando posibles diferencias en las condiciones sanitarias y en el manejo de residuos orgánicos. Estos resultados evidencian la necesidad de monitorear y regular los efluentes generados por las actividades acuícolas para minimizar su impacto en la calidad del agua y garantizar un equilibrio ecológico en el ecosistema acuático.

4.1.2 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha.

4.1.2.1 Concentraciones de los parámetros en aguas arriba y aguas abajo de las piscigranjas. Las concentraciones de los 9 parámetros analizados en el río Apacheta se presentan en la Tabla 7, mostrando los valores obtenidos en cada punto de muestreo. Estos puntos corresponden a tres piscigranjas:

- **El Bagrecito:** RApach01 (aguas arriba) y RApach02 (aguas abajo).
- **Estación Pesquera Ayacucho:** RApach03 (aguas arriba) y RApach04 (aguas abajo).
- **Jatarisum: RApach05** (aguas arriba) y RApach06 (aguas abajo).

Tabla 7

Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas arriba y aguas abajo de las tres piscigranjas

PARÁMETRO		UNIDAD	MUESTRAS/RESULTADO					
			RApach01	RApach02	RApach03	RApach04	RApach05	RApach06
Físico - químicos	Temperatura	°C	14.48	14.84	15.56	15.82	16.10	16.16
	Sólidos suspendidos totales	mg/L	5	21	15	20	13	11
	Oxígeno disuelto	mg/L	8.6	8.4	6.5	8.5	7.4	6.8
	pH	Ud.	8.63	8.44	8.39	8.20	8.35	8.42
	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6
	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<4.5	4.7	<4.5	<4.5	<4.5	4.6
	Fósforo total	mg/L	0.022	0.086	0.064	0.076	0.044	0.041
	Nitrógeno total	mg/L	0.29	0.60	0.47	0.51	0.50	0.41
Microbiológico	Coliformes termotolerantes	NMP/100 Ml	33	49	49	230	79	110

Nota: La tabla muestra las concentraciones medidas en las estaciones de muestreo RApach01 a RApach06, ubicadas antes y después de las piscigranjas a lo largo del río Apacheta. Incluye parámetros fisicoquímicos (temperatura, sólidos suspendidos totales, pH, oxígeno disuelto, DBO, DQO, nitrógeno total y fósforo total) y microbiológicos (coliformes termotolerantes). Las unidades se expresan en mg/L, °C o NMP/100 mL según corresponda.

Los resultados obtenidos en los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de cada piscigranja evidencian variaciones en la calidad del agua del río Apacheta. Se observa un ligero incremento en la temperatura en los puntos aguas abajo, con valores que van desde 14.48 °C en RApach01 hasta 16.16 °C en RApach06.

Los sólidos suspendidos totales presentan un aumento en aguas abajo de todas las piscigranjas, destacando RApach02 con 21 mg/L y RApach04 con 20 mg/L, en comparación con sus respectivos puntos aguas arriba. En cuanto al oxígeno disuelto, los valores se mantienen estandarizados en todos los puntos, con una ligera disminución en RApach03 (6.5 mg/L), mientras que en RApach01 se observa la concentración más alta (8.6 mg/L).

El pH muestra una ligera reducción aguas abajo, pasando de 8.63 en RApach01 a 8.44 en RApach02, y de 8.39 en RApach03 a 8.20 en RApach04. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se mantiene por debajo del límite de detección (<2.6 mg/L) en todos los puntos, mientras que la demanda química de oxígeno (DQO) presenta leves incrementos en RApach02 (4.7 mg/L) y RApach06 (4.6 mg/L).

Respecto a los nutrientes, se evidencia un incremento del fósforo total en los puntos aguas abajo, con valores más altos en RApach02 (0.086 mg/L) y RApach04 (0.076 mg/L). Asimismo, el nitrógeno total presenta un aumento en aguas abajo de la primera y segunda piscigranja, con un valor máximo de 0.60 mg/L en RApach02.

En cuanto a la calidad microbiológica, los coliformes termotolerantes muestran un incremento significativo en aguas abajo de la segunda piscigranja, alcanzando 230 NMP/100 mL en RApach04, lo que indica una mayor carga microbiológica en este punto.

Estos resultados reflejan el impacto de los vertimientos de las piscigranjas en la calidad del agua, evidenciando cambios en la concentración de sólidos, nutrientes y microorganismos en los puntos aguas abajo.

4.1.2.2 Comparación de las concentraciones con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). En esta sección se presentan los resultados de la comparación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en las piscigranjas El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum, tanto en aguas arriba como en aguas abajo, con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-

Agua), Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de vegetales (agua para riego restringido), establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Esta comparación permite identificar si los valores registrados cumplen con los límites establecidos para esta categoría y evaluar el posible impacto de los vertimientos en la calidad del agua del río Apacheta.

Tabla 8

Concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas arriba y aguas abajo respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua en las tres piscigranjas

	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRAS/RESULTADO						ECA
			RApach 01	RApach 02	RApach 03	RApach 04	RApach 05	RApach 06	
Físico - químicos	Temperatura	°C	14.48	14.84	15.56	15.82	16.10	16.16	Δ 3
	Sólidos suspendidos totales	mg/L	5	21	15	20	13	11	-
	Oxígeno disuelto	mg/L	8.6	8.4	6.5	8.5	7.4	6.8	≥ 5
	pH	Ud.	8.63	8.44	8.39	8.20	8.35	8.42	6,5 – 8,4
	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	15
	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<4.5	4.7	<4.5	<4.5	<4.5	4.6	40
	Fósforo total	mg/L	0.022	0.086	0.064	0.076	0.044	0.041	-
	Nitrógeno total	mg/L	0.29	0.60	0.47	0.51	0.50	0.41	-
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP /100 Ml	33	49	49	230	79	110	2000

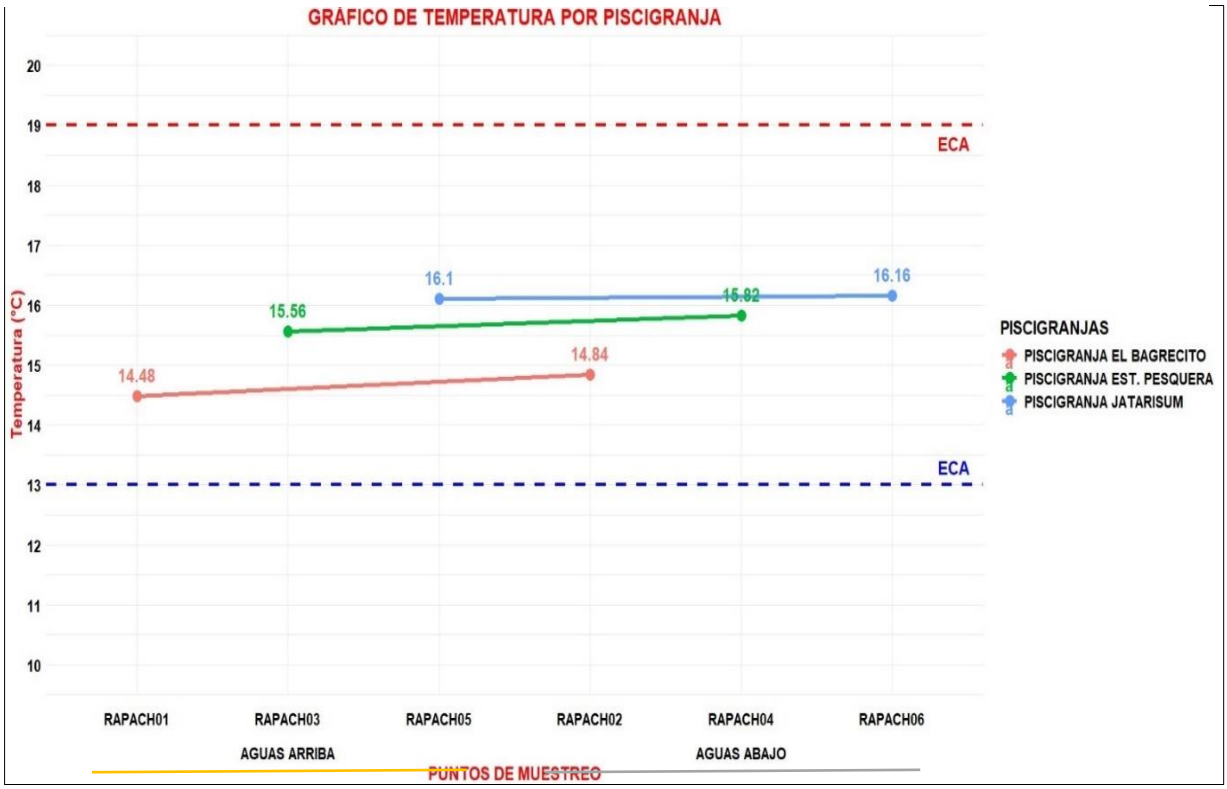
*Nota***:** La tabla presenta las concentraciones medidas en las estaciones de muestreo RApach 01 a RApach 06, ubicadas antes y después de las piscigranjas a lo largo del río, comparadas con los límites del DS 004-2017-MINAM (ECA categoría 3-D1), donde 'Δ 3 °C' indica variación máxima permitida respecto al promedio mensual multianual y '–' señala parámetros sin límite establecido.

A continuación, se presentan los nueve parámetros analizados en la tabla junto con sus respectivas figuras comparativas y valores de referencia según los ECA-Agua, permitiendo así evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad y el posible impacto de los vertimientos en el río Apacheta.

- **Temperatura**

Figura 1

Concentración del parámetro de temperatura respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA)



Nota: Las líneas horizontales representan el umbral permitido por el Estándar de Calidad Ambiental – Agua (ECA-Agua) según el D.S. N° 004-2017-MINAM. ΔT se calcula como la

diferencia entre la temperatura observada y el promedio mensual multianual del sitio muestreado (16 °C). Valores de Δ T dentro de ±3 °C indican cumplimiento.

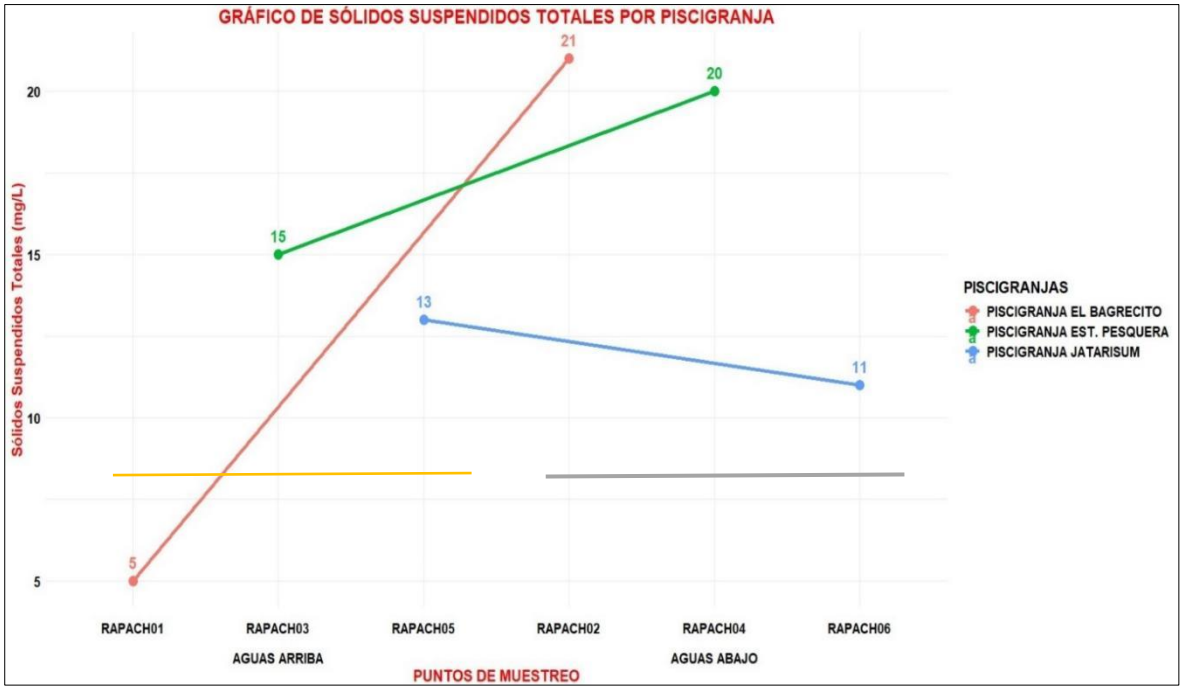
La temperatura del agua en los puntos de monitoreo del río Apacheta varió entre 14.48°C y 16.16°C, observándose un ligero incremento en aguas abajo de cada piscigranja. En la primera piscigranja, la temperatura aumentó de 14.48°C a 14.84°C, en la segunda de 15.56°C a 15.82°C, y en la tercera de 16.10°C a 16.16°C.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, para la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de vegetales (agua para riego no restringido), la variación de la temperatura no debe superar los ±3°C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada. Según el Observatorio Nacional del Agua (ANA), la temperatura promedio en la zona es de 16°C, por lo que los valores registrados en los puntos de monitoreo se encuentran dentro del límite permitido por la normativa.

- **Sólidos suspendidos totales**

Figura 2

Concentración del parámetro de sólido suspendidos totales respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA)



Nota: La categoría evaluada (Categoría 3) del Estándar de Calidad Ambiental – Agua (ECA-Agua), bajo el D.S. N° 004-2017-MINAM, no incluye un límite normativo para SST. Por tanto, no se muestran líneas de umbral en la figura. Las concentraciones medidas se presentan únicamente con fines informativos descriptivos, sin consideración de cumplimiento o no cumplimiento respecto a SST.

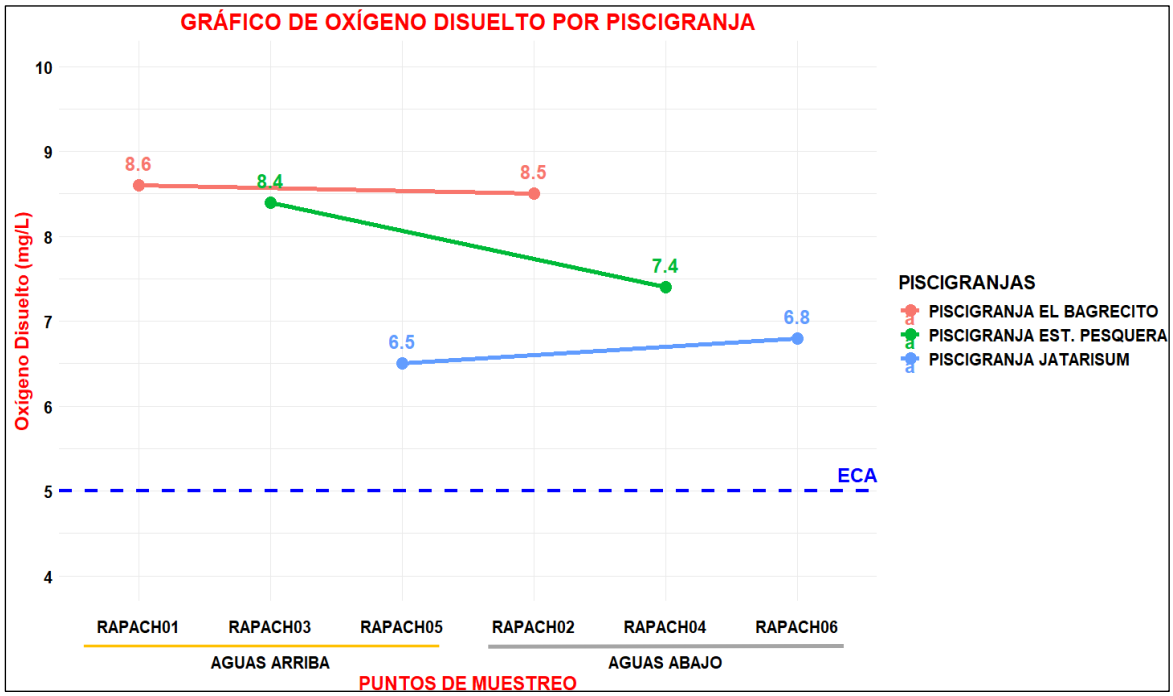
Los resultados de sólidos suspendidos totales (SST) en el río Apacheta muestran variaciones entre los puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de cada piscigranja. En la primera piscigranja, se observa un aumento significativo de 5 mg/L en RApach01 a 21 mg/L en RApach02, lo que representa el mayor incremento registrado. En la segunda piscigranja, la concentración también se eleva, pasando de 15 mg/L en RApach03 a 20 mg/L en RApach04. Por otro lado, en la tercera piscigranja, la concentración disminuye de 13 mg/L en RApach05 a 11 mg/L en RApach06.

Los SST aumentaron aguas abajo en dos de las tres piscigranjas como resultado de los aportes generados por las actividades acuícolas, mientras que en la tercera se registró una ligera reducción, posiblemente por condiciones particulares del entorno. Aunque este parámetro no cuenta con un valor de referencia en los ECA-Agua, lo que dificulta su evaluación desde el punto de vista normativo, su comportamiento permite evidenciar alteraciones en la calidad del agua. Por ello, su monitoreo constante y análisis detallado son esenciales para comprender el impacto de los vertimientos sobre el ecosistema acuático y orientar la implementación de medidas correctivas y de gestión ambiental más eficaces.

- **Oxígeno disuelto**

Figura 3

Concentración del parámetro de oxígeno disuelto respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA)



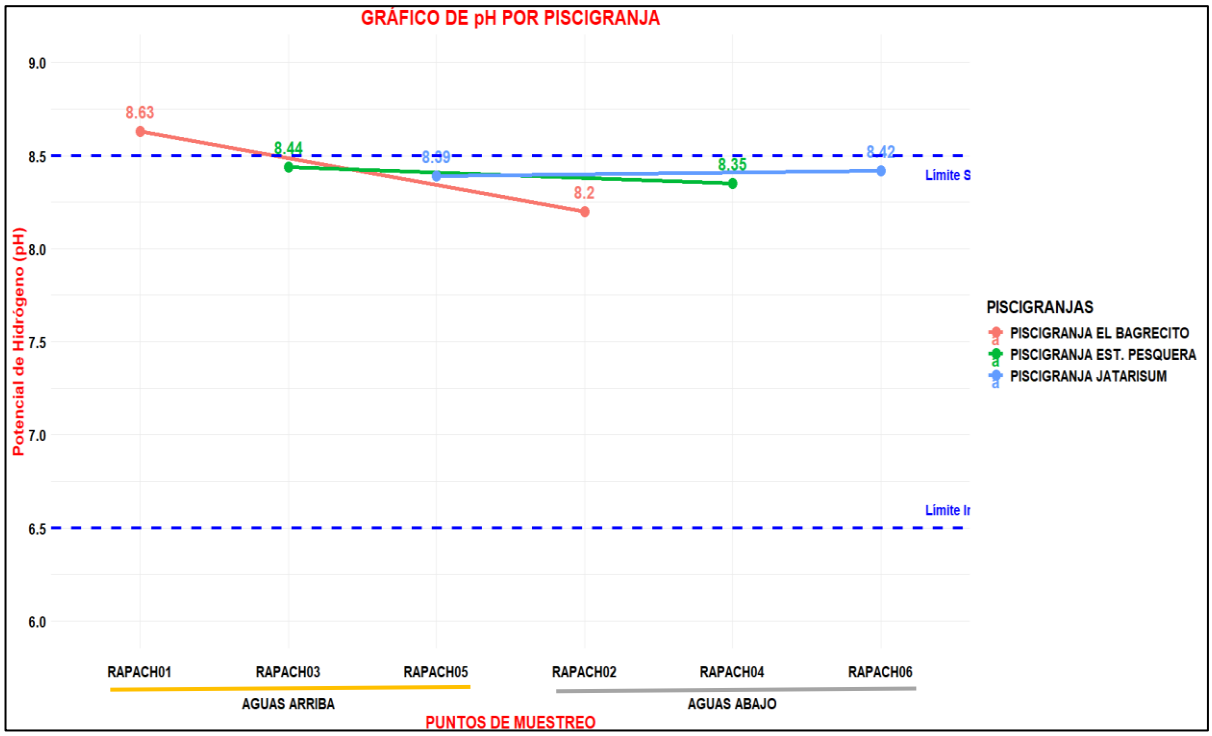
Nota: La línea horizontal señala el valor mínimo exigido por el ECA-Agua según el D.S. N° 004-2017-MINAM: ≥ 5 mg/L para aguas de categoría 3 (D1). Valores por encima de esta línea indican cumplimiento; por debajo, incumplimiento del estándar normativo.

Los valores de oxígeno disuelto (OD) en las muestras analizadas oscilan entre 6.5 mg/L y 8.6 mg/L, con el menor valor registrado en RApach 05 y el mayor en RApach 01. Se observa una disminución en las concentraciones aguas abajo, lo que podría indicar un consumo de oxígeno en la zona de estudio. Sin embargo, todas las concentraciones superan ampliamente el valor mínimo establecido en los ECA-Agua (≥ 5 mg/L), lo que sugiere condiciones aún favorables para la vida acuática. Este resultado indica que los vertimientos de las piscigranjas no generan un impacto negativo significativo sobre la disponibilidad de oxígeno en el río Apacheta, aunque es importante monitorear la tendencia de reducción para evitar posibles afectaciones en el ecosistema acuático.

- **Potencial de hidrogeno (pH)**

Figura 4

Concentración del parámetro de Potencial de Hidrógeno (pH) respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA)



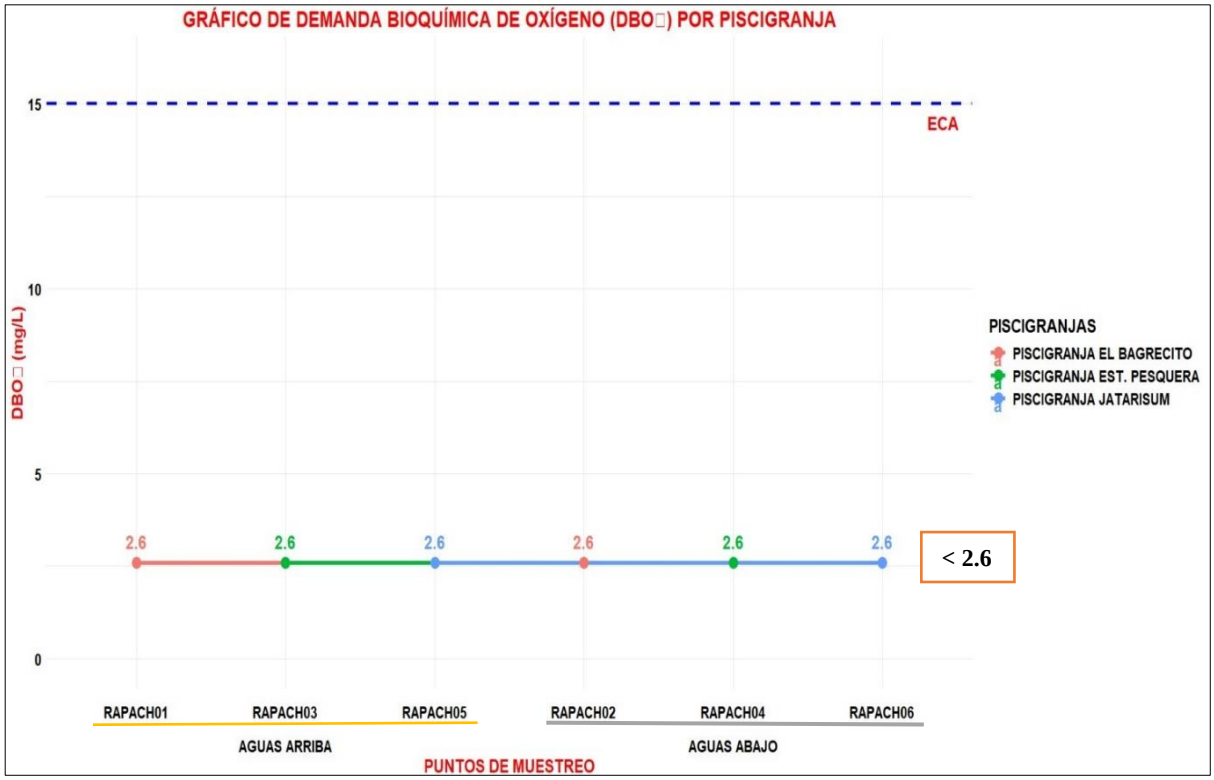
Nota: La línea horizontal indica el rango permitido por el ECA-Agua para la categoría 3, subcategoría D1, según el D.S. N° 004-2017-MINAM: pH entre 6,5 y 8,5. Valores dentro de este intervalo reflejan cumplimiento; valores fuera representan incumplimiento del estándar.

Los valores de pH registrados en las muestras varían entre 8.20 y 8.63, con el menor valor en RApach04 y el mayor en RApach01. Se observa una ligera disminución aguas abajo en algunas estaciones, aunque las concentraciones se mantienen, en su mayoría, dentro del rango establecido por los ECA-Agua (6.5 – 8.5). No obstante, en RApach01, el valor de 8.63 supera ligeramente el límite superior permitido, lo que evidencia una mayor alcalinidad en esta zona. Estos resultados indican que, en general, el agua del río Apacheta conserva condiciones adecuadas en términos de pH, aunque es fundamental monitorear su evolución para prevenir posibles alteraciones en la calidad del agua.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)**

Figura 5

Concentración del parámetro de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA)



Nota: La línea horizontal representa el límite máximo permitido para DBO_5 según la categoría 3, subcategoría D1 del ECA-Agua (D.S. 004-2017-MINAM): ≤ 15 mg/L**.** Valores por debajo o iguales a esta línea indican cumplimiento; valores por encima representan incumplimiento del estándar normativo.

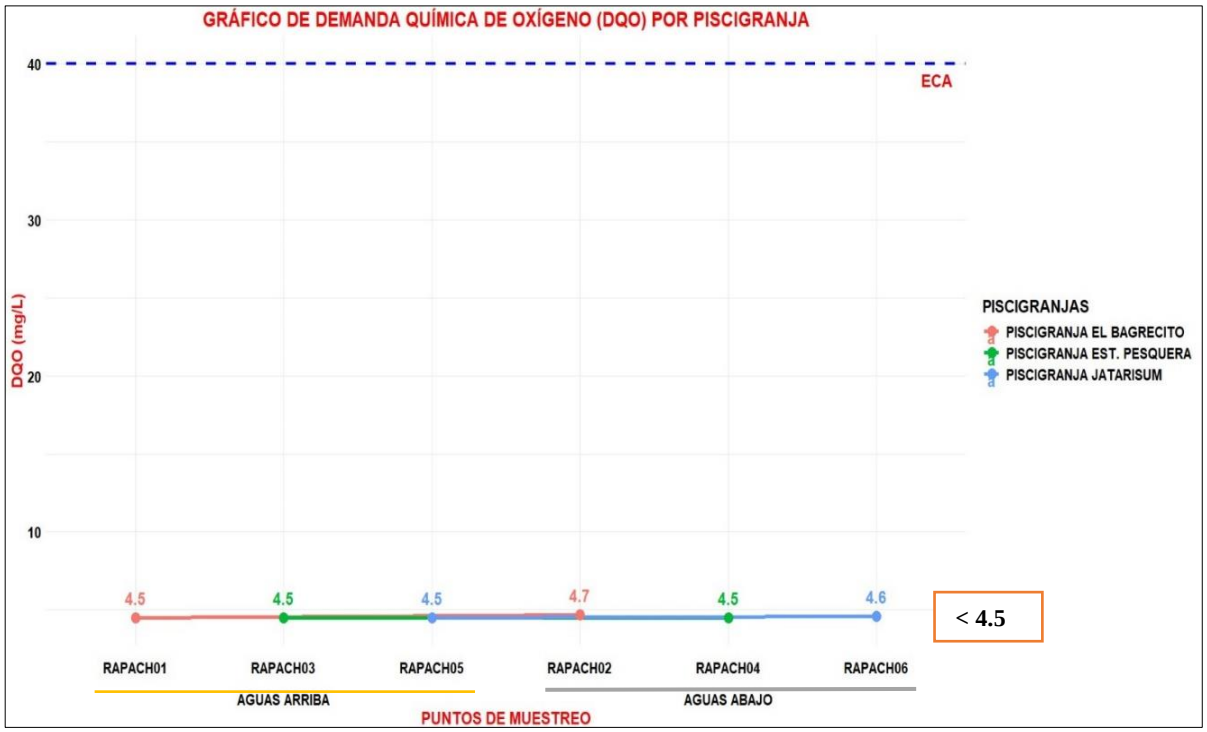
Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) registrados en todas las estaciones de muestreo fueron inferiores a 2.6 mg/L, lo que indica una baja presencia de materia orgánica biodegradable en el agua. Estos resultados se encuentran muy por debajo del valor límite establecido en los ECA-Agua para la categoría evaluada (≤ 15 mg/L), lo que sugiere que los vertimientos de las piscigranjas no estarían generando una carga orgánica significativa en el cuerpo de agua. La DBO5 es un parámetro clave en el monitoreo de la calidad del agua, ya que permite estimar la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos en la

descomposición de la materia orgánica, siendo un indicador fundamental del nivel de contaminación y del estado trófico del ecosistema acuático.

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

Figura 6

Concentración del parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA)



*Nota***:** La línea horizontal representa el límite máximo permitido para DQO según la categoría 3 (D1) del ECA-Agua (D.S. 004-2017-MINAM): ≤ 40 mg/. Valores por debajo o iguales a esta línea indican cumplimiento; valores superiores representan incumplimiento del estándar.

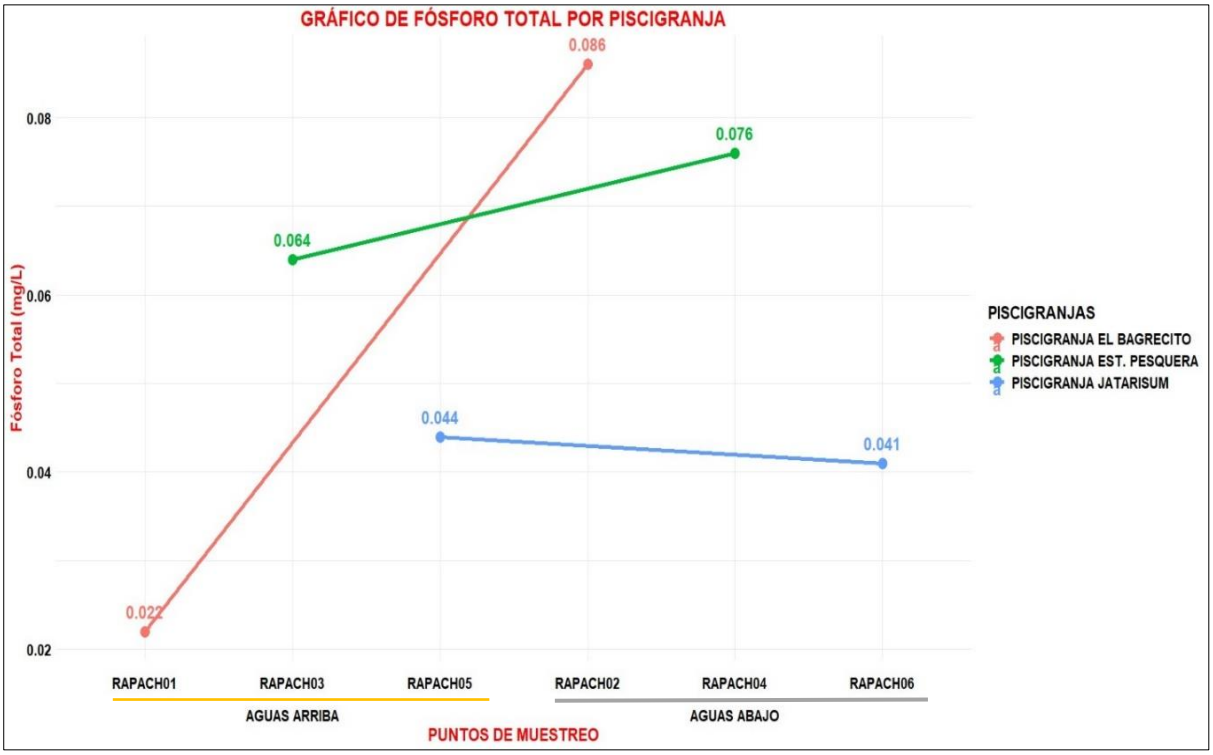
Los valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) registrados en las estaciones de muestreo oscilaron entre <4.5 mg/L y 4.7 mg/L, estando muy por debajo del límite establecido en los ECA-Agua para la categoría evaluada (≤ 40 mg/L). Estos resultados indican una baja presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos susceptibles de oxidarse en el agua, lo que sugiere que los vertimientos de las piscigranjas no estarían generando una carga significativa de materia orgánica y otras sustancias oxidables. La DQO es un parámetro esencial en la evaluación de la calidad del agua, ya que permite estimar la cantidad total de materia orgánica

presente, complementando el análisis de la DBO5 para una mejor caracterización del impacto de las descargas sobre el ecosistema acuático.

- **Fósforo total**

Figura 7

Concentración del parámetro de Fósforo total



Nota: La categoría evaluada (Categoría 3) del Estándar de Calidad Ambiental – Agua (ECA-Agua), bajo el D.S. N° 004-2017-MINAM, no incluye un límite normativo para Fósforo Total. Por tanto, no se muestran líneas de umbral en la figura. Las concentraciones medidas se presentan únicamente con fines informativos descriptivos, sin consideración de cumplimiento o no cumplimiento respecto a Fósforo Total.

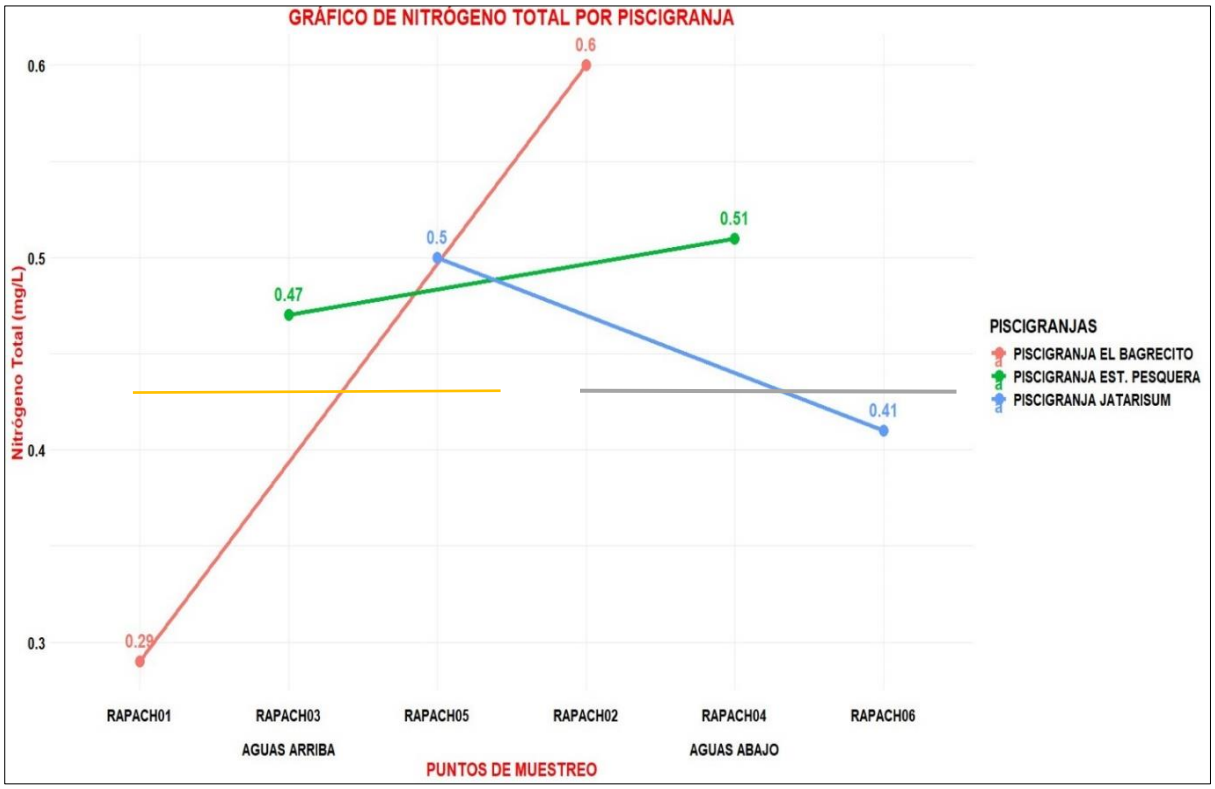
Los valores de fósforo total en las estaciones de muestreo presentan variaciones notables, con concentraciones que oscilan entre 0.022 mg/L y 0.086 mg/L. Se observa un incremento en la segunda estación (0.086 mg/L), seguido de una ligera reducción en las siguientes estaciones. Aunque este parámetro no cuenta con un valor de referencia en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), su análisis es fundamental para el diagnóstico de la calidad del agua. El fósforo es un nutriente esencial en los ecosistemas

acuáticos, pero en concentraciones elevadas favorece el crecimiento excesivo de algas y la eutrofización, lo que altera el equilibrio ecológico y reduce la disponibilidad de oxígeno disuelto, afectando negativamente la vida acuática. Por ello, su monitoreo es clave para evaluar posibles impactos provenientes de fuentes naturales o actividades antrópicas, como los vertimientos de las piscigranjas.

- **Nitrógeno total**

Figura 8

Concentración del parámetro de Nitrógeno total



Nota: La categoría evaluada (Categoría 3) del Estándar de Calidad Ambiental – Agua (ECA-Agua), bajo el D.S. N° 004-2017-MINAM, no incluye un límite normativo para Nitrógeno Total. Por tanto, no se muestran líneas de umbral en la figura. Las concentraciones medidas se presentan únicamente con fines informativos descriptivos, sin consideración de cumplimiento o no cumplimiento respecto a Nitrógeno Total.

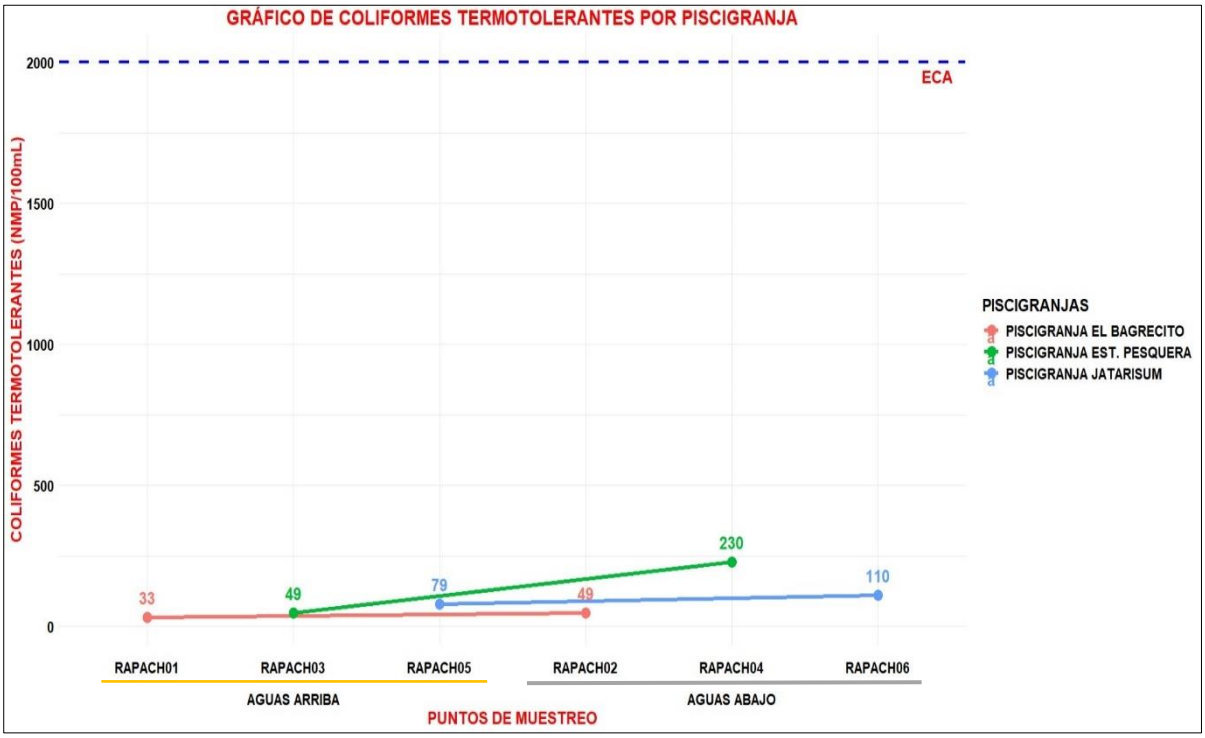
Los valores de nitrógeno total en las estaciones de muestreo presentan fluctuaciones, con concentraciones que varían entre 0.29 mg/L y 0.60 mg/L. Se registra un incremento

significativo en la segunda estación (0.60 mg/L), seguido de una disminución progresiva en las estaciones siguientes. Aunque este parámetro no cuenta con un valor de referencia en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), su análisis es esencial para evaluar la calidad del agua. El nitrógeno es un nutriente fundamental en los ecosistemas acuáticos y, cuando se encuentra en concentraciones elevadas, suele estar asociado a fuentes antrópicas como descargas de aguas residuales domésticas o vertimientos provenientes de piscigranjas. El exceso de nitrógeno favorece el crecimiento desmedido de algas y otros organismos acuáticos, lo que altera la transparencia del agua, incrementa la demanda biológica de oxígeno y reduce la concentración de oxígeno disuelto, afectando negativamente a la fauna acuática. Por ello, su monitoreo continuo es crucial para identificar posibles focos de contaminación y comprender su impacto sobre el ecosistema del río Apacheta.

- **Coliformes termotolerantes**

Figura 9

Concentración del parámetro de Coliformes termotolerantes respecto al Estándar de Calidad Ambiental-Agua (ECA)



Nota: La línea horizontal representa el límite máximo permitido para Coliformes termotolerantes según la categoría 3 (D1) del ECA-Agua (D.S. 004-2017-MINAM): ≤ 2 000 NMP/100 mL. Valores por debajo o iguales a este valor representan cumplimiento del estándar; valores por encima indican incumplimiento del mismo.

Los valores de coliformes termotolerantes en las estaciones de muestreo oscilaron entre 33 y 230 NMP/100 mL, manteniéndose ampliamente por debajo del límite establecido en los ECA-Agua para la categoría evaluada (≤ 2 000 NMP/100 mL). Estos resultados indican que la presencia de contaminación fecal en el agua del río Apacheta es baja y no representa un riesgo significativo según los estándares de calidad ambiental. No obstante, el incremento registrado en algunas estaciones aguas abajo está asociado a la influencia de actividades antrópicas cercanas, como vertimientos o presencia de asentamientos humanos. La evaluación de este parámetro es fundamental, ya que permite estimar la contaminación biológica y el riesgo sanitario relacionado con el uso del agua.

4.1.3 Comparación de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo: en el vertimiento, aguas arriba del vertimiento y aguas abajo del vertimiento de las tres piscigranjas

En este apartado se compararán los resultados obtenidos en los diferentes puntos de muestreo de las tres piscigranjas evaluadas: El Bagrecito (EFPIS 01: punto de vertimiento, RApach01: aguas arriba, RApach02: aguas abajo), Estación Pesquera Ayacucho (EFPIS 02: punto de vertimiento, RApach03: aguas arriba, RApach04: aguas abajo) y Jatarisum (EFPIS 03: punto de vertimiento, RApach05: aguas arriba, RApach06: aguas abajo). Se analizarán las concentraciones de los nueve parámetros de calidad del agua en los distintos puntos de muestreo, con el objetivo de evaluar su variación y determinar en qué medida los vertimientos de las piscigranjas pueden estar afectando la calidad del agua del río Apacheta. Este análisis es

fundamental para identificar posibles impactos ambientales y proporcionar información clave que contribuya a una mejor gestión del recurso hídrico en la zona.

En la Tabla 9 se presentan los resultados de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en las tres piscigranjas evaluadas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum), considerando los puntos de muestreo ubicados aguas arriba, en el vertimiento y aguas abajo.

Tabla 9

Concentraciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del río Apacheta y efluentes de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)

PARÁMETRO	ENSAYO	UNIDAD	MUESTRAS/RESULTADO								
			El Bagrecito			Estación Pesquera Ayacucho			Jatarisum		
			RApach 01	EFPIS 01	RApach 02	RApach 03	EFPIS 02	RApach 04	RApach 05	EFPIS 03	RApach 06
Físico - químicos	Temperatura	°C	14.48	14.85	14.84	15.56	15.70	15.82	16.10	16.02	16.16
	Sólidos suspendidos totales	mg/L	5	9	21	15	24	20	13	11	11
	Oxígeno disuelto	mg/L	8.6	7.2	8.4	6.5	8.3	8.5	7.4	8.5	6.8
	pH	Unidad	8.63	8.33	8.44	8.39	8.31	8.20	8.35	8.41	8.42
	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6
	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<4.5	5.3	4.7	<4.5	5.1	<4.5	<4.5	4.7	4.6
	Fósforo total	mg/L	0.022	0.074	0.086	0.064	0.068	0.076	0.044	0.048	0.041
	Nitrógeno total	mg/L	0.29	0.54	0.60	0.47	0.61	0.51	0.50	0.47	0.41
Microbiológico	Coliformes termotolerantes	NMP/100 Ml	33	4.5	49	49	49	230	79	130	110

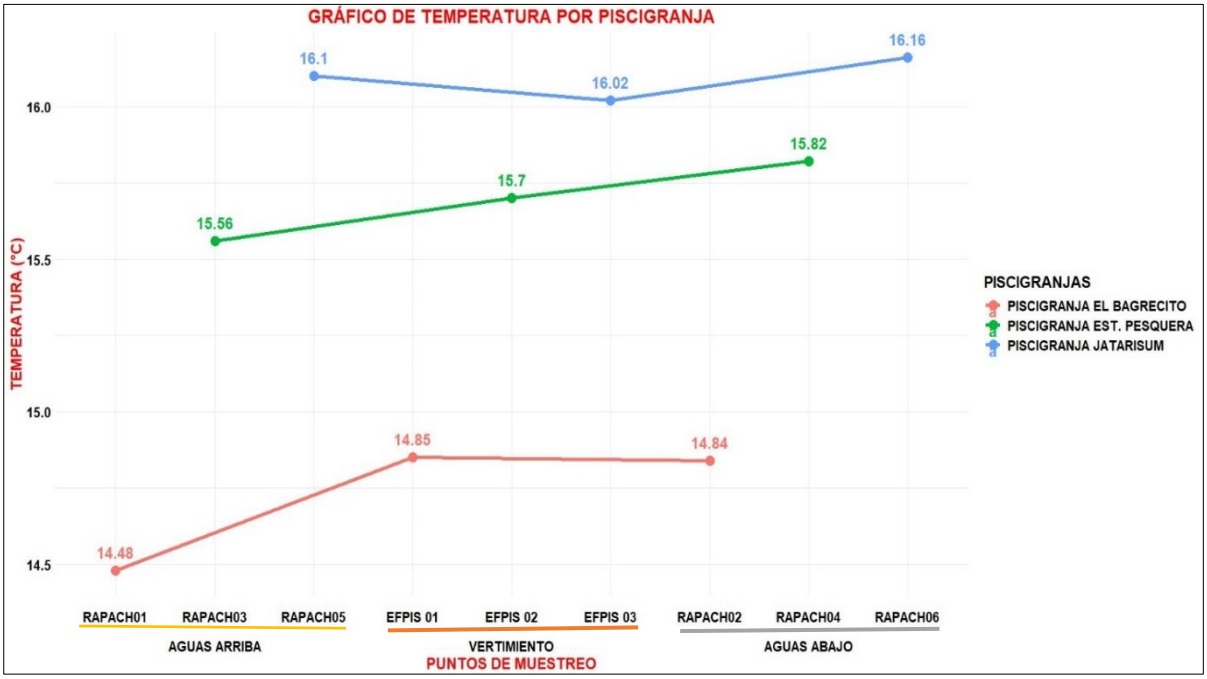
*Nota***:** La tabla presenta los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en nueve estaciones de muestreo: tres efluentes de piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum) y seis puntos en el río Apacheta (aguas arriba y aguas abajo de cada piscigranja). Los valores precedidos por el símbolo "<" indican que la concentración del parámetro está por debajo del límite de detección del método analítico empleado.

En los siguientes gráficos se presenta la comparación de los parámetros de calidad del agua en las tres piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum), considerando los puntos de muestreo ubicados aguas arriba, en el vertimiento y aguas abajo. Esta comparación permite visualizar las variaciones en las concentraciones y evaluar el posible impacto de las piscigranjas en la calidad del agua del río Apacheta.

- **Temperatura**

Figura 10

Comparación de las concentraciones del parámetro de Temperatura de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Temperatura en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

En la comparación de la temperatura del agua entre las tres piscigranjas, se observa que Jatarisum presenta los valores más altos, con un rango de 16.02°C a 16.16°C, seguido de

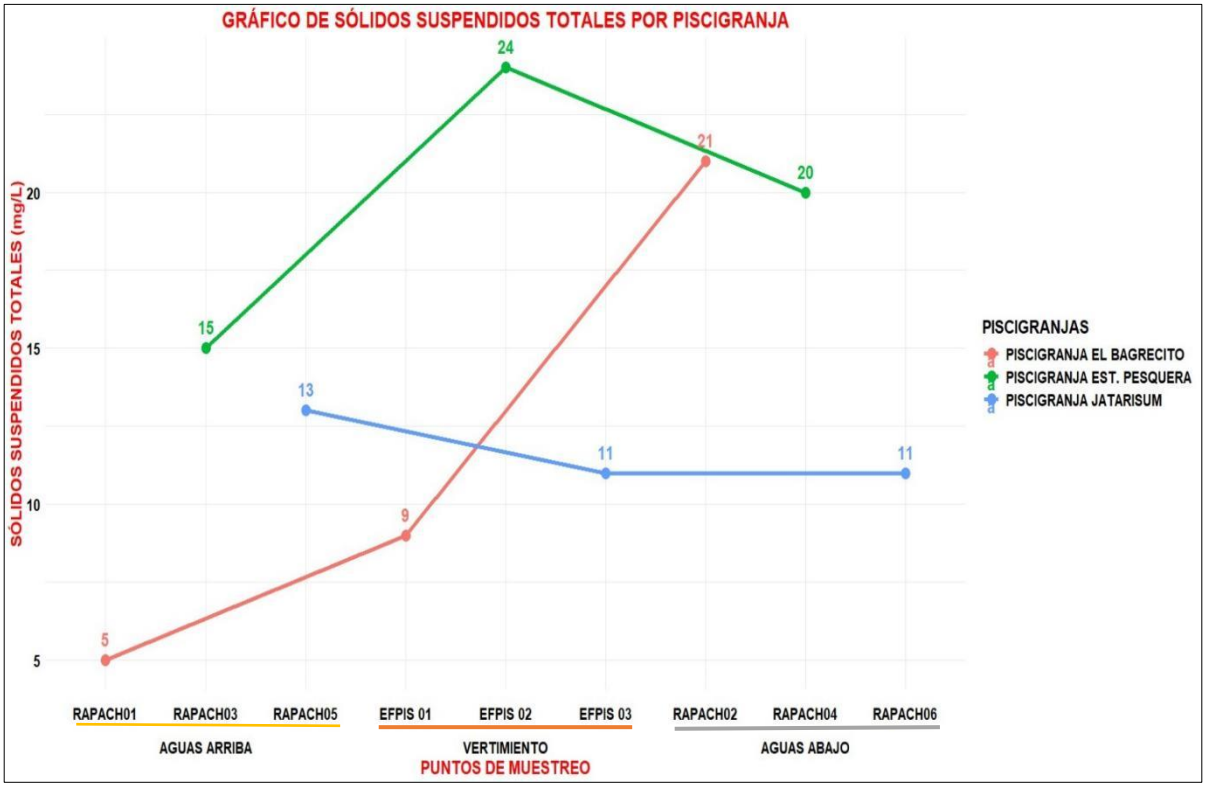
Estación Pesquera Ayacucho, con temperaturas intermedias entre 15.56°C y 15.82°C, mientras que El Bagrecito muestra las temperaturas más bajas, oscilando entre 14.48°C y 14.85°C.

El incremento de la temperatura en Jatarisum esta influenciado por una mayor exposición a la radiación solar, una menor velocidad del agua o cambios en el caudal, lo que favorece su calentamiento. Por otro lado, en Estación Pesquera Ayacucho, cuyos valores son intermedios, está reflejando una combinación de estos factores en menor medida. En contraste, El Bagrecito presenta temperaturas más bajas, posiblemente debido a una mayor circulación del agua o una menor incidencia de radiación en la zona. Estas variaciones en la temperatura pueden afectar la calidad del agua y el equilibrio ecológico del río Apacheta.

- **Sólidos suspendidos totales**

Figura 11

Comparación de las concentraciones del parámetro de Sólidos suspendidos totales de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



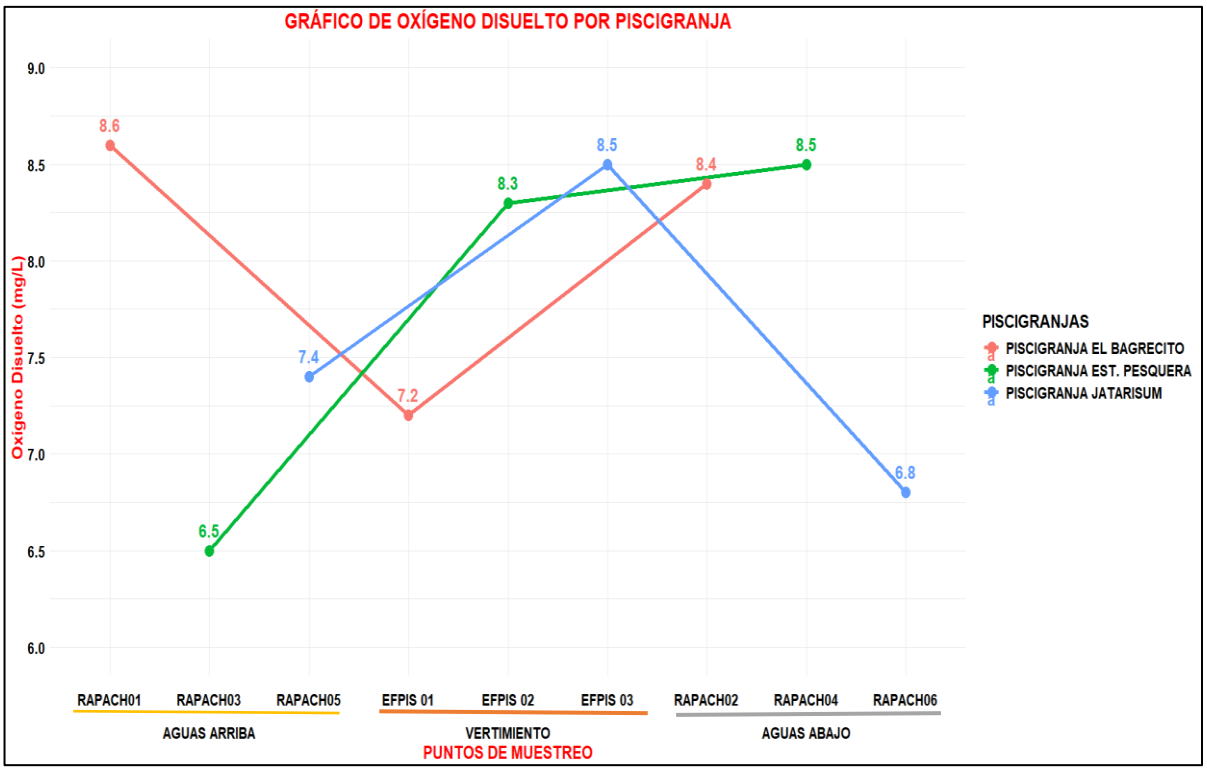
Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

En la comparación de los sólidos suspendidos totales (SST) entre las tres piscigranjas, se observa que Estación Pesquera Ayacucho presenta los valores más altos, con un rango de 15 mg/L a 24 mg/L, seguido de El Bagrecito, con concentraciones intermedias entre 5 mg/L y 21 mg/L, mientras que Jatarisum muestra los valores más bajos, oscilando entre 11 mg/L y 13 mg/L. El incremento de los SST en Estación Pesquera Ayacucho esta influenciado por una mayor carga de sólidos en suspensión generada por la actividad piscícola, así como por una menor velocidad del agua, lo que favorecería su acumulación. Por otro lado, en la piscigranja El Bagrecito, cuyos valores son intermedios, el cual está reflejando una combinación de estos factores en menor medida. En contraste, Jatarisum presenta las concentraciones más bajas, posiblemente debido a una mayor circulación del agua y a una mejor sedimentación de los sólidos en la zona. Estas variaciones en los SST pueden afectar la calidad del agua, influyendo en la transparencia, la penetración de la luz y el equilibrio ecológico del río Apacheta.

- **Oxígeno disuelto**

Figura 12

Comparación de las concentraciones del parámetro de Oxígeno disuelto de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Oxígeno Disuelto en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

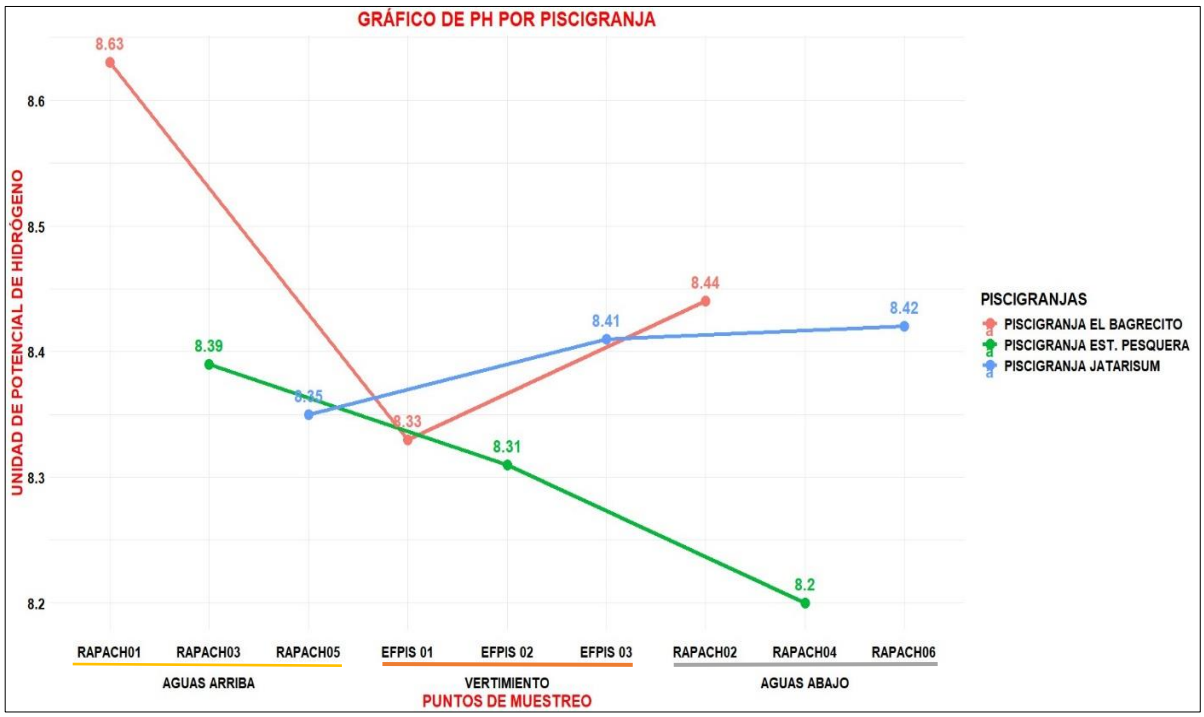
En la comparación de los valores de oxígeno disuelto (OD) entre las tres piscigranjas, se observa que El Bagrecito presenta las concentraciones más altas, con un rango de 7.2 mg/L a 8.6 mg/L, seguido de Estación Pesquera Ayacucho, con valores intermedios entre 6.5 mg/L a 8.5 mg/L, mientras que Jatarisum muestra los valores más bajos, oscilando entre 6.8 mg/L y 8.5 mg/L. El incremento del oxígeno disuelto en la piscigranja el Bagrecito está relacionado con una mayor aireación del agua debido a la turbulencia, así como con condiciones

ambientales favorables que promueven la oxigenación, como una menor carga orgánica y una mayor actividad fotosintética en la zona. En Estación Pesquera Ayacucho, cuyos valores se encuentran en un punto intermedio, es posible que estos factores influyan de manera moderada, generando una concentración de oxígeno disuelto que no alcanza los niveles de la piscigranja el Bagrecito, pero que es superior a los de Jatarisum. En contraste, Jatarisum presenta las concentraciones más bajas, lo que sugiere un mayor consumo de oxígeno debido a la descomposición de materia orgánica o una menor tasa de reoxigenación del agua. Estas diferencias en los niveles de oxígeno disuelto pueden afectar la calidad del agua y la disponibilidad de oxígeno para la fauna acuática del río Apacheta.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Figura 13

Comparación de las concentraciones del parámetro de Potencial de hidrógeno (pH) de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de pH en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite

observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

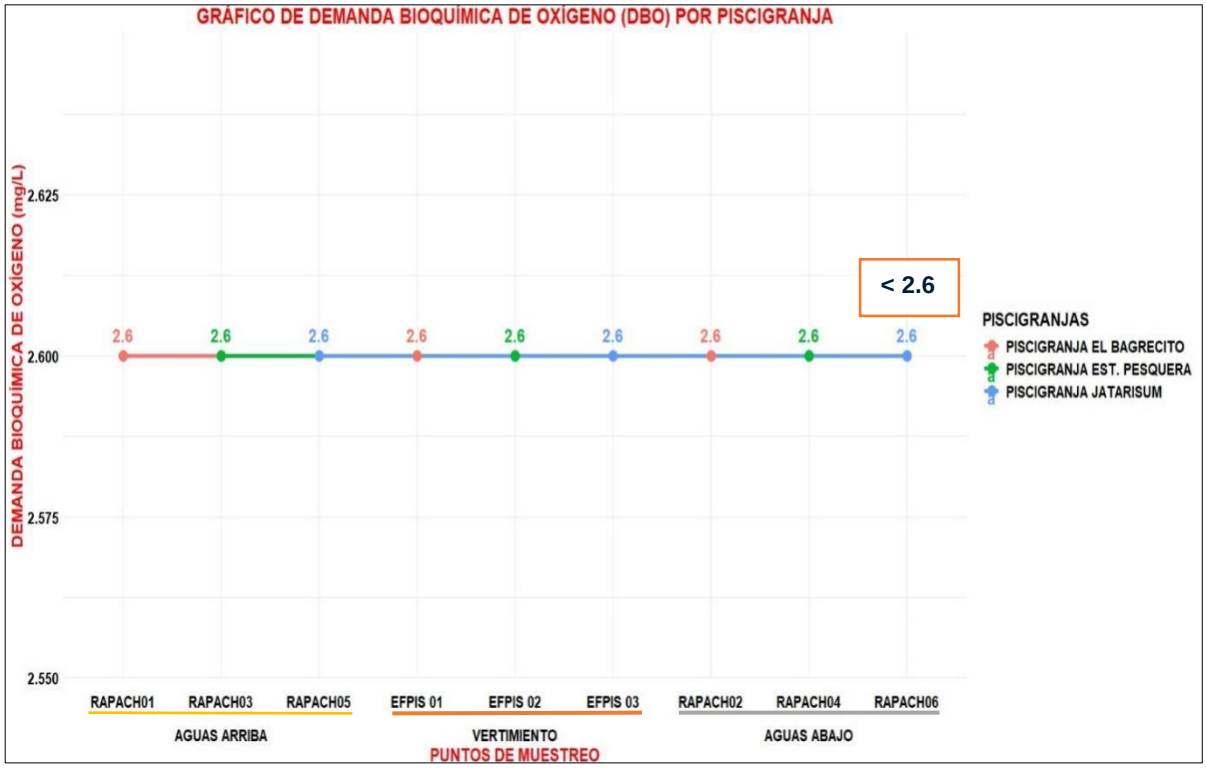
En la comparación de los valores de potencial de hidrógeno (pH) entre las tres piscigranjas, se observa que la piscigranja el Bagrecito presenta los valores más altos, con un rango de 8.63 a 8.44, seguido de Jatarisum, con valores intermedios entre 8.35 y 8.42, mientras que Estación Pesquera Ayacucho muestra los valores más bajos, oscilando entre 8.20 y 8.39.

El pH más alto en la piscigranja el Bagrecito está relacionado con una mayor presencia de algas u otras plantas acuáticas, que al hacer fotosíntesis reducen el dióxido de carbono en el agua y elevan su alcalinidad. En Jatarisum, donde los valores son intermedios, es que hay un equilibrio entre la actividad biológica y la composición del agua. En cambio, en Estación Pesquera Ayacucho, el pH más bajo se debe a la presencia de materia orgánica en descomposición o a otros factores que hacen que el agua sea ligeramente más ácida. Estas diferencias en el pH pueden influir en la calidad del agua y en la vida acuática del río Apacheta.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)**

Figura 14

Comparación de las concentraciones del parámetro de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

En la comparación de los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) entre las tres piscigranjas, se observa que en la piscigranja el Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum, las concentraciones registradas son menores a 2.6 mg/L en todos los puntos de monitoreo, sin diferencias significativas entre ellas.

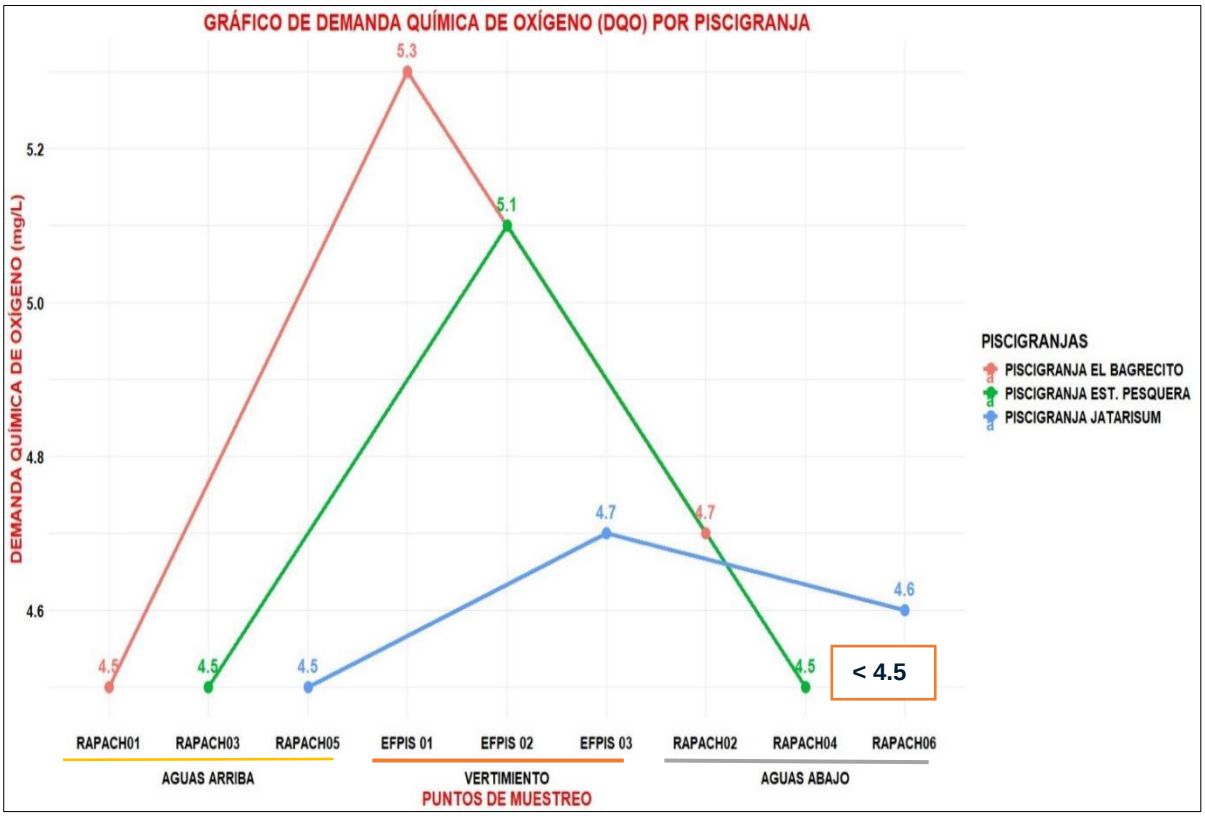
Esto indica que el agua en estas piscigranjas tiene poca materia orgánica en descomposición, lo que sugiere un buen manejo de residuos y una renovación constante del

agua. La baja DBO_5 es una señal positiva, ya que significa que el agua se mantiene limpia y con suficiente oxígeno, favoreciendo así a los organismos acuáticos del río Apacheta.

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

Figura 15

Comparación de las concentraciones del parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Demanda Química de Oxígeno en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

Al comparar los valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las tres piscigranjas, se observa que la piscigranja el Bagrecito presenta las concentraciones más altas, con valores entre <4.5 y 5.3 mg/L, seguida de Estación Pesquera Ayacucho, con valores

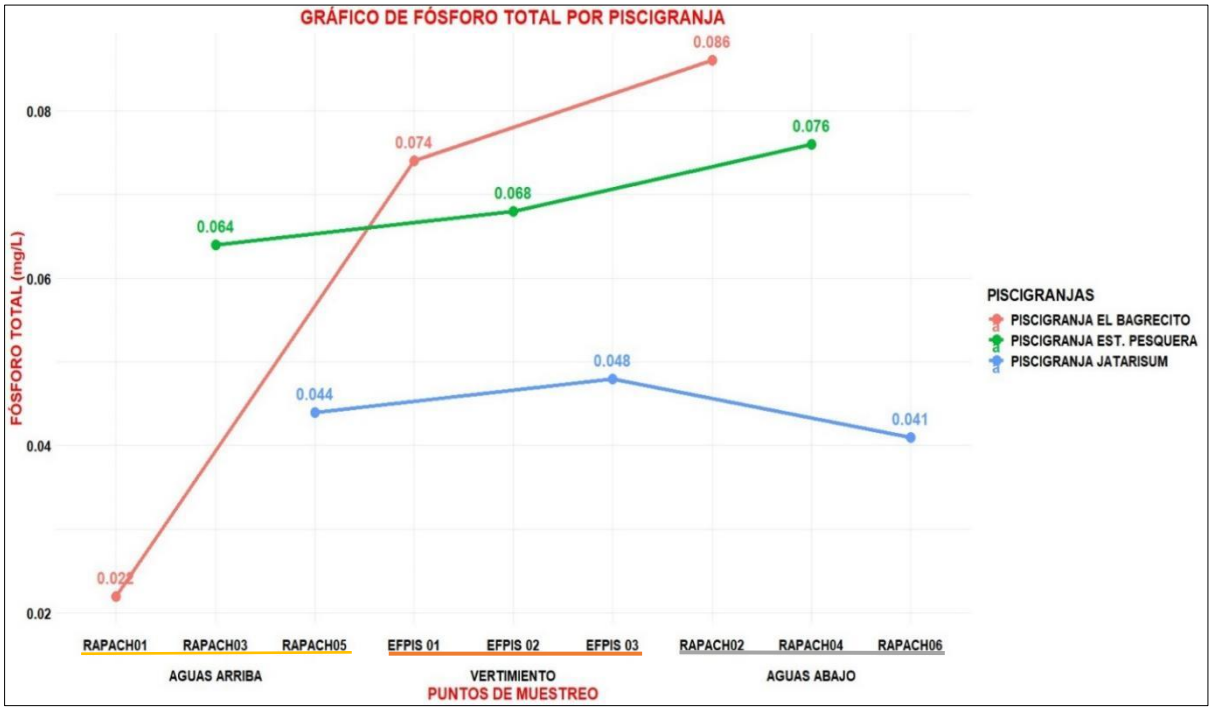
intermedios entre <4.5 y 5.1 mg/L, mientras que Jatarisum muestra los valores más bajos, oscilando entre <4.5 y 4.7 mg/L.

El mayor nivel de DQO en la piscigranja el Bagrecito está relacionado con una mayor presencia de materia orgánica o compuestos químicos en el agua, lo que indicaría una ligera carga contaminante. En Estación Pesquera Ayacucho, donde los valores son intermedios, es posible que haya una combinación de estos factores en menor proporción. En cambio, en Jatarisum, donde se registran los valores más bajos, es probable que el agua tenga un menor contenido de sustancias que consumen oxígeno, lo que sugiere una mejor calidad en términos de materia orgánica y compuestos oxidables. Estas diferencias pueden influir en la disponibilidad de oxígeno y en la estabilidad del ecosistema acuático del río Apacheta.

- **Fósforo total**

Figura 16

Comparación de las concentraciones del parámetro de Fósforo total de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Fósforo Total en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición

permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

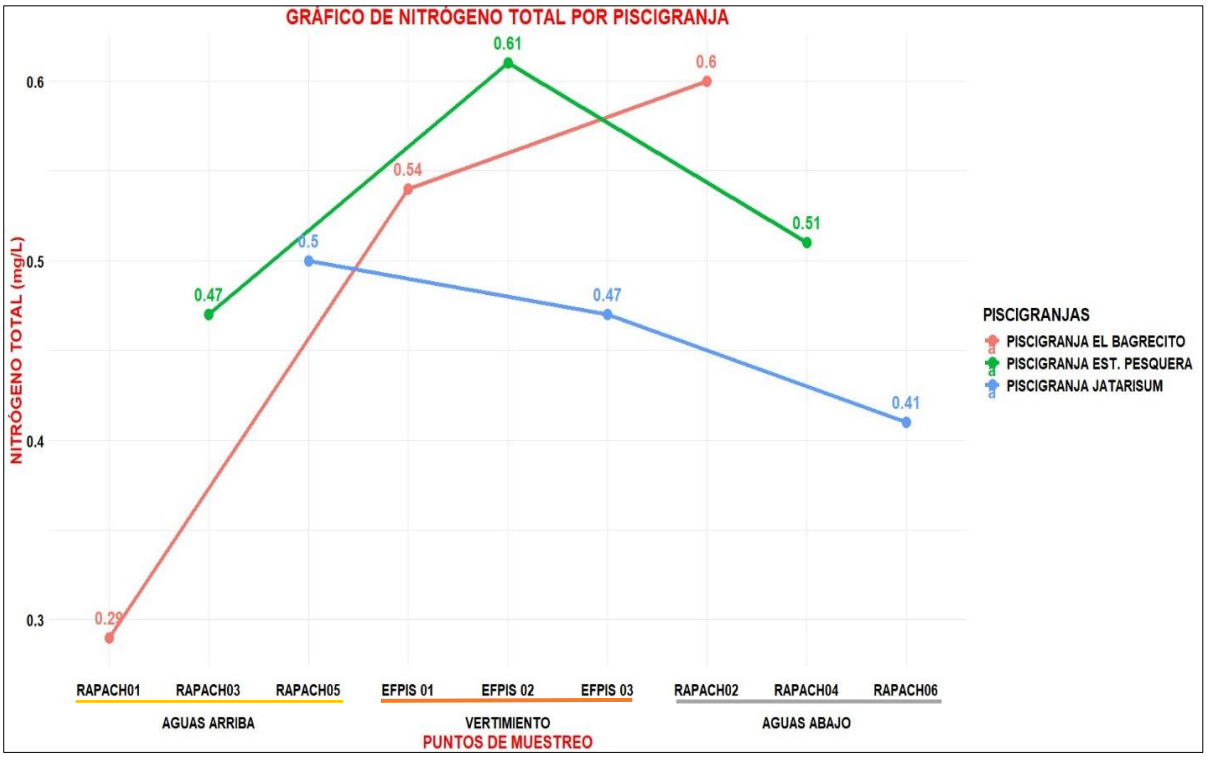
Al comparar los valores de Fósforo Total en las tres piscigranjas, se observa que la piscigranja el Bagrecito presenta las concentraciones más altas, con valores entre 0.022 y 0.086 mg/L, seguida de Estación Pesquera Ayacucho, con valores intermedios entre 0.064 y 0.076 mg/L, mientras que Jatarisum muestra los valores más bajos, oscilando entre 0.041 y 0.048 mg/L.

El mayor nivel de fósforo en la piscigranja el Bagrecito está relacionado con una mayor carga de nutrientes provenientes de la alimentación de los peces o de materia orgánica en descomposición, lo que podría favorecer el crecimiento de algas y afectar la calidad del agua. En Estación Pesquera Ayacucho, donde los valores son intermedios, es posible que haya una moderada acumulación de fósforo debido a procesos biológicos y a la dinámica del agua en la piscigranja. En cambio, en Jatarisum, donde se registran los valores más bajos, es probable que el sistema tenga una menor carga de nutrientes, lo que sugiere un menor impacto en la eutrofización del ecosistema acuático del río Apacheta.

- **Nitrógeno total**

Figura 17

Comparación de las concentraciones del parámetro de Nitrógeno total de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Nitrógeno Total en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

Al comparar los valores de Nitrógeno Total en las tres piscigranjas, se observa que Estación Pesquera Ayacucho presenta las concentraciones más altas, con valores entre 0.47 y 0.61 mg/L, seguida de El Bagrecito, con valores intermedios entre 0.29 y 0.60 mg/L, mientras que Jatarisum muestra los valores más bajos, oscilando entre 0.41 y 0.50 mg/L.

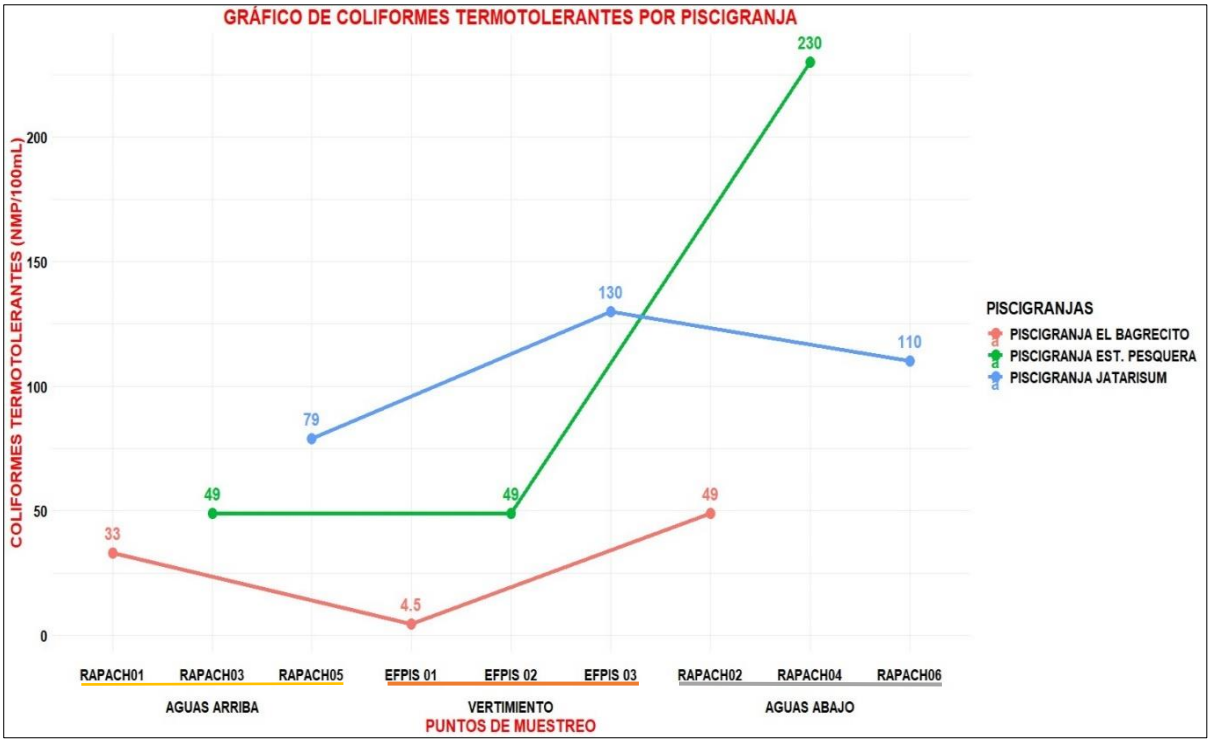
El mayor nivel de nitrógeno en Estación Pesquera Ayacucho está relacionado con el aporte de residuos orgánicos provenientes de la alimentación de los peces y su excreción, lo

que puede favorecer el crecimiento de algas y bacterias en el agua. En la piscigranja el Bagrecito, donde los valores son intermedios, es posible que haya una moderada acumulación de nitrógeno debido a procesos biológicos y a la dinámica del agua en la piscigranja. En cambio, en Jatarisum, donde se registran los valores más bajos, es probable que el sistema tenga una menor carga de nutrientes, lo que sugiere un menor riesgo de eutrofización en el ecosistema acuático del río Apacheta.

- **Coliformes termotolerantes**

Figura 18

Comparación de las concentraciones del parámetro de Coliformes termotolerantes de las 3 piscigranjas (El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum)



Nota: La figura ilustra una comparación de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes en tres piscigranjas: El Bagrecito, Estación Pesquera Ayacucho y Jatarisum. Para cada piscigranja, se incluyen mediciones en tres puntos: aguas arriba, efluente y aguas abajo. Esta disposición permite observar las variaciones en la calidad del agua asociadas a las actividades de cada piscigranja y su influencia en el cuerpo de agua receptor.

Al comparar los valores de Coliformes Termotolerantes en las tres piscigranjas, se observa que la piscigranja Estación Pesquera Ayacucho presenta las concentraciones más altas, con valores entre 49 y 230 NMP/100 mL, seguida de Jatarisum, con valores intermedios entre 79 y 130 NMP/100 mL, mientras que El Bagrecito muestra los valores más bajos, oscilando entre 4.5 y 49 NMP/100 mL.

El mayor nivel de coliformes se encuentra en la piscigranja Estación Pesquera Ayacucho el cual está relacionado con una mayor acumulación de materia orgánica y contaminación fecal en el agua, lo que indica deficiencias en el manejo de residuos y aguas residuales en la piscigranja. En Jatarisum, donde los valores son intermedios, es posible que haya una moderada presencia de contaminantes biológicos debido a la dinámica del agua y las condiciones del entorno. En cambio, en El Bagrecito, donde se registran los valores más bajos, la menor presencia de coliformes sugiere un menor nivel de contaminación fecal, lo que indica una mejor calidad microbiológica del agua en este sector del río Apacheta.

4.1.4 Análisis inferencial

4.1.4.1 Prueba de normalidad de los datos - Shapiro-Wilk

Tabla 9
Prueba de normalidad de Shapiro–Wilk para parámetros de calidad de agua de los puntos muestreados.

Pruebas de normalidad				
	Puntito	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura	Aguas arriba	.964	3	.637
	Aguas abajo	.927	3	.479
	Vertimiento	.936	3	.511
Sólidos suspendidos totales	Aguas arriba	.893	3	.363
	Aguas abajo	.824	3	.174
	Vertimiento	.848	3	.235
Oxígeno disuelto	Aguas arriba	.993	3	.843
	Aguas abajo	.794	3	.100

pH	Vertimiento	.862	3	.274
	Aguas arriba	.855	3	.253
	Aguas abajo	.812	3	.144
Demanda bioquímica de oxígeno	Vertimiento	.893	3	.363
	Aguas arriba	.564	3	.321
	Aguas abajo	.743	3	.234
Demanda Química de Oxígeno	Vertimiento	.544	3	.453
	Aguas arriba	.325	3	.433
	Aguas abajo	1.000	3	1.000
Fósforo total	Vertimiento	.964	3	.637
	Aguas arriba	.999	3	.948
	Aguas abajo	.907	3	.407
Nitrógeno total	Vertimiento	.912	3	.424
	Aguas arriba	.960	3	.614
	Aguas abajo	.999	3	.942
Coliformes termotolerantes	Vertimiento	.750	3	<.001
	Aguas arriba	.970	3	.668
	Aguas abajo	.966	3	.645
	Vertimiento	.785	3	.080

Nota: H_0 = distribución normal. Si $p > 0.05$, se asume normalidad.

En esta investigación se realizó una prueba de normalidad utilizando el test de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de los datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los puntos de monitoreo de "aguas arriba", "aguas abajo" y "vertimiento". Los resultados indicaron que todos los parámetros analizados, como temperatura, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), fósforo total, nitrógeno total y coliformes termotolerantes, tuvieron valores p mayores a 0.05 en los tres puntos de monitoreo, lo que sugiere que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se concluye que los datos son adecuados para ser analizados mediante pruebas paramétricas.

4.1.4.2 Análisis de Varianza - ANOVA

Tabla 10
Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para parámetros de calidad de agua de los puntos muestreados

Parámetro	F	gl (entre, dentro)	Sig. (p)	Diferencia significativa
Temperatura	0.078	(2, 6)	0.926	No
Sólidos suspendidos totales	0.730	(2, 6)	0.520	No
Oxígeno disuelto	0.251	(2, 6)	0.786	No
pH	0.762	(2, 6)	0.507	No
Demanda bioquímica de oxígeno	0.432	(2, 6)	0.232	No
Demanda química de oxígeno	7.000	(2, 6)	0.127	No
Fósforo total	1.280	(2, 6)	0.344	No
Nitrógeno total	0.124	(2, 6)	0.885	No
Coliformes termotolerantes	1.224	(2, 6)	0.358	No

Nota: gl = grados de libertad; p = nivel de significancia; SST = sólidos suspendidos totales; DBO_5 = demanda bioquímica de oxígeno; DQO = demanda química de oxígeno.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado en esta investigación permitió evaluar si existían diferencias significativas entre los tres puntos de monitoreo (aguas arriba, aguas abajo y vertimiento) para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados. Los resultados obtenidos indicaron que no existen diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los parámetros, ya que los valores p fueron todos superiores a 0.05. Específicamente, los valores p para temperatura (0.926), sólidos suspendidos totales (0.520), oxígeno disuelto (0.786), pH (0.507), demanda bioquímica de oxígeno (0.232), fósforo total (0.344) y coliformes termotolerantes (0.358) sugieren que las concentraciones de estos parámetros no varían significativamente entre los puntos de monitoreo de aguas arriba, aguas abajo y vertimiento. Sin embargo, el valor p de la demanda química de oxígeno (0.127), aunque también mayor a 0.05, mostró una ligera tendencia hacia diferencias entre los puntos de monitoreo, aunque no

fue estadísticamente significativa. En conjunto, estos resultados sugieren que las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados son similares en los tres puntos de monitoreo, lo que indica una homogeneidad en la calidad del agua en estos sitios de la cuenca. Esto permite concluir que, en general, no se observan variaciones significativas en los parámetros estudiados a lo largo del tramo analizado.

4.2 Discusión

4.2.1 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta

Los estudios internacionales revisados han demostrado que los vertimientos de efluentes provenientes de piscigranjas de trucha pueden influir en la calidad del agua de los cuerpos receptores. Mavraganis et al. (2021) concluyeron que, si bien en Grecia los valores de nutrientes en los efluentes de piscigranjas se mantuvieron por debajo de los límites normativos, existieron tendencias estacionales en la variación de los parámetros. Asimismo, Varol & Balci (2020) determinaron un incremento significativo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el fósforo reactivo soluble (SRP) y el amonio (NH4-N) en las descargas de las piscigranjas en Turquía. Estos hallazgos sugieren que la operación de piscigranjas puede modificar las condiciones fisicoquímicas del agua en los puntos de descarga, lo cual es relevante para la evaluación de los efluentes en el río Apacheta. A nivel nacional, Escobar-Mamani et al. (2023) identificaron que las piscigranjas en la Bahía de Puno, Lago Titicaca, generan condiciones fisicoquímicas con valores de pH y Oxígeno Disuelto dentro de los límites permisibles, aunque el arsénico en sedimentos superó los límites normativos. De manera similar, Ocola (2021) encontró que, si bien la calidad del agua en zonas de crianza intensiva de trucha en el Lago

Titicaca cumplió con los límites normativos, el Fósforo Total excedió los valores establecidos, lo que podría generar impactos ambientales en el tiempo.

Por el contrario, en el presente estudio se identificó que los parámetros evaluados se encuentran en concentraciones moderadas, con excepción de los Coliformes Termotolerantes, los cuales presentaron un leve incremento en el punto EFPIS 03, alcanzando una concentración de 130 NMP/100 mL.

4.2.2 Determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha

El monitoreo de la calidad del agua antes y después del vertimiento de efluentes es esencial para determinar los impactos ambientales de las piscigranjas. Preston & Lamb (2021) evidenciaron que las piscigranjas en Ecuador incrementaron los niveles totales de nitrógeno y fósforo disueltos aguas abajo de las instalaciones, afectando así la calidad del agua. Stojanović *et al.* (2019) realizaron un estudio en Serbia donde demostraron que las piscigranjas incrementaban la materia orgánica particulada, los niveles de amonio (NH4+), fósforo total y redujeron el oxígeno disuelto en arroyos receptores, especialmente en puntos más cercanos a los vertimientos. Skoronski *et al*. (2018) en Brasil determinaron que la calidad del agua no se vio significativamente afectada por el funcionamiento de una piscigranja de trucha a pequeña escala, lo que indica que los impactos pueden variar según la magnitud de la producción y las características del ecosistema receptor. En el contexto nacional, Escobar-Mamani *et al*. (2023) resaltaron que la calidad fisicoquímica del agua en zonas de cultivo de trucha en el Lago Titicaca se mantuvo dentro de los límites normativos, pero con potenciales riesgos por la acumulación de metales pesados en sedimentos. Ocola (2021) y Choque (2021) reportaron que la calidad del agua en zonas de piscigranjas en Pomata-Puno presentaba variaciones en ciertos

parámetros fisicoquímicos, como el incremento del fósforo total y la presencia de coliformes termotolerantes, lo que podría afectar la calidad del agua aguas abajo.

En el presente estudio, todos los parámetros evaluados cumplieron con la normativa peruana, excepto el pH en el punto RApach 01, donde se registró una concentración de 8.63, superando ligeramente el límite establecido en el ECA-Agua.

4.2.3 Comparación de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo: en el vertimiento, aguas arriba del vertimiento y aguas abajo del vertimiento de las tres piscigranjas

La comparación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en diferentes puntos de muestreo permite evaluar la magnitud del impacto de las piscigranjas en el río Apacheta. Preston & Lamb (2021) reportaron que las piscigranjas en Ecuador causaron un aumento del 30% en el nitrógeno total y del 39% en el fósforo disuelto total aguas abajo, lo que evidencia una afectación en la calidad del agua. Stojanović et al. (2019) destacaron que los valores de oxígeno disuelto disminuyeron significativamente aguas abajo de las piscigranjas en Serbia, mientras que parámetros como el amonio y el fósforo total mostraron incrementos notables. En el contexto peruano, Escobar-Mamani et al. (2023) encontraron que, aunque la calidad del agua en el Lago Titicaca cumplió con los estándares normativos, las tendencias de concentración de metales pesados y nutrientes sugieren la necesidad de regulaciones más estrictas para prevenir contaminación a largo plazo. Ocola (2021) identificó que el fósforo total presentó concentraciones más elevadas en zonas de piscigranjas en comparación con el punto de control. De manera similar, Choque (2021) reportó diferencias significativas en la calidad del agua en zonas de crianza de trucha en jaulas flotantes, especialmente en el incremento de coliformes termotolerantes y nutrientes.

Además, el estudio muestra que las concentraciones de algunos parámetros en los puntos de muestreo situadas aguas abajo de los vertimientos de las piscigranjas presentaron, en general, ligeros incrementos, como los sólidos suspendidos totales, fósforo y nitrógeno total, en comparación a los hallazgos obtenidos en los puntos de muestreo situadas aguas arriba. No obstante, se registraron disminuciones en otros, como el oxígeno disuelto, lo que sugiere una influencia moderada de los vertimientos sobre la calidad del agua. Aunque la actividad piscícola en el río Apacheta no genera impactos críticos en la actualidad, los resultados evidencian la necesidad de establecer un control más estricto sobre la descarga de nutrientes y promover estrategias de manejo sostenible que contribuyan a la conservación de los ecosistemas acuáticos andinos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Los vertimientos de efluentes de las tres piscigranjas evaluadas en el río Apacheta presentan variaciones en su calidad. La Temperatura osciló entre 14.85 °C y 16.02 °C, mientras que los sólidos Totales en Suspensión alcanzaron hasta 24 mg/L, reflejando diferencias en la carga de material particulado. El oxígeno disuelto presentó valores entre 6.5 y 8.6 mg/L, indicando buenas condiciones de oxigenación; las variaciones observadas evidencian un ligero consumo de oxígeno en algunos puntos y una adecuada capacidad de recuperación del cuerpo de agua, sin efectos significativos por los efluentes de las piscigranjas. El pH varió entre 8.31 y 8.41, dentro de un rango ligeramente alcalino. La Demanda Bioquímica de Oxígeno fue inferior a <2.6 mg/L y la Demanda Química de Oxígeno fluctuó entre 4.7 y 5.3 mg/L, sugiriendo una baja carga orgánica biodegradable. Los nutrientes, como el Fósforo Total (0.048-0.074 mg/L) y el Nitrógeno Total (0.47-0.61 mg/L), evidencian la posible contribución de los efluentes a la eutrofización. La presencia de Coliformes Termotolerantes mostró una variabilidad significativa, con valores de 4.5 NMP/100 mL en la piscigranja con menor impacto y hasta 130 NMP/100 mL en la de mayor contaminación microbiológica. Estas diferencias resaltan la importancia de implementar medidas de control y tratamiento de los efluentes para minimizar su impacto en la calidad del agua del río Apacheta.
- La mayoría de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos por los ECA-Agua para la Categoría 3, Subcategoría D1, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, lo que indica que el agua del río Apacheta es, en general, apta para riego restringido de vegetales y bebida de animales. No obstante, se identificó una ligera superación del valor de pH en la estación RApach01 (8.63), evidenciando una mayor alcalinidad en esa zona. Esta situación podría estar asociada a

condiciones naturales o actividades antrópicas cercanas. Aunque el exceso es leve, se recomienda un monitoreo continuo para prevenir alteraciones que afecten la calidad del agua y su uso agrícola.

- Del análisis comparativo de los parámetros de calidad del agua entre las zonas aguas arriba, aguas abajo y en el vertimiento de las piscigranjas, se evidencian fluctuaciones en las concentraciones de los indicadores evaluados; sin embargo, en la mayoría de los casos, estas variaciones son mínimas. Las únicas excepciones destacables corresponden al parámetro de coliformes termotolerantes, cuya mayor concentración se registró en la estación RApach04 con 230 NMP/100 mL, y al pH en la estación RApach01, donde se alcanzó un valor de 8.63, ligeramente por encima del límite superior establecido en los ECA-Agua. A pesar de estos casos puntuales, los resultados en su conjunto indican que la crianza de truchas en piscigranjas genera un bajo impacto sobre la calidad del agua del río Apacheta. No se evidencian alteraciones significativas en la mayoría de los parámetros evaluados, lo que sugiere que, hasta el momento, las piscigranjas están operando dentro de un margen que no compromete gravemente la integridad del ecosistema acuático. No obstante, se recomienda mantener un monitoreo periódico para detectar a tiempo cualquier posible deterioro de la calidad del agua, especialmente en zonas sensibles a influencias antrópicas.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Las Municipalidades y el Gobierno Regional de Ayacucho debe fortalecer la fiscalización y promover tecnologías sostenibles, incentivando el tratamiento adecuado de efluentes piscícolas.
- El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) debe realizar auditorías ambientales periódicas en piscigranjas y aplicar sanciones efectivas ante incumplimientos.
- La Autoridad Nacional del Agua (ANA) debe regular el otorgamiento de licencias de uso de agua, considerando la capacidad de carga del río Apacheta y promoviendo su conservación.
- El Ministerio del Ambiente (MINAM) debe desarrollar estrategias de gestión de cuencas para minimizar la contaminación de cuerpos de agua por actividades acuícolas.
- El Ministerio de la Producción (PRODUCE) debe fomentar la acuicultura sostenible mediante financiamiento y capacitación en tecnologías de recirculación y biofiltración.
- La población y los piscicultores deben implementar buenas prácticas ambientales en la cuenca del río Apacheta, promoviendo el manejo adecuado de residuos, el uso eficiente del agua en las piscigranjas y la conservación del entorno natural, con el fin de asegurar la sostenibilidad de las actividades productivas y obtener beneficios ecosistémicos a largo plazo.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua Ica-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. https://hdl.handle.net/20.500.12543/2440

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2018b). Resolución de Jefatura N° 056-2018-ANA. https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/537986-r-j-056-2018-ana

Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica*. Editorial Episteme.

Bare, W. F. R., Struhs, E., Mirkouei, A., Overturf, K., & Small, B. (2023). Engineered Biomaterials for Reducing Phosphorus and Nitrogen Levels from Downstream Water of Aquaculture Facilities. *Processes* 11*(4),* 1029. https://doi.org/10.3390/pr11041029Bilotta G.S.,

Brazier R.E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, 42 *(12),* 2849-2861. https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018

Byrne, R.J. (2012). Design and operation of dairy effluent treatment plants. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 619-630. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00477-5

Boaventura, R., Pedro, A., Coimbra, J., y Lencastre, E. (1997). Trout farm effluents: Characterization and impact on the receiving streams. *Environmental pollution,* 95 *(3),* 379-87. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(96)00117-0

Calcetero, A. A. (2022). *Efecto de tres cultivos comerciales de trucha arco iris, Oncorhynchus mykiss, sobre la calidad del agua del río Siecha, en Guasca, Cundinamarca* [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Archivo digital. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/43399/2022AdrianaCalcetero.pdf?sequence=7

Camargo, J. A. (2019). Positive responses of benthic macroinvertebrates to spatial and temporal reductions in water pollution downstream from a trout farm outlet. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems,* 16, 16. doi:10.1051/kmae/2019010

Caramel, B., Moraes, M., Carmo, C., Vaz-dos-Santos, A., Tabata, Y., Osti, J., Ishikawa, C., Cerqueira, M., & Mercante, C. (2014). Water Quality Assessment of a Trout Farming Effluent, Bocaina, Brazil. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 909-915. https://doi.org/10.4236/JWARP.2014.610086.

Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del rio Suchez*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. Archivo digital. http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275564

Castellanos, A. (2019). *Evaluación del impacto ambiental generado en el río Chiapuquio, por el centro piscícola El Ingenio departamento de Junín el año 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Archivo digital. https://hdl.handle.net/20.500.12990/8314

Castellón Garay, R. D. (2013). *Evaluación rápida de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos durante la temporada lluviosa en la microcuenca "El Chimbo"* [Trabajo de investigación, Universidad Nacional Autónoma de Honduras].

Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2nd ed.). Chapman and Hall Ltd. https://doi.org/10.4324/noe0419216001

Choque, G. Y. (2021). *Determinación de parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro), 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada San Carlos]. Archivo digital. http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC%20S.A.C./342/Gladys_Yesica_CHOQUE_VARGAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De la Cruz, F. (2022). *Metales pesados en el agua y trucha de las piscigranjas ubicadas en el Río Apacheta, Vinchos, Huamanga, Ayacucho* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Archivo digital. https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7236/TDr.MADS00044D37.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Escobar, F. (2019). *Determinación de parámetros físico-químicos y niveles de metales pesados en agua y sedimentos en la zona de crianza de truchas (Oncorhynchus mykiss), bahía de Puno del lago Titicaca* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Altiplano. Archivo digital. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/10379

Escobar-Mamani, F., Moreno-Terrazas, E., Mamani, H., & Pérez, G. (2023). Physicochemical characterization and presence of heavy metals in the trout farming area of Lake Titicaca, Peru. *SAINS TANAH - Journal of Soil Science and Agroclimatology,* 20 *(2),* 140-149. https://doi.org/10.20961/stjssa.v20i2.62357

Fernandez, A., Garibay, M.V., Senes-Guerrero, C., Orozco-Nunnelly, D.A., de Anda J., Gradilla-Hernandez M.S. (2022). A review of the sustainability of anaerobic reactors combined with constructed wetlands for decentralized wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 371. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133428

Filipski, M., & Belton, B. (2018). Give a Man a Fishpond: Modeling the Impacts of Aquaculture in the Rural Economy. *World Development*, 110, 205–223. doi:10.1016/j.worlddev.2018.05.023

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [FONDEPES]. (2014.) Manual de Trucha en Ambientes Convencionales. https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/Manual-de-Crianza-de-Trucha-en-Ambientes-Convencionales.pdf

Gallardo, E. E. (2017). Metodología de la Investigación: manual autoformativo interactivo. Repositorio Institucional de la Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf

Garcia-Armisen T., Prats J., Servais P. (2007). Comparison of culturable fecal coliforms and *Escherichia coli* enumeration in freshwaters. *Can J Microbiol*. 53*(6)*, 798–801. https://doi.org/10.1139/W07-033

Gutierrez, J. P. y Toribio, O. L. (2024). *Identificación y análisis de los impactos ambientales por la producción de la trucha arcoíris en las jaulas flotantes en la laguna Purún, Pasco – 2022.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel

Alcides Carrión]. Archivo digital. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3941/1/T026_73247322_T.pdf

Hamilton W. P., Kim M. K., & Thackston, E. L. (2005). Comparison of commercially available *Escherichia coli* enumeration tests: implications for attaining water quality standards. *Water Res*, 39*(20),* 4869 – 4878. https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.02.006

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez_R_2014_Metodologia_de_la_Investigacion.

Hilario, M. y Mamani, L. (2021). Variación del índice de calidad de agua aplicando ICA-PE, del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, Provincia de Huancavelica durante el periodo 2015 – 2018. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Archivo digital. http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3465

Kjelland, M.E., Woodley, C.M., Swannack, T.M. & Smith, D. L. (2015). A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environ Syst Decis* 35, 334–350. https://doi.org/10.1007/s10669-015-9557-2

Leclerc H., Mossel D.A.A., Edberg S.C., & Struijk C.B. (2001). Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annu Rev Microbiol*, 55, 201–234. https://doi.org/10.1146/annurev.micro.55.1.201

Li, B., Jia, R., Hou, Y., & Zhu, J. (2022). Treating performance of a commercial-scale constructed wetland system for aquaculture effluents from intensive inland Micropterus salmoides farm. 9. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1000703

Li, D., & Liu, S. (2019). Water Quality Detection for Lakes. *Water Quality Monitoring and Management,* 221–231. doi:10.1016/b978-0-12-811330-1.00008-9

Mavraganis, T., Tsoumani, M., Kolygas, M., Chatziefstathiou, M., & Nathanailides, C. (2021). Using seasonal variability of water quality parameters to assess the risk of aquatic pollution from rainbow trout fish farms in Greece. *International Journal of*

Energy and Water Resources, 5, 379 - 389. https://doi.org/10.1007/s42108-021-00141-5

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. *Italia: McGraw-Hill.*

Minaya, R (2017). *Parámetros físicos, quimicos, microbiológicos para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Archivo digital. http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4690

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2022). Manual para una acuicultura sostenible cultivo de trucha. https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2022/09/Manual-de-Trucha-1.pdf

Neofitou, N., Papadimitriou, K., Domenikiotis, C., Tziantziou, L., & Panagiotaki, P. (2019). GIS in environmental monitoring and assessment of fish farming impacts on nutrients of Pagasitikos Gulf, Eastern Mediterranean. *Aquaculture*, 501, 62–75. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.11.005

Ocola, D. B. (2021). *Evaluación de las características físico químicas del agua y la composición del sustrato en zonas de crianza intensiva de trucha (Oncorhynchus mykiss) en el Lago Titicaca, Pomata-Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur]. Archivo digital. https://hdl.handle.net/20.500.12805/2052

Penn, M. R., Pauer, J. J., y Mihelcic, J. R. (2009). Biochemical oxygen demand. *Enviromental and ecological chemistry.* 2, 01 – 08. https://kh.aquaenergyexpo.com/wp-content/uploads/2022/11/BIOCHEMICAL-OXYGEN-DEMAND.pdf

Pound, C. E., & Crites, R. W. (1973). *Wastewater Treatment and Reuse by Land Application: without special title*. Estados Unidos: Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency.

Preston, D., & Lamb, R. (2021). Effects of trout aquaculture on water chemistry of tropical montane streams in Ecuador. *River Research and Applications*, 37, 1562 - 1566. https://doi.org/10.1002/rra.3860

Red Nacional de Información Acuícola [RNIA]. (2024, 6 de junio). Dirección General de Acuicultura de PRODUCE promueve y fomenta el desarrollo de la acuicultura con talleres técnicos dirigidos a piscicultores del distrito de Vinchos – Huamanga en Ayacucho. https://rnia.produce.gob.pe/direccion-general-de-acuicultura-de-produce-promueve-y-fomenta-el-desarrollo-de-la-acuicultura-con-talleres-tecnicos-dirigidos-a-piscicultores-del-distrito-de-vinchos-huamanga-en-ayacucho/

Samboni, N. E., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&tlng=es

Sánchez, O. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. https://www.google.com.pe/books/edition/Perspectivas_sobre_conservaci%C3%B3n_de_ecos/uWlrkIx-r3oC?hl=es&gbpv=0

Saviolo, J. A., do Carmo, C. F., Silva, M. A., Duarte, M. T., Peixoto, A. C., Vaz-dos-Santos, A. M., & Mercante, C. T. J. (2020). Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by Eichhornia crassipes. *Aquaculture Reports*, 17, 100324. doi:10.1016/j.aqrep.2020.100324

Shammaa, Y., & Zhu, D. Z. (2001). Techniques for Controlling Total Suspended Solids in Stormwater Runoff . *Canadian Water Resources Journal / Revue Canadienne Des Ressources Hydriques*, 26*(3),* 359–375. https://doi.org/10.4296/cwrj2603359

Sierra Ramírez, C. A. (2021*). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Colombia: Ediciones de la U. https://www.google.com.pe/books/edition/Calidad_del_agua/2fAYEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales

Skoronski, E., Gonçalves, A., Melim, E., De Aguiar, A., Libardo, K., Fritzke, W., & Fabregat, T. (2018). Evaluation of small-scale trout farming impact on water quality in Santa Catarina State, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research,* 46*(5),* 981-988. doi:http://dx.doi.org/10.3856/vol46-issue5-fulltext-11

Stojanović, K., Zivic, M., Dulić, Z., Markovic, Z., Krizmanić, J., Milošević, D., Miljanović, B., Jovanovic, J., Vidaković, D., & Živić, I. (2017). Comparative study of the effects of a small-scale trout farm on the macrozoobenthos, potamoplankton, and epilithic diatom communities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 1-15. https://doi.org/10.1007/s10661-017-6114-0.

Stojanović, K., Živić, M., Marković, Z., Đorđević, J., Jovanović, J., & Živić, I. (2019). How changes in water quality under the influence of land-based trout farms shape chemism of the recipient streams—case study from Serbia. *Aquaculture International,* 27*(6),* 1625–1641. doi:10.1007/s10499-019-00414-1

Tahar A, Kennedy AM, Fitzgerald RD, Clifford E, Rowan N. (2018). Longitudinal evaluation of the impact of traditional rainbow trout farming on receiving water quality in Ireland. *PeerJ* 6, 5281 https://doi.org/10.7717/peerj.5281

Tallon, P., Magajna, B., Lofranco, C. et al. (2005). Microbial Indicators of Faecal Contamination in Water: A Current Perspective. *Water Air Soil Pollut* 166, 139 – 166 https://doi.org/10.1007/s11270-005-7905-4.

Tunque, J. F. (2022). *Evaluación del efecto en los parámetros físico, químico y microbiológico del agua debido a la producción intensiva de trucha en jaulas flotantes en la laguna Choclococha - Huancavelica 2018.* [Tesis de grado, Universidad Continental]. Archivo digital. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11533/2/IV_FIN_107_TE_Tunque_Huamani_2022.pdf

Varol, M., & Balcı, M. (2020). Characteristics of effluents from trout farms and their impact on water quality and benthic algal assemblages of the receiving stream. *Environmental Pollution*, 266, 115101. doi:10.1016/j.envpol.2020.115101

Varol, M. (2019). Impacts of cage fish farms in a large reservoir on water and sediment chemistry. *Environmental Pollution*, 252, 1448 – 1454. doi:10.1016/j.envpol.2019.06.090

Vasquez, J. L. (2020). Evaluación del nivel de contaminación generado por la actividad piscícola hacia la quebrada del anexo de Taquia, Chachapoyas, 2018 [Tesis de grado, Universidad Nacional de Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Archivo digital. https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2249/Vasquez%20Alvarado%20Jose%20Luis.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Webb JA (2012) Effects of trout farms on stream macroinvertebrates: linking farm-scale disturbance to ecological impact. *Aquacult Environ Interact* 3, 23 - 32. https://doi.org/10.3354/aei00048

Wu, Z., Wang, X., Chen, Y., Cai, Y., & Deng, J. (2018). Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. *Science of The Total Environment*, 612, 914 – 922. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.08.293

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Caracterización de efluentes de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad de agua del río Apacheta, Vinchos, Huamanga, Ayacucho – 2024

Formulación del problema	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables y dimensiones**	**Metodología**
Problema general	**Objetivo general**	**Hipótesis general**		
¿Cuáles son las características del efluente de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad del río Apacheta?	• **Determinar** las características del efluente de piscigranjas convencionales de trucha y su impacto en la calidad del río Apacheta.	**H1:** Las características del efluente de piscigranjas convencionales de trucha tienen impacto negativo en los parámetros de la calidad de agua del río Apacheta.	**Características de efluentes de criaderos de trucha:** - Parámetros fisco-químicos microbiológicos - Parámetros microbiológicos **Calidad de agua del río Apacheta** - Parámetros fisco-químicos - Parámetros microbiológicos	**Nivel de investigación:** Descriptiva **Diseño de investigación:** No experimental Transversal **Población:** Aguas del río Apacheta y efluentes piscigranjas el Bragrecito, Estación Ayacucho y Jatarisum. **Muestra:** Constituye 9 puntos de monitoreo: 3 puntos de monitoreo en efluentes
Problemas específicos	**Objetivos específicos**	**Hipótesis específicas**		
P1: **¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de**	• **O1: Determinar** las concentraciones de los parámetros físicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de	• **H1**: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua en los vertimientos de efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha en el río Apacheta presentan concentraciones elevadas.		

trucha en el río Apacheta?	trucha en el río Apacheta.		de piscigrajas (EFPIS 01, EFPIS 02 y EFPIS 03) y 6 puntos de monitoreo en el río Apacheta (RApach 01, RApach02, RApach 03, RApach04, RApach 05 y RApach 06) **Técnica:** Observacional descriptiva **Instrumento:** - Ficha de identificación de puntos de monitoreo. - Formato de registro de datos en campo. - Cadena de custodia.
P2: **¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha?**	• **O2:** Determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de los efluentes de tres piscigranjas convencionales de trucha.	• **H2:** Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta, aguas abajo del vertimiento de los efluentes de las tres piscigranjas convencionales de trucha, son significativamente más altas en comparación con las concentraciones aguas arriba.	
P3: **¿Cómo varían las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Apacheta en los puntos de muestreo ubicados en el vertimiento, aguas arriba y aguas abajo**	• **O3: Realizar** un análisis comparativo de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo: en el vertimiento, aguas arriba del	• **H3:** Las concentraciones de los parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo ubicados en los vertimientos son significativamente más altas que en los puntos aguas arriba y aguas abajo de los vertimientos, debido al impacto directo de las actividades de las piscigranjas en la calidad del	

del vertimiento en las tres piscigranjas convencionales de trucha?	vertimiento y aguas abajo del vertimiento de las tres piscigranjas convencionales de trucha.	agua. Además, las concentraciones en el punto aguas abajo del vertimiento son más bajas que en el vertimiento, pero siguen siendo mayores que en el punto aguas arriba.	

Anexo 2. Fichas de identificación del punto de monitoreo

Ficha de identificación de punto - RApach 01

ANEXO IV

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

ANA Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: Arachota

Clasificación del cuerpo de agua: (Categorizado de acuerdo con la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores) Categoría 3-D1 (riego no restringido)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: (Código Pfafstetter) 49962 - Río Huarpa

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: (Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales) RAPACH 01

Descripción: (Origen/Ubicación) Aguas arriba de la piscigranja "El Bagrecito"

Accesibilidad: (Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo) Acceso al punto de captación de agua de la piscigranja "El bragrecito".

Representatividad: (Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa) Caudal moderado.

Finalidad del monitoreo: (Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...) Evaluación de la calidad de agua.

Reconocimiento del Entorno: (Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo.) Pendiente moderado y poco accidentado.

UBICACIÓN

Distrito:	Provincia:	Departamento:
Vinchos	Huamanga	Ayacucho.

Localidad: C.P. Jatumpampa

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: ☐ Proyección UTM ☒ Geográficas

Norte/Latitud: 852447 Zona: 18 L (17, 18 o 19, para UTM solamente)

Este/Longitud: 559526 Altitud: 3536 (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencial)

Fotografía: (Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por: Yupanqui Anai Daysi Fecha: 22/11/24

Ficha de identificación de punto - RApach 02

ANEXO IV

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

ANA Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: APACHETA

Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3 - D1 (riego no restringido)
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 49962 - Río Huarpa
(Código Pfafstetter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RAPACH 02
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción: Aguas abajo de la piscigranja "El Ingeniero"
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad: Ingreso por un camino de la vía los Libertadores hasta el río Apacheta.
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad: Caudal moderado.
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna o mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad de agua.
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante,)

Reconocimiento del Entorno: Pendiente moderado y poco accidentado.
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

Distrito:	Provincia:	Departamento:
Vinchos	Huamanga	Ayacucho.

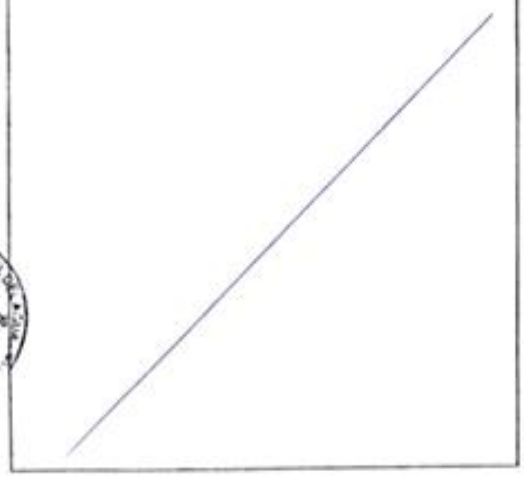
Localidad: Cº Jatunpampa.

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: ☐ Proyección UTM ☒ Geográficas

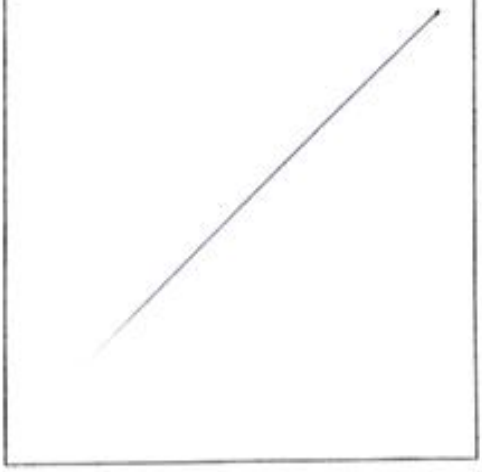
Norte/Latitud: 8652474 Zona: 19L (17, 18 o 19, para UTM solamente)

Este/Longitud: 559526 Altitud: 3525 (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencial)



Fotografía:
(Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)



Blgo. Jesús Carlos Castro Vargas Director

Elaborado por: Yurangui Aroni Deysi Fecha: 22/11/24

Ficha de identificación de punto - RApach03

ANEXO IV

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

ANA Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: APACHETA

Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3 - D1 (riego no restringido)
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 49962 - Río Huarpa
(Código Pfafstetter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RAPACH 03
(Según lo indicado en ítem 6.3.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción: Aguas arriba de la piscigranja "Estación pesquera..."
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad: Ingreso al punto de captación de agua de la piscigranja "estación pesquera Ayacucho".
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad: Caudal moderado.
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad de agua
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante,)

Reconocimiento del Entorno: Pendiente moderado y poco accidentado.
(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

Distrito:	Provincia:	Departamento:
Vinchos	Huamanga	Ayacucho.

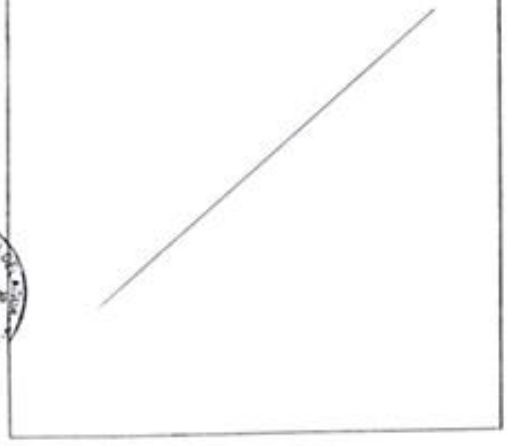
Localidad: C. P. Jatumpampa

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: ☐ Proyección UTM ☒ Geográficas

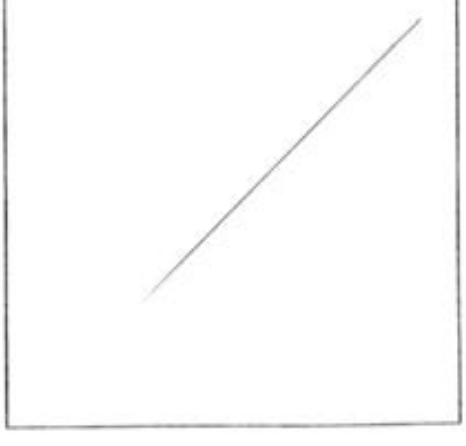
Norte/Latitud: 952473 Zona: 18L (17, 18 o 19, para UTM solamente)

Este/Longitud: 564699 Altitud: 3510 (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencia)



Fotografía:
(Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)



Elaborado por: Yupanqui Anai Deysi Fecha: 22/11/24

Ficha de identificación de punto - RAPACH 04

ANEXO IV

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

ANA Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: APACHETA

Clasificación del cuerpo de agua: (categoría 3 - P1 (riego no restringido)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 4996-2 - Río Huallpa

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RAPACH 04

Descripción: Aguas abajo de la piscigranja "Estación Ayacucho"

Accesibilidad: Ingreso por un camino, aguas abajo de la piscigranja, hacia el río Apachela.

Representatividad: Caudal moderado.

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad de agua.

Reconocimiento del Entorno: Pendiente moderado y poco accidentado.

UBICACIÓN

Distrito:	Provincia:	Departamento:
Vinchos	Huamanga	Ayacucho

Localidad: C.P. Jatunpampa.

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: ☐ Proyección UTM ☑ Geográficas

Norte/Latitud: 8524 42 Zona: 18 L (17, 18 o 19, para UTM solamente)

Este/Longitud: 56 1944 Altitud: 3454 (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencia)

Fotografía: (Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por: Deysi Yparraguirre Avaui Fecha: 2e/11/24

Ficha de identificación de punto - RApach 05

ANEXO IV

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

ANA
Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: APACHETA

Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3 - D1 Cnego ov astringed

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 4996 2 - Río Huarpa

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RAPACH 05

Descripción: Aguas arriba de la Bocatoma "Jatunpampa"

Accesibilidad: Acceso al punto de captación de agua de la Bocatoma "Jatunpampa".

Representatividad: Caudal moderado

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad de agua.

Reconocimiento del Entorno: Piedemonte moderado y poco accidentado.

UBICACIÓN

Distrito	Provincia	Departamento
Vinchos	Huamanga	AYACUCHO

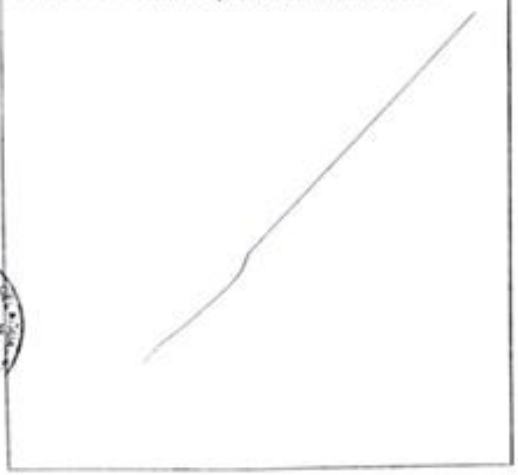
Localidad: C.P. JATUNPAMPA

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: ☐ Proyección UTM ☑ Geográficas

Norte/Latitud: 8523975 Zona: 18L (17, 18 o 19, para UTM solamente)

Este/Longitud: 564937 Altitud: 3440 (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencial)



Fotografía: (Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por: Yufanyi Apaza Deysi Fecha: 22/11/24

Ficha de identificación de punto - RAPACH 06

ANEXO IV

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

ANA Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua: APACHETA

Clasificación del cuerpo de agua: Categoría 3 - D1 (riego no restringido)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: 49962 - Río Huarpa

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RAPACH 06

Descripción: Aguas abajo de la piscigranja "Jatun cuy"

Accesibilidad: Ingreso por un camino, a la altura de un puente, aguas abajo del ingreso a la piscigranja.

Representatividad: Caudal muestreado.

Finalidad del monitoreo: Evaluación de la calidad del agua

Reconocimiento del Entorno: Pendiente moderado y poco accidentado.

UBICACIÓN

Distrito:	Provincia:	Departamento:
Vinchos	Huamanga	Ayacucho

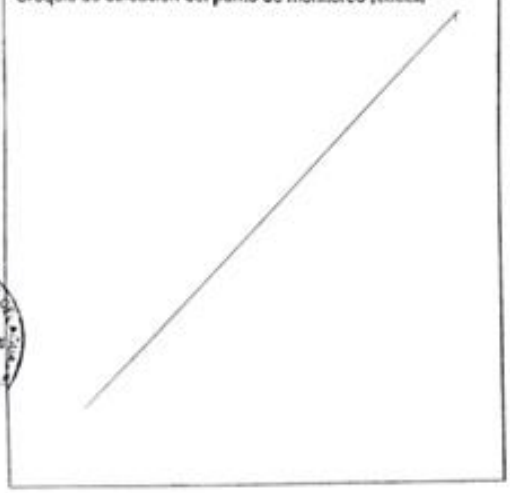
Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: [ ] Proyección UTM [x] Geográficas

Norte/Latitud: 852345 Zona: 18L (17, 18 o 19, para UTM solamente)

Este/Longitud: 564422 Altitud: 3410 (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencial)



Fotografía:
(Tomada a un mínimo de 20 metros de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por: Yupanqui Arai Deysi Fecha: 22/11/24

Anexo 3. Registros de datos en campo

Registro de datos en campo – Río Apacheta

ANA
Autoridad Nacional del Agua

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO

CUENCA: Río Huarpa - Apacheta
AAA/ALA:
REALIZADO POR: Deysi Yupanqui Anaya
RESPONSABLE:

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas [1]		Altura	Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Caudal/ [2] profundidad	Observaciones [3]
						Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C	mg/L	µS/cm	m³/s o m	
[illegible]	PUC. "El Ingresito"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8524478	559035E	3549	22/11/24	11:15	8.63	14.48	8.6			
[illegible]	PUC. "El Ingresito"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8524794	559526E	3625	22/11/24	01:05	8.44	14.84	8.4			
[illegible]	PUC. "Estación Regadero"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8524738	561699E	3510	22/11/24	01:50	8.39	15.56	6.5			
[illegible]	PUC. "Estación pesquera"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8524028	561914E	3454	22/11/24	02:40	8.20	13.8	8.5			
[illegible]	PUC. "Jatunpampa"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8523958	564867E	3440	22/11/24	03:10	8.35	16.70	7.4			
[illegible]	PUC. "Jatunpampa"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8523850	564422E	3410	22/11/24	03:50	8.42	16.16	6.8			

(1) Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en el sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en el sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.
(2) Para el caso de cuerpo lótico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo léntico o marino-costero, indicar la profundidad.
(3) Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

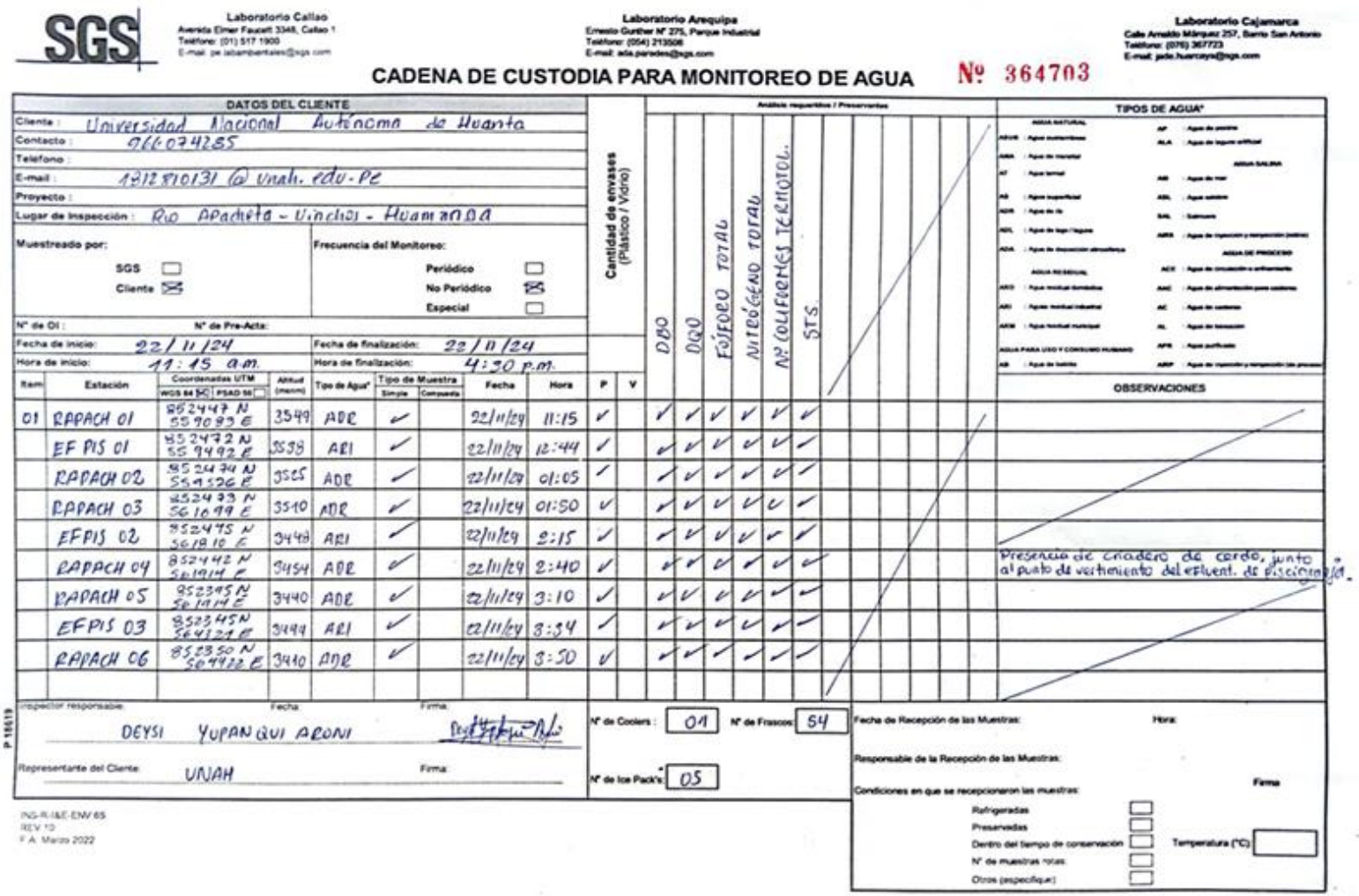
Firma del responsable del monitoreo

Registro de datos en campo – efluentes de piscigranja

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas [1]		Altura	Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Caudal [2] profundidad	Observaciones [3]
						Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C	mg/L	µS/cm	m/s o m	
EFFU 01	PISC. "El Progresito"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8524721N	559496E	3533	22/11/24	12:44	8.33	14.35	7.2			
EFFU 02	PISC. "Estación Pesquera"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8524145N	561810E	3448	22/11/24	2:15	8.31	15.70	8.3			
EFFU 03	PISC. " Jatunpampa"	Jatunpampa	Vinchos	Huamanga	Ayacucho	8523458N	564321E	3444	22/11/24	3:34	8.41	16.02	8.5			

Firma del responsable del monitoreo

Anexo 4. Cadena de custodia



SGS

Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.laboratoriosales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213508
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA Nº 364703

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: Universidad Nacional Autónoma de Huanta
Contacto: 966074285
Teléfono:
E-mail: 191210131@unah.edu.pe
Proyecto:
Lugar de Inspección: Río Apacheta - Uinchos - Huamanga

Muestreado por: SGS ☐ Cliente ☒
Frecuencia del Monitoreo: Periódico ☐ No Periódico ☒ Especial ☐

N° de OI: N° de Pre-Acta:
Fecha de inicio: 22/11/24 Fecha de finalización: 22/11/24
Hora de inicio: 11:15 a.m. Hora de finalización: 4:30 p.m.

Cantidad de envases (Plástico / Vidrio)

Análisis requeridos / Preservantes: DBO, DQO, FÓSFORO TOTAL, NITRÓGENO TOTAL, Nº COLIFORMES TERMOTOL., STS

TIPOS DE AGUA*

Item	Estación	Coordenadas UTM WGS 84	Coordenadas UTM PSAD 56	Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra Simple	Tipo de Muestra Compuesta	Fecha	Hora	P	V	OBSERVACIONES
01	RAPACH 01	862447 N 5590835 E		3549	ADE	✓		22/11/24	11:15	✓		
	EF PIS 01	852472 N 5594922 E		3538	ARI	✓		22/11/24	12:44	✓		
	RAPACH 02	852474 N 5594526 E		3525	ADE	✓		22/11/24	01:05	✓		
	RAPACH 03	852433 N 5610999 E		3510	ADE	✓		22/11/24	01:50	✓		
	EFPIS 02	852495 N 5618106 E		3448	ARI	✓		22/11/24	2:15	✓		
	RAPACH 04	852442 N 5619146 E		3454	ADE	✓		22/11/24	2:40	✓		Presencia de criadero de cerdo, junto al punto de vertimiento del efluent. de piscigranja.
	RAPACH 05	852395 N 5619146 E		3440	ADE	✓		22/11/24	3:10	✓		
	EFPIS 03	852345 N 5643126 E		3444	ARI	✓		22/11/24	3:34	✓		
	RAPACH 06	852350 N 5644922 E		3410	ADE	✓		22/11/24	3:50	✓		

Inspector responsable: DEYSI YUPANQUI ARONI Fecha: Firma:
Representante del Cliente: UNAH Firma:

Nº de Coolers: 01 Nº de Frascos: 54
Nº de los Pack's: 05

Fecha de Recepción de las Muestras: Hora:
Responsable de la Recepción de las Muestras: Firma
Condiciones en que se recepcionaron las muestras:
Refrigeradas ☐
Preservadas ☐
Dentro del tiempo de conservación ☐ Temperatura (°C):
N° de muestras rotas ☐
Otros (especifique:) ☐

P 15619
ING-R-I&E-ENV 65
REV 10
F.A. Marzo 2022

Anexo 5. Informes de laboratorio

SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INACAL DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2438768-0

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

JR. MANCO CAPAC NRO. 497 (EL BOSQUE - HUANTA) - AYACUCHO - HUANTA - HUANTA

ENV / LB-355669-003

PROCEDENCIA : RIO APACHETA - VINCHOS - HUAMANGA

Fecha de Recepción SGS : 23-11-2024

Fecha de Ejecución : Del 23-11-2024 al 30-11-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
RAPACH 01
RAPACH 02
RAPACH 03
RAPACH 04
RAPACH 05
RAPACH 06

SEGUNDO ORIGINAL

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 30/11/2024

Gloria A. Huaman Maco
C.Q.P. 691
Analista Senior de Laboratorio

Yuri R. Liñan Gilio
C.B.P. 11566
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INACAL DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2438768-0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					RAPACH 01 22/11/2024 11.15.00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	RAPACH 02 22/11/2024 12.44.00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	5 ± 1	21 ± 5
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.29 ± 0.020	0.60 ± 0.050
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.022	0.096
Demanda Bioquímica de Oxigeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Demanda Química de Oxigeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	<4.5	4.7 ± 0.50
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	–	–	33 (**)	49 (**)

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					RAPACH 03 22/11/2024 13.05.00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	RAPACH 04 22/11/2024 13.50.00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	15 ± 3	20 ± 5
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.47 ± 0.040	0.51 ± 0.040
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.064	0.076
Demanda Bioquímica de Oxigeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Demanda Química de Oxigeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	<4.5	<4.5
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	–	–	49 (**)	230 (**)

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					RAPACH 05 22/11/2024 11.15.00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	RAPACH 06 22/11/2024 11.15.00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	13 ± 3	11 ± 3
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.50 ± 0.040	0.41 ± 0.030
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.044	0.041
Demanda Bioquímica de Oxigeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Demanda Química de Oxigeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	<4.5	4.6 ± 0.50
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	–	–	79 (**)	110 (**)

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INACAL DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2438768-0

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fósforo Total	mg P/L	0.010	<0.010		99 - 104%	95 - 108%	4%
Nitrógeno Total	mg N/L	0.10	<0.10		98%	91%	1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6		97 - 100%		
Demanda Química de Oxígeno	mgO2/L	4.5	<4.5		95 - 99%	89%	1%
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	1 - 3%	101 - 102%		

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2438768-0

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D. 23rd. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJ	Callao	Nitrógeno Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J, 23rd Ed. 2017. Phosphorus. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJF	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J, 24th .2023 Phosphorus. Automated Ascorbic Acid Reduction Method. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ,24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 24th Ed. (Incluye Muestreo) 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2438769-0

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

JR. MANCO CAPAC NRO. 497 (EL BOSQUE - HUANTA) - AYACUCHO - HUANTA - HUANTA

ENV / LB-355669-004

PROCEDENCIA : RIO APACHETA - VINCHOS - HUAMANGA

Fecha de Recepción SGS : 23-11-2024

Fecha de Ejecución : Del 23-11-2024 al 30-11-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
EFPIS 01
EFPIS 02
EFPIS 03

SEGUNDO ORIGINAL

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 30/11/2024

Gloria A. Huaman Maco
C.Q.P. 691
Analista Senior de Laboratorio

Yuri R. Liñan Gilio
C.B.P. 11566
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INACAL DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2438769-0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EFPIS 01	EFPIS 02
FECHA DE MUESTREO					22/11/2024	22/11/2024
HORA DE MUESTREO					12:44:00	14:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	9 ± 2	24 ± 6
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.54 ± 0.040	0.61 ± 0.050
Fósforo Total	EW_APHA4500P,F	mg P/L	0.005	0.010	0.074	0.068
Demanda Bioquímica de Oxigeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Demanda Química de Oxigeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	5.3 ± 0.50	5.1 ± 0.50
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	–	–	4.5	49

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EFPIS 03
FECHA DE MUESTREO					22/11/2024
HORA DE MUESTREO					15:34:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	11 ± 3
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.47 ± 0.040
Fósforo Total	EW_APHA4500P,F	mg P/L	0.005	0.010	0.048
Demanda Bioquímica de Oxigeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6
Demanda Química de Oxigeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	4.7 ± 0.50
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	–	–	130

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Member del Grupo SGS

SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INACAL DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2438769-0

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fósforo Total	mg P/L	0.010	<0.010		99 - 104%	95 - 108%	4%
Nitrógeno Total	mg N/L	0.10	<0.10		98%	91%	1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6		97 - 100%		
Demanda Química de Oxígeno	mgO2/L	4.5	<4.5		95 - 99%	89%	1%
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3	<3	2%	98 - 103%		

SGS del Perú S.A.C
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amadeo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS

SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INACAL
DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2438769-0

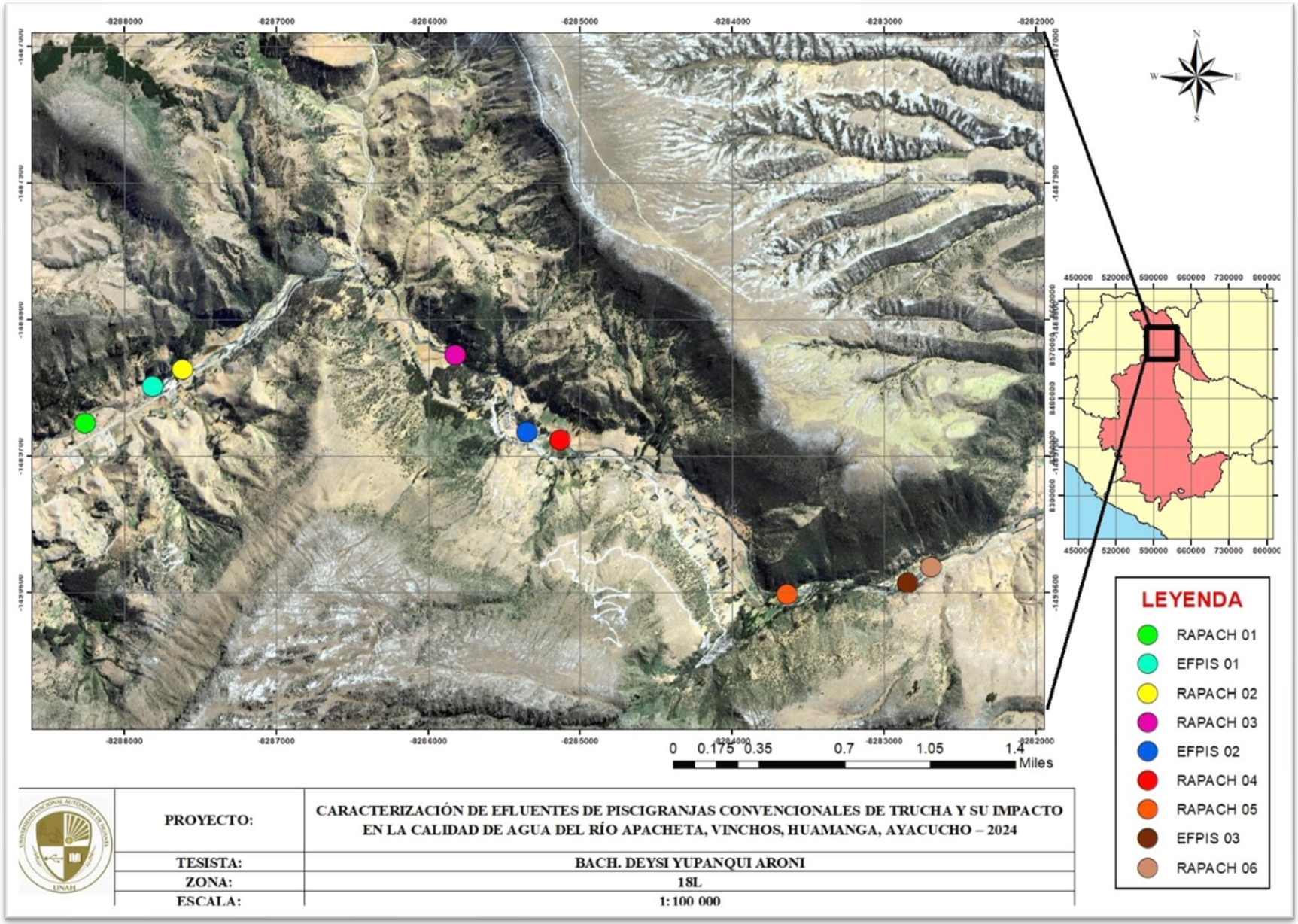
REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D. 23rd. 2017. Solids. Total Suspended Solids dried at 103-105 °C. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJ	Callao	Nitrógeno Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J. 23rd Ed. 2017. Phosphorus. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA4500PJF	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J. 24th .2023 Phosphorus. Automated Ascorbic Acid Reduction Method. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ,24th Ed. 2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2017
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 24th Ed. (Incluye Muestreo) 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo 6. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo



Anexo 7. Panel fotográfico

Materiales empleados para la conservación y almacenamiento de muestras

Equipo empleado para muestras en situ

Toma de datos en situ

Toma de muestras en frascos

Preservación de muestra

Llenado de cadena de custodia