

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL



TESIS

**Influencia de los parámetros fisicoquímicos en la eutrofización del
humedal de Huaper, Ayacucho, Perú.**

PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero en Gestión Ambiental

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Ciencias Naturales

AUTOR:

Jhon Britman, Ancasi Durand

ASESOR:

PhD. Walter Víctor, Castro Aponte

COASESOR:

PhD. Junior Alberto, Chuctaya Vasquez

HUANTA – PERÚ

2025

NOMBRE DEL TRABAJO

11.12.2025. TESIS JHON ANCCASI.docx

RECuento DE PALABRAS

18343 Words

RECuento DE CARACTERES

105766 Characters

RECuento DE PÁGINAS

80 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.4MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 11, 2025 7:05 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 11, 2025 7:11 AM GMT-5

● **10% de similitud general**

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

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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



Firmado digitalmente por
CASTRO APONTE
Walter Victor FAU
20574653798 soft
Fecha: 2025.12.11
07:18:50 -05'00'

“INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LA
EUTROFIZACIÓN DEL HUMEDAL DE HUAPER, AYACUCHO, PERÚ”

Presentado por:

Jhon Britman, Anccasi Durand

Asesor:

PhD. Walter Víctor, Castro Aponte

Coasesor:

PhD. Junior Alberto, Chuctaya Vasquez



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 aula N° 01 del pabellón del E.P de IGA –campus universitario de Intay de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvió a Ccollana, a los 19 días del mes de diciembre de 2025, siendo las 09:30 horas se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Santos Clemente Herrera Díaz	Presidente
Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz	Primer miembro
Dr. Jorge Luis Lozano Rodríguez	Segundo miembro

Acto seguido se procedió a dar lectura la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 1177-2025-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Bach. Jhon Britman Ancasí Durand**, con la tesis titulada: **"INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LA EUTROFIZACIÓN DEL HUMEDAL DE HUAPER, AYACUCHO, PERÚ."**, asesorado por el Ph.D. Walter Victor Castro Aponte, y como coasesor el Ph.D. Junior Alberto Chuctaya Vasquez, para optar el Título profesional de: Ingeniero en Gestión Ambiental.

Observaciones:

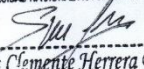
.....
.....
.....

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 tesisista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

No aprueba	()
Aprobado	(X)
Bueno	()
Cum Laude	()

Con la calificación de Quince (15)

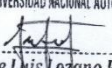
Siendo las 10:38 se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Dr. Santos Clemente Herrera Díaz
DOCENTE ORDINARIO - PRINCIPAL

Dr. Santos Clemente Herrera Díaz
Presidente


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz
DOCENTE ORDINARIO - PRINCIPAL

Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz
Primer miembro


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Dr. Jorge Luis Lozano Rodríguez
DOCENTE ORDINARIO - ASOCIADO

Dr. Jorge Luis Lozano Rodríguez
Segundo miembro

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en cada paso de este viaje académico, por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico.

A mi padre, Teófilo Anccasi Guillén, y a mi madre, Marleni Durand Márquez, así como a mis hermanos Andy, Zaraí y Denis, y a mi hijo Brandon, quienes fueron mi fortaleza y guía para culminar la carrera.

A mi amada y compañera de vida, Susan Karen, que ha formado parte de este trayecto siendo mi motivación, brindándome su apoyo y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por el financiamiento de esta tesis con recursos de FOCAM, aprobado mediante resolución de comisión organizadora N° 0340-2023-UNAH, el sustento institucional fue un gran apoyo para el desarrollo y culminación de la investigación.

A mis Asesores PhD. Walter Víctor Castro Aponte, PhD. Junior Alberto Chuctaya Vasquez, por su valioso apoyo y orientación durante la elaboración, ejecución y redacción del proyecto de investigación.

Al biólogo Luis y a mi amiga Candy Maguiña, por su apoyo incondicional en la recolección de toma de muestras in situ en el humedal de Huaper.

A mi amigo, Ing. Clinton Vargas arroyo, por su apoyo valioso y orientación en el proceso de redacción del informe final de tesis, así como por su constante disposición para brindar sugerencias que contribuyeron a mejorar la calidad del trabajo.

A mi abuelo, Albino Anccasi Pérez, quien fue mi fortaleza espiritual a lo largo de toda mi vida y una fuente constante de inspiración.

RESUMEN

La eutrofización es un fenómeno que se manifiesta en los ecosistemas de agua dulce debido a la acumulación excesiva de nutrientes, generando proliferación de algas, disminución del oxígeno disuelto y alteraciones ecológicas. El objetivo de este estudio fue evaluar en qué grado los parámetros fisicoquímicos influyen en la eutrofización del Humedal Huaper, ubicado al interior del distrito Luricocha en la comunidad de Azangaro, a fin de proponer medidas de gestión ambiental. La metodología fue de tipo aplicada, enfoque cualitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, ello consistió en un monitoreo ambiental realizado en cuatro puntos de muestreo distribuidos estratégicamente en el Humedal Huaper, Ayacucho. Se obtuvieron muestras de agua superficial conforme a los procedimientos estipulados por la normativa nacional R.J. N° 010-2016-ANA. Los parámetros analizados en el laboratorio SGS del Perú incluyeron Fósforo Total, Clorofila a, Nitrógeno Total, DBO₅, Amonio, Nitratos y los parámetros monitoreados con el multiparámetro fueron el pH, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Transparencia y Conductividad. Los resultados mostraron que el Fósforo Total fue de 0.028 mg/L y el Nitrógeno Total fue de 2.395 mg/L, ambos estuvieron por encima de los valores internacionales comúnmente asociados a procesos de eutrofización. Sin embargo, el Fósforo se mantuvo ligeramente por debajo del Estándar de Calidad Ambiental – ECA, nacional para cuerpos de agua categoría 4. El valor del Oxígeno Disuelto fue de 4.25 mg/L, siendo muy bajo, lo cual implica restricciones para la supervivencia de los organismos acuáticos según estándares nacionales. Se concluyó que, el humedal Huaper se calificó como mesotrófico, presenta indicios de un proceso de eutrofización leve, evidenciado por concentraciones elevadas de Nitrógeno y Fósforo Total, reflejando la necesidad de monitoreo y medidas preventivas de gestión ambiental.

Palabras claves: Eutrofización, humedal Huaper, Calidad del agua, Parámetros fisicoquímicos, Gestión ambiental.

ABSTRACT

Eutrophication is a phenomenon that occurs in freshwater ecosystems due to the excessive accumulation of nutrients, leading to algal blooms, decreased dissolved oxygen, and ecological disturbances. The objective of this study was to evaluate the extent to which physicochemical parameters influence the eutrophication of the Huaper Wetland, located within the Luricocha district in the Azangaro community, in order to propose environmental management measures. The methodology was applied, mixed-methods, descriptive-level, and non-experimental, consisting of environmental monitoring conducted at four sampling points strategically distributed across the Huaper Wetland in Ayacucho. Surface water samples were collected in accordance with the procedures stipulated by National Regulation R.J. No. 010-2016-ANA. The analyzed parameters included Total Phosphorus, Chlorophyll a, Total Nitrogen, Transparency, BOD5, pH, Dissolved Oxygen, Temperature, Total Dissolved Solids, Ammonium, Nitrates, and Conductivity. The results showed that Total Phosphorus was 0.028 mg/L and Total Nitrogen was 2.395 mg/L, both exceeding the international values commonly associated with eutrophication processes. However, phosphorus remained slightly below the national Environmental Quality Standard (ECA) for Category 4 water bodies. The dissolved oxygen value was 4.25 mg/L, which is very low and implies restrictions on the survival of aquatic organisms according to national standards. It was concluded that the Huaper Wetland was classified as mesotrophic and shows evidence of a mild eutrophication process, as indicated by elevated concentrations of total nitrogen and phosphorus, highlighting the need for monitoring and preventive environmental management measures.

Key words: Eutrophication, Huaper Wetland, Water quality, Physicochemical parameters, Environmental management.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	xiv
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción y formulación del problema	16
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo General	19
1.2.2. Objetivos Específicos.....	19
1.3. Justificación e importancia.....	19
1.4. Hipótesis	20
1.5. Variables.....	22
II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Bases teóricas.....	28
2.3. Definición de términos.....	36
III. METODOLOGÍA.....	37
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	37
3.2. Ámbito temporal y espacial	37
3.3. Población y muestra	38
3.4. Instrumentos.....	39
3.5. Procedimientos.....	40
3.6. Análisis de datos	41
IV. RESULTADOS	42
4.1. Resultados nivel descriptivo	42
4.2. Resultados nivel inferencial.....	53
V. DISCUSIONES	70
VI. CONCLUSIONES.....	73
VII. RECOMENDACIONES	74
VIII. REFERENCIAS	75
IX. ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estado de conservación de los humedales</i>	31
Figura 2 <i>Evolución de los estados de productividad</i>	33
Figura 3 <i>Ecuación de TSI</i>	34
Figura 4 <i>Escala del índice del Estado Trófico</i>	34
Figura 5 <i>Ubicación del proyecto</i>	37
Figura 6 <i>Ubicación de puntos de monitoreo</i>	38
Figura 7 <i>Proceso de muestreo de campo</i>	40
Figura 8 <i>Procesamiento de datos</i>	40
Figura 9 <i>Flujograma de fases de investigación</i>	41
Figura 10 <i>Variación espacial de la concentración promedio de clorofila A</i>	43
Figura 11 <i>Variación espacial de la concentración promedio de fósforo total</i>	44
Figura 12 <i>Variación espacial de la concentración promedio de nitrógeno total</i>	44
Figura 13 <i>Variación espacial de la transparencia</i>	45
Figura 14 <i>Variación espacial de la Conductividad eléctrica</i>	49
Figura 15 <i>Variación espacial de nitrato</i>	49
Figura 16 <i>Variación espacial de amoníaco total</i>	50
Figura 17 <i>Variación espacial de oxígeno disuelto</i>	51
Figura 18 <i>Variación espacial de pH</i>	51
Figura 19 <i>Variación espacial de sólidos totales</i>	52
Figura 20 <i>Variación espacial de temperatura</i>	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Matriz de operacionalización</i>	22
Tabla 2 <i>Parámetros indicadores de eutrofización</i>	42
Tabla 3 <i>Clasificación TSI de Carlson</i>	46
Tabla 4 <i>Clasificación del nivel de eutrofización por punto de muestreo</i>	46
Tabla 5 <i>Parámetros fisicoquímicos del agua en el humedal Huaper por punto de muestreo</i>	48
Tabla 6 <i>Prueba de normalidad de conductividad</i>	53
Tabla 7 <i>ANOVA Conductividad uS/cm</i>	54
Tabla 8 <i>Prueba de normalidad de nitratos</i>	55
Tabla 9 <i>ANOVA nitratos mg/L</i>	55
Tabla 10 <i>Prueba de normalidad de oxígeno disuelto</i>	56
Tabla 11 <i>ANOVA Oxígeno disuelto mg/L</i>	57
Tabla 12 <i>Prueba de normalidad de pH</i>	57
Tabla 13 <i>ANOVA pH</i>	58
Tabla 14 <i>Prueba de normalidad de sólidos totales</i>	58
Tabla 15 <i>ANOVA Sólidos totales disueltos mg/L</i>	59
Tabla 16 <i>Prueba de normalidad de temperatura</i>	60
Tabla 17 <i>ANOVA Temperatura °C</i>	60
Tabla 18 <i>Resumen de ANOVA de los parámetros fisicoquímicos evaluados</i>	61
Tabla 19 <i>Medidas preventivas y correctivas</i>	66
Tabla 20 <i>Plan de monitoreo ambiental</i>	67
Tabla 21 <i>Cronograma de implementación</i>	68
Tabla 22 <i>Presupuesto de implementación</i>	68

INTRODUCCIÓN

Los humedales constituyen ecosistemas de gran relevancia ecológica, hidrológica y socioeconómica, al actuar como zonas de recarga hídrica, hábitats de biodiversidad y filtros naturales de contaminantes. En el contexto peruano, estos ambientes son esenciales para la regulación de los recursos hídricos y el mantenimiento del equilibrio ecológico regional. Sin embargo, en las últimas décadas, muchos humedales han sido afectados por procesos de degradación ambiental producto de la expansión urbana, el vertimiento de aguas residuales y las actividades agrícolas sin control, generando alteraciones significativas en su calidad hídrica y funcionalidad ecológica.

El humedal de Huaper, ubicado en la región Ayacucho, constituye el ecosistema acuático más representativo de la provincia de Huanta. Este cuerpo de agua natural desempeña un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad local, el sostenimiento de especies acuáticas y la provisión de servicios ecosistémicos a las comunidades cercanas. No obstante, en los últimos años se han reportado signos de deterioro en su calidad ambiental, evidenciados por la proliferación de macrófitas, presencia de materia orgánica en exceso y disminución de oxígeno disuelto, lo cual sugiere la posibilidad de un proceso de eutrofización incipiente.

La eutrofización es un fenómeno caracterizado por el incremento excesivo de nutrientes, principalmente Nitrógeno y Fósforo, en los cuerpos de agua, lo que ocasiona un crecimiento descontrolado de organismos fotosintéticos como algas y cianobacterias. Este proceso conlleva una serie de consecuencias negativas, entre ellas, la pérdida de Oxígeno Disuelto, la alteración de las comunidades biológicas y la degradación de la calidad del agua. Por tal motivo, el monitoreo y análisis de los parámetros fisicoquímicos resulta fundamental para determinar el estado trófico de los humedales y establecer estrategias de manejo sostenible.

En este contexto, la presente investigación titulada “Influencia de los parámetros fisicoquímicos en la eutrofización del humedal de Huaper, Ayacucho, Perú” tiene como propósito evaluar cómo los valores de parámetros fisicoquímicos tales como Conductividad, Amoníaco Total, DBO₅, Nitratos, pH, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales Disueltos y Temperatura influyen en los procesos de eutrofización del humedal. De esta manera, se busca generar información científica que permita comprender el estado actual del ecosistema y sustentar la formulación de medidas de manejo ambiental orientadas a su recuperación y conservación.

El estudio cobra especial relevancia debido a que la información sobre la calidad del agua en el humedal de Huaper es limitada, y su evaluación contribuye a fortalecer la gestión ambiental local. Asimismo, los resultados permiten sentar las bases para futuras investigaciones en la región y servir de referencia para autoridades y comunidades interesadas en la preservación de los recursos hídricos. En síntesis, este trabajo constituye un aporte significativo para la comprensión de los procesos fisicoquímicos asociados a la eutrofización y la gestión sostenible de ecosistemas acuáticos en el contexto andino peruano.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

Los humedales contribuyen hasta un 40% a los servicios ecosistémicos renovables de la tierra, a pesar de que cubren solo el 1,5% de la superficie del planeta (Organización de las Naciones Unidas, 2022). Sirven como áreas de transición entre ecosistemas terrestre y acuático, y desempeñan funciones indispensables en el equilibrio climático e hidrológico, así como protección de los recursos hídricos y toda la biodiversidad terrestre y acuática que dependen de estas zonas.

Sin embargo, la eutrofización ha causado una serie de problemas de calidad de agua para los diferentes ecosistemas, debido a la respuesta de las aguas naturales al aporte excesivo de nutrientes, constituyendo una problemática ambiental a nivel global por sus repercusiones tanto ecológicas como sociales. Diversos trabajos han explicado a que se debe a la creciente entrada de Fósforo y Nitrógeno a los ambientes acuáticos, estos compuestos abundan en las aguas residuales, excremento de ganado y en los fertilizantes sintéticos que son utilizados en los sistemas agrícolas.

En este sentido, se evidencia que la agricultura y ganadería se definen como uno de los factores principales de eutrofización. La agricultura incluye una aplicación de fertilizantes que contienen nitrógeno y fósforo, los cuales se han incrementado en los últimos años, pues desde 1950 se empleaban 20 millones de toneladas, mientras que en el 2020 se administraron 190 millones de toneladas (Ilinova et al., 2021). Esta situación también se presentó en el Perú, ya que entre 2001 y 2013, la aplicación aumentó de 656 447 a 905 798 toneladas (Leveau et al., 2021), mientras que en el 2018 se evidenció un consumo de un millón de toneladas (Delgado et al., 2018). Mientras que la ganadería intensiva se ha incrementado significativamente en todo el mundo, representando el 78 % de las tierras agrícolas, pues se produjeron aproximadamente 337,2 millones de tn de carne en 2020 y la producción de carne de aves como las de corral casi se duplicó (+94 %) (Federal Statistical Office, 2021). Mientras que, en el Perú, en 2019, la producción de leche a nivel nacional alcanzó las 2 129 366 toneladas, lo que representó un incremento del 3.8% respecto a las 2 050 000 toneladas producidas en 2018 (León, 2019).

En tiempos recientes, la incidencia de la eutrofización ha ido incrementando a nivel mundial desde la década de 1960, pues el número de lagos eutróficos se incrementó del 41% al 61% entre finales de la década de setenta y noventa, mientras que, en 2012, el 63% de las masas de agua continentales del mundo eran eutróficas y la zona representaba el 31% de todas

las masas de agua (Zhang et al., 2021). Además, se estima que la cantidad de humedales con floración de algas dañinas aumente hacia el año 2050 en un 20% (García y Miranda, 2018). En este sentido, el proceso de eutrofización se establece como un fenómeno que resulta de la acumulación gradual de nutrientes y la adición de sedimentos, limo y lodos. Sus primeros síntomas son el aumento de las concentraciones de clorofila-A y el crecimiento de algas bentónicas, así como cambios en el metabolismo de los organismos. Esto genera la reducción de la claridad del agua y una mayor deposición de material orgánico, lo que a su vez aumenta el consumo de oxígeno en el fondo acuático y provoca el agotamiento del oxígeno (Comisión de Protección del Medio Ambiente Marino Báltico (HELCOM, 2017).

En el Perú en la actualidad son reconocido 14 humedales denominados Ramsar en las tres regiones del Perú como una forma de moderar los humedales como rasgos prioritarios para la biodiversidad, sin embargo, muchos de ellos han desaparecido por diversas amenazas (Bopp y Peláez, 2019). Además, no se tiene un registro con representación formal respecto a la evaluación del estado de eutrofización de los humedales en el país (Chávez et al., 2018). La eutrofización de los humedales representa un problema relacionado con el estado del agua, que conlleva serias amenazas económicas, sociales y ambientales, a nivel global, por lo que, el monitoreo y manejo de los humedales para prevenir o limitar la eutrofización tiene un valor significativo, relacionado con el beneficio de evaluar el flujo de los nutrientes de fósforo y nitrógeno como indicadores para evaluar el estado del agua (Siriwardana et al., 2019). Además, la determinación del índice de eutrofización presenta gran relevancia debido a que los humedales son ecosistemas complejos constituidos por diversidad de parámetros fisicoquímicos y biológicos en constante estado de acción e interacción (García et al., 2019).

En los últimos años, diversas investigaciones han determinado que la calidad hídrica en humedales del Perú se ha visto impactada por el incremento de procesos de eutrofización, proceso el cual está estrechamente vinculado a la alteración de parámetros fisicoquímicos. Factores como la concentración de Fosfatos, Nitratos entre otros parámetros influyen directamente en la dinámica de crecimiento del fitoplancton, favoreciendo la proliferación de algas que deterioran la calidad del agua (Mendoza & Quiroz, 2022). Asimismo, se ha identificado que las actividades agrícolas desarrolladas en las zonas de ribera, así como la acumulación de residuos sólidos, el pastoreo intensivo y la escasa conciencia ambiental entre los pobladores incrementan la carga de nutrientes, especialmente nitratos y fósforo.

En Ayacucho encontramos el humedal de Huaper, se ubica en el interior de la ciudad de Luricocha y se encuentra catalogado como una Área de Conservación Municipal desde el

2004, sin embargo, en los años recientes se ha evidenciado un deterioro de los humedales relacionado a las condiciones en el entorno, como enriquecimiento del agua por ingreso de nutrientes debido a la presencia de animales rumiantes, como vacas y ovejas que forman parte de las actividades ganaderas y el pastoreo excesivo en la zona, lo cual también genera la compactación del terreno y la reducción de superficies vegetales (Rivera y Vargas, 2021). Además, el humedal Huaper presenta disminución en la capacidad de suministrar productos ambientales, tales como el suministro de agua dulce y la disposición de forraje para la ganadería, Asimismo, este humedal es importante para la economía regional debido al ecoturismo, y proporciona beneficios científicos, culturales, religiosos y educativos, por lo tanto, es primordial determinar el estado de eutrofización del humedal para su conservación. De hecho, el evaluar la calidad del estado del agua es importante cuando se trata de equilibrar los intereses ecológicos y socioeconómicos (Wojtkowska y Bojanowski, 2021). En este sentido, para evaluar el estado de eutrofización de las aguas superficiales se utilizan varios parámetros, siendo los más importantes, los niveles de Fósforo, Transparencia del agua, Nitrato, Clorofila a y Oxígeno Disuelto (El-Serehy et al., 2018). El método que estudia estos parámetros es el Índice de Estado Trófico de Carlson es un método que categoriza los cuerpos de agua en función de su productividad primaria el cual establece el estado trófico como la cantidad de biomasa presente en un cuerpo de agua en un lugar y momento determinado.

Por lo tanto, la investigación buscó comprender de qué manera influye los parámetros fisicoquímicos (Conductividad, Amoniac Total, DBO₅, Nitratos, pH, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales Disueltos y Temperatura) del humedal Huaper en el grado de eutrofización del mismo. Para el cual, se calculó el índice de eutrofización en el humedal de Huaper mediante el método de Carlson, y la correlación de las variables fisicoquímicas del humedal Huaper con el grado de eutrofización del mismo. Con estos hallazgos, se propuso el manejo ambiental sostenible del humedal Huaper, con base en el impacto de las propiedades fisicoquímicas del agua al grado de eutrofización.

Formulación del problema de investigación

Interrogante general

¿Cómo influyen los parámetros fisicoquímicos en el grado de eutrofización del humedal Huaper, Ayacucho, Perú?

Interrogantes específicas

¿Cuál es el nivel del índice de eutrofización en el humedal de Huaper, Ayacucho mediante el método de Carlson considerando la medición de los parámetros de Transparencia, Fósforo Total, Clorofila A y Nitrógeno Total?

¿Qué cambios se observan en los parámetros de Conductividad, pH, Temperatura Oxígeno Disuelto, DBO₅, Nitratos, Amoníaco Total, y Sólidos Totales Disueltos, con relación al grado de eutrofización en el humedal Huaper?

¿Qué medidas pueden proponerse para el manejo ambiental del humedal Huaper, basadas en la influencia de calidad fisicoquímica del agua con el grado de eutrofización detectado?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de los parámetros fisicoquímicos en la eutrofización del humedal de Huaper, Ayacucho, Perú.

1.2.2. Objetivos Específicos

Determinar el nivel del índice de eutrofización en el humedal Huaper, Ayacucho mediante el método de Carlson considerando la medición de los parámetros de Fósforo Total, Clorofila A, Nitrógeno Total y Transparencia.

Evaluar los cambios en los parámetros fisicoquímicos del agua (conductividad, pH, temperatura, oxígeno disuelto, DBO₅, nitratos, amoníaco total y sólidos totales disueltos) en relación con el grado de eutrofización del humedal Huaper.

Proponer las medidas para el manejo ambiental del humedal de Huaper, considerando la influencia de los parámetros fisicoquímicos y el grado de eutrofización detectado.

1.3. Justificación e importancia

El fenómeno de eutrofización constituye un problema ambiental que impacta y degrada a los humedales, al provocar un elevado aumento de nutrientes de Fósforo y Nitrógeno, lo que provoca un aumento excesivo de fitoplancton, pérdida de biodiversidad y disminución de la calidad del agua.

Evaluar la eutrofización es importante debido a que esto permite conocer los procesos de deterioro que afectan a los ecosistemas acuáticos, principalmente en agua dulce como

lagunas, y humedales. Este fenómeno, causado por un exceso de nutrientes principalmente Fósforo y Nitrógeno, que provoca un desarrollo de algas excesivo y vegetación acuática que generan un desequilibrio ecológico, reduce la biodiversidad y disminuye la calidad hídrica.

A partir de ello, determinar la influencia de los parámetros como Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Nitratos y Fósforo en el grado de eutrofización permite un enfoque técnico y científico indispensable para comprender la dinámica del ecosistema acuático. Estos parámetros afectan directamente en el fitoplancton, la cantidad de nutrientes disponibles y el metabolismo biológico de los organismos presentes (Mendoza & Quiroz, 2023). La comprensión de esta relación permitirá no solo establecer el nivel de degradación actual del humedal, sino también proponer medidas efectivas de manejo ambiental para su conservación.

La importancia de estudiar la eutrofización del humedal Huaper radica en su valor ecológico y socioeconómico. Este humedal es fuente de agua dulce, zona de forraje para la ganadería local y posee un valor cultural y turístico para la comunidad. Por lo que analizar la calidad del humedal resulta esencial para asegurar el equilibrio, las necesidades ecológicas y económicas. Además, no existen estudios previos que caractericen de manera específica el estado trófico del humedal Huaper, lo cual es necesario para realizar una adecuada gestión y conservación del humedal.

Por todo lo antes mencionado, evaluar cómo influyen los parámetros fisicoquímicos con el grado de eutrofización representa una necesidad prioritaria, ya que esto permitió tomar y establecer medidas de manejo ambiental que aseguren la conservación del ecosistema del humedal Huaper y sus múltiples beneficios.

1.4. Hipótesis

Hipótesis general

Existe influencia significativa de los parámetros fisicoquímicos en el grado de eutrofización del humedal Huaper, Ayacucho, Perú.

Hipótesis específicas

H₁) El índice de eutrofización presenta un nivel mesotrófico en el humedal de Huaper, determinando mediante el método de Carlson, debido a la presencia de concentraciones significativas de Clorofila A, Transparencia del agua, Fósforo Total, y Nitrógeno Total.

H₂) Los cambios en los parámetros fisicoquímicos del agua, especialmente el aumento de nutrientes (nitratos y amoníaco total) y la disminución del oxígeno disuelto, están directamente relacionados con el grado de eutrofización del humedal Huaper.

H₃) Las medidas de gestión ambiental propuestas para el humedal Huaper, basadas en la influencia de la calidad fisicoquímica del agua y el grado de eutrofización detectado, incluyen la elaboración de un documento técnico sobre el estado ambiental del humedal de Huaper en base a la investigación realizada, la emisión de una ordenanza municipal de vigencia del área de conservación natural del humedal de Huaper, lineamientos de educación ambiental sobre la calidad del recurso hídrico y la eutrofización del humedal de Huaper.

1.5. Variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Técnicas / Instrumentos /Escala de medición
Variable dependiente	Es un sistema de clasificación diseñado para categorizar lagos, estanques y embalses individuales en función de la cantidad de productividad biológica que se produce en el agua (El-Serehy et al., 2018).	Se analizarán mediante el Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI)	Índice de eutrofización	Oligotrófico	<0,1 µg/L	Técnica: Observación Instrumento: Ficha de recolección de datos Escala: Intervalo
				Mesotrófico	0,1–1	
				Eutrófico	TSI: 50–70	
				Hipereutrófico	>1	
Índice de eutrofización			Nutrientes	Nitrógeno Total	mg/L	Técnica: Observación Instrumento: Ensayos de laboratorio Escala: Razón (µS/cm)
		Fósforo Total		mg/dL		
Variable independiente	Características del agua que revelan su calidad y el estado de salud del ecosistema acuático (Alvarado, 2024).	Medición de propiedades físico-químicas del agua en el humedal Huaper.	Parámetros de calidad de agua	Conductividad eléctrica	Conductividad eléctrica	pH T° mg/L mg/L mg/L Ds (m) mg/L
Potencial de hidrógeno				Potencial de hidrógeno		
Temperatura				Temperatura		
Oxígeno disuelto				Oxígeno disuelto		
Sólidos disueltos Totales				Sólidos disueltos Totales		
Amoniaco Total				Amoniaco Total		
Clorofila A				Clorofila A		
Nitratos				Nitratos		
Transparencia				Transparencia		
DBO ₅				DBO ₅		

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Díaz et al, (2023), en esta investigación, se analizó cómo varían en el tiempo y el espacio los parámetros fisicoquímicos del humedal El Hato. La investigación tuvo un diseño descriptivo y se realizó en cinco estaciones con dos estratos de profundidad (10 cm y 20 cm del fondo). Según los resultados obtenidos mostraron que la temperatura fue de 27.5 °C, con una variación estacional significativa ($p < 0.05$) entre 24.0 °C en invierno y 30.0 °C en verano. La salinidad fue baja, con un promedio de 0.2 PSU, y no mostró diferencias significativas estacionales. El oxígeno disuelto tuvo un rango de 4.0 a 7.5 mg/L, siendo significativamente mayor en la superficie que en el fondo ($p < 0.05$). La clorofila a mostró un promedio de 15.3 $\mu\text{g/L}$ con picos de 25.7 $\mu\text{g/L}$ durante el periodo lluvioso. La concentración de los valores de fosfatos (PO_4^{3-}) fue de 0.05 mg/L, con variaciones estacionales significativas y correlacionada positivamente con la temperatura ($r = 0.72$, $p < 0.01$). La correlación entre el nitrógeno total (NT) y el amonio (NH_4^+) fue muy fuerte ($r = 0.89$, $p < 0.01$). Los resultados sugieren que la actividad fotosintética predominó en el humedal, influenciada por la variación estacional de nutrientes y temperatura. En conclusión, la alta producción primaria y la variabilidad en los nutrientes reflejan un ecosistema dinámico con respuestas significativas a las condiciones climáticas.

Quiceno y Castaño (2021) tuvo como objetivo de estudio examinar las variables relacionadas con la calidad hídrica en el humedal Río Blanco para apoyar en el desarrollo tecnológico de sensores en un proyecto IoT. Se realizó una revisión de estudios previos sobre análisis en humedales y la identificación de indicadores fisicoquímicos fundamentales para la biodiversidad. Los resultados mostraron que en el humedal Torca-Guaymaral, el oxígeno disuelto (OD) osciló entre 0,1 y 7,91 mg/L, con valores superiores en temporadas de lluvia, indicando posibles impactos negativos de vertimientos. En el humedal de Eten, el OD varió entre 4,9 y 5,9 mg/L, dentro del rango aceptable para la vida acuática. El pH en Torca-Guaymaral se mantuvo entre 7,15 y 7,5, mientras que, en el humedal de Ventanilla, se registraron valores de pH fueron de 8,01 a 8,15, dentro del rango normativo. En cuanto a la turbidez, los valores en el afluente hídrico de Cusco variaron entre 1,49 y 14,47 UNT, indicando una calidad aceptable. La investigación concluye que la evaluación de pH, turbidez, oxígeno

disuelto, y la integración de energías renovables son esenciales para un monitoreo adecuado en el humedal Río Blanco.

Suhaila et al., (2020) tuvieron como objetivo analizar los cambios estacionales en los parámetros fisicoquímicos en la laguna de Setiu durante la temporada del monzón del noreste (febrero 2018) y el inter-monzón (abril 2018). La investigación fue de tipo descriptivo, con un diseño longitudinal, se realizaron recolecciones de muestras en 3 puntos de monitoreo. Según los resultados obtenidos, durante el monzón, la temperatura la superficie y el fondo de agua osciló entre 28.3 y 28.7°C, mientras que en el inter-monzón, la temperatura aumentó a un rango de 28.5 a 30.0°C. El oxígeno disuelto promedió fue de 0.08 mg/L durante el monzón, aumentando a 2.51 -- 4.21 mg/L en el inter-monzón. El pH varió entre 7.11 y 7.56 en el monzón y entre 7.03 y 7.19 en el inter-monzón. La salinidad fue mayor durante el monzón, alcanzando hasta 23.4 psu, comparada con los 15.3 psu del inter-monzón. La concentración de Chl-a mostró un aumento significativo en la estación de muestreo B de 5.88 mg/m³ durante el monzón a 12.81 mg/m³ en el inter-monzón, mientras que la estación A experimentó una disminución de 14.76 mg/m³ a 8.98 mg/m³. Estos resultados sugieren que la variabilidad en Chl-a está relacionada a factores ambientales cambiantes, como la entrada de nutrientes y el flujo de agua, que varían con las estaciones. Se concluye que la dinámica estacional y las actividades antropogénicas, como la acuicultura, tienen un significativo impacto en los parámetros del agua y la concentración de Chl-a en la laguna de Setiu.

Gupta et al., (2020) tuvieron como objetivo evaluar el impacto de las propiedades fisicoquímicas del agua sobre la diversidad de macrófitos en el humedal de Bhoj, India. La investigación fue de tipo descriptiva y contó con un diseño transversal analizó las muestras de agua en tres estaciones: pre-monzón, monzón y post-monzón, y se centró en parámetros como temperatura, oxígeno disuelto (OD) y pH. Los resultados mostraron que en la temporada pre-monzón, la temperatura del agua alcanzó hasta 33.8°C, con un OD mínimo de 3.6 mg/L, mientras que la turbidez y la dureza total aumentaron significativamente debido a la evaporación y los contaminantes urbanísticos. La concentración de cloruro fue alta (69.99 mg/L), indicando contaminación por escorrentía urbana. La diversidad de macrófitos, con 12 especies observadas, se redujo en los sitios más contaminados (como el sitio V y VI) debido a la alta turbidez y bajas concentraciones de DO. En conclusión, las actividades

antropogénicas han deteriorado la calidad del recurso hídrico y disminuido la biodiversidad en el humedal, subrayando la necesidad de tomar medidas de conservación para proteger estos ecosistemas vitales.

Imam et al., (2021) tuvieron como objetivo evaluar la calidad hídrica y el grado de eutrofización del humedal Gharana, ubicado en la frontera internacional entre India y Pakistán. Se realizó una evaluación fisicoquímica de las muestras de agua y sedimentos entre 2015 y 2018, utilizando el índice de calidad del agua para realizar la clasificación de calidad del humedal. Los resultados indican que durante el período premonzónico, el WQI osciló entre 58.92 y 95.99, clasificando el agua como de muy baja calidad, mientras que durante el período postmonzónico, el WQI se situó entre 106.66 y 128.17, calificando como agua no apta para el consumo. La turbidez promedio varió de 6.8 NTU a 15.5 NTU, con valores elevados en comparación con los estándares BIS, y el contenido de hierro superó el límite permitido, indicando contaminación. Los sedimentos presentaron un alto contenido de silt y nutrientes macronutrientes, como nitrógeno y fósforo, reflejando un problema de eutrofización. Se concluye que se requiere aplicar medidas de conservación, monitoreo y restauración para mejorar la calidad de agua y mitigar la eutrofización en el humedal Gharana.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Santofimia et al., (2021) tuvieron como objetivo analizar cómo diversas variables afectan el estado de conservación del humedal presente en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, con especial énfasis en la influencia de la población de peces, incluyendo especies invasoras. La investigación empleó un diseño experimental con muestreos en primavera y verano de 2018-2019 en dos áreas diferenciadas del humedal. Los resultados revelaron una notable variación en los parámetros entre las zonas A y B. En la zona A, se observaron valores de clorofila-a de hasta 40 µg/l, altos niveles de turbidez, entre 80 y 120 NTU, y nutrientes (nitrógeno entre 2,16-13,4 mg/l y valores de fósforo total de entre 0,04 y 0,304 mg/l), además, un desarrollo significativo de blooms algales y cianobacterias. En contraste, la zona B mostró menores niveles de turbidez y nutrientes, con una mejor calidad del agua y un desarrollo saludable de vegetación sumergida. Las conclusiones indican que las especies invasoras de peces, contribuyen a la alta turbidez y eutrofización en la zona A, afectando negativamente la vegetación acuática y exacerbando la degradación del ecosistema.

Delgado (2021) tuvo como objetivo caracterizar el grado de eutrofización del humedal llamado Conococha mediante el análisis fisicoquímico y biológico. Esta investigación cualitativa, descriptiva y retrospectiva se realizó mediante un diseño M → O, evaluando datos del año 2019. Según los resultados obtenidos mostraron al oxígeno disuelto (OD) con un valor de 6.58 mg/L en la temporada de precipitación y 6.56 mg/L en la de estiaje, mostrando un aumento respecto a estudios previos. El pH del agua se mantuvo alcalino con valores de 8.88 en estiaje y 9.32 en precipitación. La transparencia que tuvo el agua, disminuyó a 0.44 m y 0.58 m, indicando una condición trófica de hipertrófica. Los niveles de fosfatos fueron elevados (12.05 mg/L), mientras que el nitrógeno total se reportó en 1360 µg/L en estiaje y 1540 µg/L en precipitación. La clorofila “a” se mantuvo alta (0.035 mg/L). Estas condiciones reflejan una fuerte eutrofización, debido a actividades antropogénicas, como la ganadería y la descarga de desechos, que han llevado a un incremento de nutrientes y una reducción en la transparencia del agua.

Córdova y Huamantínco (2024) tuvo como objetivo reconocer la diversidad de coleópteros acuáticos presentes en Los Pantanos de Villa, y analizar su vínculo con los parámetros fisicoquímicos del agua. Se utilizó un diseño de muestreo en campo con 12 estaciones distribuidas en seis lagunas, analizando parámetros como conductividad eléctrica (CE), pH, oxígeno disuelto (OD), turbidez (Turb) y temperatura (T). Se lograron identificar 13 especies de coleópteros, con 1475 individuos en total, destacando dos nuevas especies para Perú: *Desmopachria challeti* y *Hydraena quechua*. Los resultados mostraron que la mayor abundancia y riqueza de especies de Dytiscidae se encontraron en la laguna el Refugio, con un total de 455 individuos, mientras que los Hydrophilidae fueron más abundantes en Delicias B con 288 individuos. Los Análisis de componentes principales indicaron que el pH, la CE, y la turbidez son factores que influyentes en la distribución de los coleópteros acuáticos, con especies de Hydrophilidae mostrando alta tolerancia a la CE, mientras que las de Hydraenidae y Dytiscidae prefirieron condiciones con baja CE y turbidez. Estas conclusiones sugieren que la vegetación acuática y las condiciones físicas del hábitat son fundamentales para la composición de coleópteros en el RVSLPV.

Ramos (2022) tuvo como propósito medir los valores fisicoquímicos y biológicos de la laguna “Los Milagros”, Huánuco, y analizar su relación con el grado de eutrofización durante el año 2021. La investigación tuvo un nivel correlacional y

de diseño no experimental, analizó las variables sin manipulación experimental, observando su comportamiento en el tiempo para entender su evolución. Los resultados del estudio revelaron que el pH se mantuvo en un valor de 7.0 a 7.5, dentro de los estándares del Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM. Los niveles de temperatura del agua variaron entre 23.5°C y 25.2°C, mientras que la concentración de nitratos fluctuó entre 128.3 µg/L y 128.4 µg/L, lo que posiciona a la laguna en un estado mesotrófico. En contraste, los niveles de fósforo total oscilaron en valores de 14.1 mg/m³ y 24.1 mg/m³, clasificándose en un estado oligotrófico. Por su parte, la clorofila "a" se mantuvo entre 41.4 mg/m³ y 48.2 mg/m³, indicando también un estado mesotrófico. Sin embargo, la transparencia del agua, con valores entre 65.3 m y 68.1 m, clasifica la laguna como eutrófica. Las conclusiones indican que, a pesar de un estado general mesotrófico y oligotrófico en cuanto a nutrientes y clorofila, la baja transparencia sugiere una eutrofización progresiva, influenciada por el aporte de sedimentos y nutrientes debido a aguas residuales sin tratar.

De la Cruz et al., (2021) tuvieron como objetivo analizar los parámetros fisicoquímicos del agua de los humedales artificiales de Huanchaco en 2019, con el fin de evaluar su impacto en la conservación de la totora. El estudio fue de tipo descriptivo y de diseño no experimental, incluyó mediciones de manera in situ y análisis de muestras en el laboratorio. Según los resultados obtenidos, el pH del agua osciló entre 6.5 y 7.5, dentro de los estándares ambientales recomendados. La temperatura varió entre 21.7°C y 26.7°C, mientras que la conductividad promedio fue de 0.89 S/m, superior al límite recomendado de 0.1 S/m. El oxígeno disuelto promedió 0.52 mg/L, significativamente inferior al valor ideal de ≥ 5 mg/L. La DBO5 varió entre 0 y 4.3 mg/L, por debajo del estándar mínimo de 5 mg/L. Indicando que a pesar de ciertas condiciones que favorecen el crecimiento de la totora, la elevada conductividad y la baja concentración de oxígeno en el agua están perjudicando la calidad del hábitat. Se concluye que resulta prioritario adoptar acciones para mejorar el estado del agua y salvaguardar la técnica tradicional de cultivo y cosecha de la totora.

2.1.3. Antecedentes locales

Pozo (2024) tuvo como propósito analizar la calidad del agua del manantial de Waper en Ayacucho para uso agrícola. El estudio fue aplicado y descriptivo, permitió examinar los parámetros fisicoquímicos del agua a lo largo de varios meses. Según los resultados, en el punto de muestreo FWAPE 01 la conductividad alcanzó un máximo

de 960 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y en FWAPE 02 un mínimo de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ambos inferiores al límite establecido de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para riego agrícola. El pH del agua varió entre 6.75 y 7.74, dentro del rango recomendado. La concentración de cloruros fue de 57.08 mg/L en FWAPE 01 y 68.42 mg/L en FWAPE 02, ambos por debajo del límite de 500 mg/L. Los bicarbonatos variaron entre 333.40 mg/L y 480.15 mg/L, indicando niveles aceptables para riego. La concentración de carbonatos y sulfatos mostró variaciones significativas, con valores de 10.5 a 20.4 mg/L y 3.84 a 58.60 mg/L, respectivamente. El índice SAR, con valores de 0.57 a 3.23, indicó que el agua tiene un bajo riesgo de sodificación. En conclusión, el agua del manantial de Waper se clasifica como C3S1, adecuada para cultivos tolerantes a la salinidad, siempre y cuando el suelo tenga buen drenaje.

Cardenas Morales et al. (2025) realizaron un estudio geoquímico, hidroquímico y de teledetección en el humedal de Huaper, evidenciando procesos iniciales de deterioro de la calidad del agua asociados a la presencia de nitratos, disminución del oxígeno disuelto y actividades antrópicas, lo que sugiere un riesgo progresivo de eutrofización en este ecosistema altoandino.

Cárdenas Morales et al. (2025) evaluaron el humedal de Huaper bajo un enfoque socioambiental, identificando que la presión antrópica influye significativamente en la alteración de sus condiciones ecológicas. Los autores señalan que estas perturbaciones favorecen el ingreso de nutrientes al sistema, generando condiciones que pueden desencadenar procesos de eutrofización y pérdida de calidad del agua.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad del agua

Es la variable clave para describir el entorno acuático, tomando en cuenta tanto su descripción ambiental como la administración y planificación de los recursos hídricos. En este marco, se emplean las propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua para evaluar su calidad y determinar su idoneidad para distintos usos, incluyendo la protección de la salud y de los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, la calidad del agua puede verse influenciada tanto por fenómenos naturales como por acciones humanas (Luvhimbi et al., 2022).

Además, el término calidad del agua se emplea para referirse a la condición, así como la idoneidad del agua para su uso y, por lo tanto, la supervisión constante de la calidad del lago representa un tema clave para la protección y gestión sostenible. Además, la calidad es la variable descriptora elemental del agua, desde las perspectivas ambientales y las gestiones hidrológicas (Villena, 2018).

En este contexto, las características fisicoquímicas, estéticas y biológicas del agua se emplean como indicadores para evaluar su calidad y establecer su aptitud para diversos fines, entre ellos preservar la salud de las personas y del ecosistema acuático (Luvhimbi et al., 2022). En este sentido, la eutrofización se considera como un problema principal de calidad del agua en nuestro planeta.

2.2.2. Contaminación del agua

La Organización Mundial de la Salud, menciona que los cuerpos de agua presentan condiciones de contaminación cuando su composición ha sufrido alteraciones de modo que no cumple con los estándares requeridos de calidad para su uso como agua potable (El Bouaidi et al., 2020).

En este sentido, los contaminantes del agua se dividen en dos categorías: fuentes puntuales y fuentes no puntuales. Se habla de contaminación de fuente puntual cuando los contaminantes provienen de un único origen específico. En cambio, si la contaminación viene a partir de diversas fuentes dispersas, este fenómeno se conoce como contaminación de origen difuso (Abu Shmeis, 2018).

a. Fuentes Puntuales

Este tipo de contaminación se origina en un punto específico de emisión, con descargas localizadas a través de tuberías o canales, lo que facilita su identificación y control. Algunos ejemplos incluyen el vertido de residuos líquidos industriales, efluentes de sistemas de enfriamiento, aguas residuales urbanas (que contienen restos de alimentos, aceites, productos de limpieza, basura, detergentes, jabones, entre otros), así como residuos peligrosos procedentes de operaciones mineras, derrames o descargas.

b. Fuentes no puntuales

Son descargas discontinuas y flujos dispersos que contribuyen a la polución. Este tipo de contaminación puede tener como origen la lluvia, debido a que el agua

pluvial transporta los contaminantes presentes a lo largo de su trayecto. Además, las descargas difusas de las granjas resultan de actividades como el riego y limpieza ganadera, que liberan nutrientes, materia orgánica, y microorganismos. En las áreas agrícolas, el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes constituye una de las principales causas de polución por nitratos.

2.2.3. Contaminación del agua por nitratos

En el medio natural, el nitrógeno inorgánico se manifiesta en formas como nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal (Elisante y Muzuka, 2016; Yu et al., 2020). A partir de este contexto, el ciclo biológico del nitrato abarca procesos tales como la fijación de nitrógeno, reducción asimilatoria, disimilatoria de nitrato y nitrificación, oxidación anaeróbica del amonio y desnitrificación, todos estos son promovidos por la acción de microorganismos y por la presencia de distintos compuestos nitrogenados en el entorno (Moloantoa et al., 2022).

El nitrato, al ser un contaminante bastante soluble en el agua, no se adhiere totalmente a las partículas del suelo, lo que permite su transporte hacia las aguas superficiales y subterráneas (Divband et al., 2018) mediante mecanismos como la lixiviación, filtración, escorrentía y deposición atmosférica. (Bhateria y Jain, 2016). Esto provoca que este compuesto esté presente en cantidades moderadas dentro de sistemas acuáticos, lo que provoca una reducción en los niveles de oxígeno disuelto en el agua (Malone y Newton, 2020).

2.2.4. Contaminación del agua por fosfato

El fósforo se encuentra comúnmente como fosfatos, estos se dividen en polifosfatos, ortofosfatos, y fosfatos orgánicos, y generalmente se encuentran tanto en forma disuelta como en partículas sólidas (Wanat, 2017). Además, por su alta afinidad con los ecosistemas acuáticos y terrestres, el principal problema asociado a este elemento surge cuando está en exceso en los cuerpos de agua, debido a que fomenta el crecimiento de algas (Ahumada y Eliecer, 2018).

2.2.5. El humedal como ecosistema

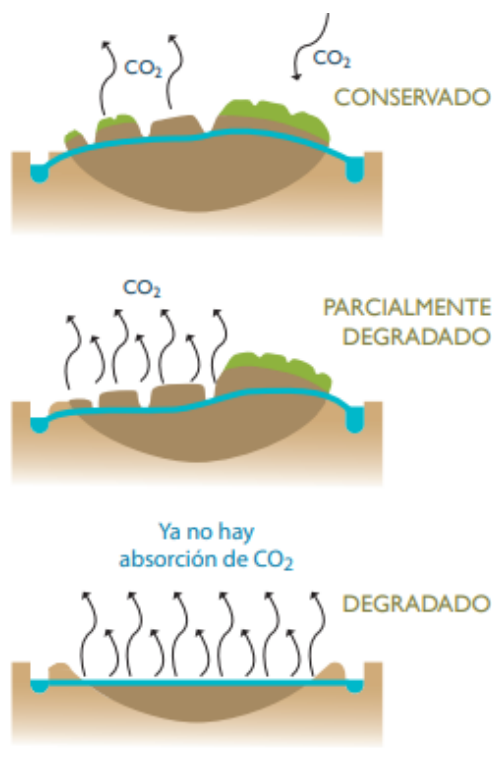
Son generalmente conocidos como bofedales que se caracterizan por la proximidad de una capa freática cercana al suelo o donde el suelo está asegurado de forma permanente o semipermanente con aguas poco profundas y plantas marinas alojadas (De la Torre Mayorga, 2020). Proveen servicios ecosistémicos como el

suministro de agua, forraje para el ganado, control del agua en la parte alta de las cuencas y de almacenamiento de carbono (Maldonado, 2018).

Este ecosistema destaca por el exceso de materia orgánica presente en los suelos y, aunque abarcan apenas el 3% de la superficie terrestre mundial, contienen aproximadamente el 30% del carbono total almacenado en los suelos a nivel global, mientras que en el Perú abarcan una superficie aproximada de 0.42% (548,174.41 ha) y están distribuidos en quince regiones, sin embargo, a medida que estos ecosistemas se deterioran, van perdiendo progresivamente los servicios que brindan (Forest Trends, 2020).

Figura 1

Estado de conservación de los humedales



Nota: Adaptado de Forest Trends (2020).

Así mismo, para el Ministerio del Ambiente (2019), son ecosistemas altoandinos de gran interés ambiental, económico y social, que brindan servicios y bienes destinados a contribuir a la satisfacción de las necesidades de las comunidades vecinas. Su vegetación es siempre verde espesa y compacta, su fisonomía vegetal se asemeja a praderas que se extienden de 0,1 a 0,5 metros. En expansión, estos humedales son considerados ambientes delicados debido al alto y constante peso al

que se encuentran descubiertos. Según el nivel de agua que contienen, se les puede clasificar de la siguiente manera:

a. Bofedales permanentes húmedos o hidromórficos

Están situados al fondo de los valles, cerca de arroyos y ríos o también en las laderas con vertientes u ojos de agua. Se encuentra principalmente en las planicies de inundaciones de llanuras y tienen una irrigación continua en el transcurso de todo el año. Su suelo es rico en materia orgánica, formando esencialmente una turbera de alta montaña. En estos bofedales se puede encontrar especialmente especies de *Oxychloe andina*, *Distocia muscoides*, *Plantago tubulosa* y *Werneria pigmaea*.

b. Bofedales temporalmente húmedos

Estos tipos de bofedales pierden agua durante las épocas de sequedad, originando la descomposición de los cojines, por ende, la muerte de las especies vegetales y el almacenamiento de sales en el suelo. Así mismo, presentan una menor profundidad o nula presencia de turberas, también tienen poca capacidad de almacenamiento de agua y carbono. Por tal razón, no existe mucha vegetación en comparación con los bofedales permanentemente húmedos.

2.2.6. Procesos de eutrofización

La eutrofización se reconoce como un problema ambiental, que se origina por la presencia de los suplementos expandidos como nutrientes y materia orgánica, condicionando la proliferación en los brotes de algas, asimismo genera efectos negativos importantes, como en la calidad del agua que es afectada, provocando que sea inaceptable para la utilización de los seres vivos (García y Miranda, 2018). Asimismo puede definirse como el proceso que conduce al estado eutrófico, y puede ser el resultado de un aporte de nutrientes, pero también de un incremento en el tiempo de permanencia, acompañado de una reducción de la turbidez o una disminución de la presión de pastoreo (Beiras, 2018).

Cuando el cuerpo de agua tiene abundancia, los suplementos promueven el desarrollo de la vegetación u otros seres vivos oceánicos indeseables, entonces patea el balde y se descompone produciendo olores repugnantes, aumenta la turbidez y cambia la calidad del agua (López et al., 2020). Además, a un aumento de microbios (de alto impacto y anaeróbicos), los organismos microscópicos de alto impacto gastan grandes cantidades de oxígeno causando la asfixia de peces, mientras que los

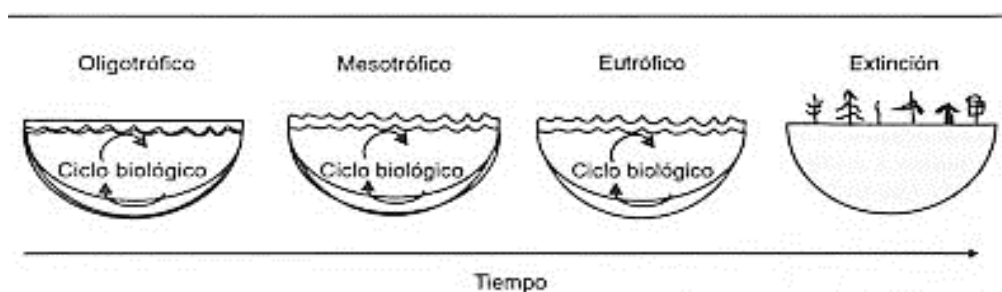
organismos microscópicos anaeróbicos transmiten gases (Zambrano Alcívar, 2018).

2.2.7. Métodos de evaluación de contaminación del agua

Los enfoques para analizar la polución del agua han evolucionado desde el índice de calidad del agua fue desarrollado en 1965 por Horton en los Estados Unidos y ha sido ampliamente aplicado y aceptado en países europeos, africanos y asiáticos. En 1977, Carlson desarrolló una clasificación numérica en lugar de una nomenclatura para el estado trófico de los lagos (TSI). Una modificación del índice desarrollado por Carlson en un índice de nivel trófico (TLI) ha sido establecida por Burns en el 2005 (El-Serehy et al., 2018).

Figura 2

Evolución de los estados de productividad



Nota: Adaptado de García y Miranda (2018)

2.2.8. Índice de estado trófico de Carlson (TSI)

Este índice fue elaborado por el investigador estadounidense Robert Carlson a finales de los 70s del siglo XX y se define como un sistema de clasificación diseñado para categorizar lagos, estanques y embalses individuales en función de la productividad biológica que se produce en el agua (El-Serehy et al., 2018). De esta manera, la elaboración del índice se fundamenta en la correlación entre la claridad del agua y la cantidad de biomasa algal.

Carlson pensó que el nivel trófico expresado numéricamente da más precisión que una evaluación descriptiva tradicional. Como parámetros adicionales para calcular el índice, Carlson sugirió fósforo total y clorofila-a, y sus cifras se basaron en el análisis de correlación y regresión (Neverova-Dziopak y Kowalewski, 2018). El cálculo del índice trófico se realiza mediante la siguiente fórmula:

Figura 3*Ecuación de TSI*

$$IET = 10 \left[\frac{6 - 2,04 - 0,68 \ln(\text{clor } a)}{\ln 2} \right]$$

Nota. Adaptado de García y Miranda (2018)

La información bruta se cambia por ecuaciones adecuadas para lograr cumplir con la condición de que los valores modificados de la ejecución mínima y más elevada para los tres componentes se eleven a 100, por separado (García y Miranda, 2018). Cuando la masa de algas se duplica, la transparencia del cuerpo de agua disminuye, y el valor del índice de la TSI aumenta en 10 (Neverova-Dziopak y Kowalewski, 2018).

Figura 4*Escala del índice del Estado Trófico*

Ecuaciones	Rangos
$I(\text{ChA}) = 9.81 * 1n(\text{ChA}) + 30.6$	(ChA = mg clorofila; 0.04 a 1180 mg/m ³)
$I(\text{PT}) = 14.42 * 1n(\text{PT}) + 4.15$	(PT = total mg; 0.75 a 768 mg P/m ³)
$I(\text{SD}) = 60 - 14.42 (\text{SD})$	(SD = profundidad de Secchi en m; 64 a 0.0625 m)

Nota: Adaptado de García y Miranda (2018).

Según sus niveles de clorofila planctónica, los ambientes pelágicos se han clasificado como oligotróficos (<0,1 µg/L), mesotrófico (0,1–1) y eutróficos (>1), aproximadamente equivalentes en términos de producción primaria a <50, 50– 200 y > 200 gC/m² año (Beiras, 2018).

2.2.9. Medidas de manejo ambiental de eutrofización

La gestión sostenible de lagos eutróficos considera las variables sociales, ambientales y económicas importantes para los ciudadanos, incluidos los valores de propiedad, la calidad del cuerpo de agua y del aire, el valor estético, el sabor y el olor, la turbidez, el valor recreativo, los impactos en la salud. y requisitos reglamentarios (Wagner y Erickson, 2018). En las últimas tres décadas, la gestión de la eutrofización ha pasado de una simple matanza dirigida de algas, que reduce la concentración de nutrientes endógenos, a múltiples tecnologías para la restauración de los ecosistemas (Zhang et al., 2020).

Un aspecto crucial de la evaluación de la eutrofización y la proliferación de algas nocivas en cuerpos de agua dulce en cualquier lugar es la disminución de la carga de nutrientes externos, en particular fósforo y nitrógeno (Wagner y Erickson, 2018). En Latinoamérica, la inexistencia de marcos de observación adecuados a nivel nacional y de evaluaciones sólidas de los impactos producidos por las transformaciones productivas frenan tanto el plan de medidas de gestión satisfactoria, generando una incertidumbre inherente a esta problemática (Goyenola et al., 2021).

Los conceptos mencionados líneas atrás nos brindan una visión clara con respecto a las variables de estudio, donde la calidad del cuerpo de agua es un concepto clave para la protección y gestión sostenible del agua y de estructuras hidráulicas como los humedales. Asimismo, ocurre con el concepto de contaminación del agua, es de gran relevancia conocer si el agua de los humedales presenta condiciones de contaminación, sufriendo alteraciones, lo cual puede provocar un estado crítico en el ecosistema, perjudicando la vida acuática. De igual manera, la contaminación por nitratos, es de importancia conocer que la presencia de este compuesto químico o contaminante se encuentra muchas veces en cantidades moderadas en sistemas acuáticos como en los humedales, fomentando con ello el proceso de eutrofización, lo cual es perjudicial para la estabilidad dentro del ecosistema, lo mismo ocurre con la contaminación por fosfatos en los cuerpos de agua, en donde la presencia de fosfatos, cuando se encuentra en concentraciones elevadas, puede favorecer a gran escala la proliferación de algas. Es fundamental conocer el concepto de los ecosistemas de humedales, ya que brindan servicios ecosistémicos como el suministro de agua, satisfacer las necesidades de las comunidades vecinas y la regulación del recurso hídrico en la zona con el almacenamiento de carbono; sin embargo los procesos de eutrofización son un problema ambiental que ellos enfrentan, esto debido a la presencia de materia orgánica en el agua, condicionando la proliferación en los brotes de algas, afectando con ello la calidad de los humedales. Existen métodos de evaluación de calidad de los humedales, tal como menciona el concepto, el índice de estado trófico propuesto por Carlson es una medida del nivel trófico (TLI) de gran importancia, puesto que la elaboración del índice se fundamenta en la asociación entre la claridad del agua y la biomasa de las algas, permitiendo establecer el nivel del índice de eutrofización en el humedal de Huaper.

2.3. Definición de términos

- Nitrógeno total: Resulta de la suma de todas las formas de nitrógeno (orgánico, amoniacal, nitratos y nitritos).
- Fósforo total: Es un nutriente responsable del aumento y crecimiento excesivo de algas, resulta de la suma de todas las formas disponibles de fósforo en el agua. (Véliz & Seni, 2022).
- Conductividad eléctrica: Evalúa la habilidad del agua para conducir corriente eléctrica, la cual está determinada por la concentración de iones disueltos.
- pH: Este parámetro indica si el agua es ácida, neutra o básica.
- Oxígeno Disuelto: Mide la cantidad de oxígeno disponible en el agua.
- Sólidos Disueltos Totales (TDS): Mide la cantidad disponible de sales, minerales y otras sustancias disueltas en el agua.
- Amoníaco Total: Es una forma de nitrógeno que, si está en grandes cantidades, puede resultar perjudicial para los peces y otras especies acuáticas.
- Nitrato: Es una forma de nitrógeno disuelto en el agua. Aunque en pequeñas cantidades no son dañinos, cuando su concentración es muy alta pueden convertirse en un contaminante serio.
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): Este indicador mide la cantidad de oxígeno consumido en la descomposición de la materia orgánica contenida en el agua a través de procesos biológicos aerobios, generalmente medido en un periodo de cinco días (DBO5). En las aguas residuales domésticas, sus niveles suelen variar entre 100 y 350 ppm (Rajhans et al., 2020).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): Este indicador estima la cantidad de oxidante químico, como permanganato o dicromato, que se consume para oxidar la totalidad de las materias orgánicas e inorgánicas presentes. (Rajhans et al., 2020)
- Clorofila A: Es un indicador indirecto de la biomasa fitoplanctónica y del estado trófico de los ecosistemas acuáticos (Wetzel, 2001).
- Transparencia: es evaluada a través de la profundidad Secchi, permite estimar la penetración de la luz y la productividad primaria en ecosistemas acuáticos continentales, siendo un indicador útil de la calidad del agua (Carlson, 1977).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo, al enfocarse en la medición exacta de parámetros fisicoquímicos como en nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) en el humedal Huaper. Se emplearon métodos estadísticos para analizar la concentración de Fósforo Total, Nitrógeno Total, Clorofila A y otros indicadores de eutrofización, proporcionando datos objetivos y cuantitativos sobre el impacto en el ecosistema (Guerrero, 2022). Asimismo, se realizó la correlación entre los valores fisicoquímicos y el índice de eutrofización de Carlson del humedal Huaper. Por otro lado, el tipo de estudio fue aplicativo, ya que la información obtenida permitió determinar los niveles de contaminación del humedal Huaper y evidenciar la influencia de actividades antropogénicas. En cuanto al nivel, este fue descriptivo, puesto que incluyó la interpretación de las condiciones naturales relacionadas con los fenómenos analizados (Hernández-Sampieri y Torres, 2018).

3.2. Ámbito temporal y espacial

El ámbito espacial estuvo centrado en el humedal Huaper, ubicado en la Localidad de Azángaro, Ayacucho, Perú. El ámbito temporal abarcó el tiempo comprendido entre los meses de marzo y julio, durante el cual se llevaron a cabo los muestreos y análisis necesarios para evaluar el estado trófico del humedal.

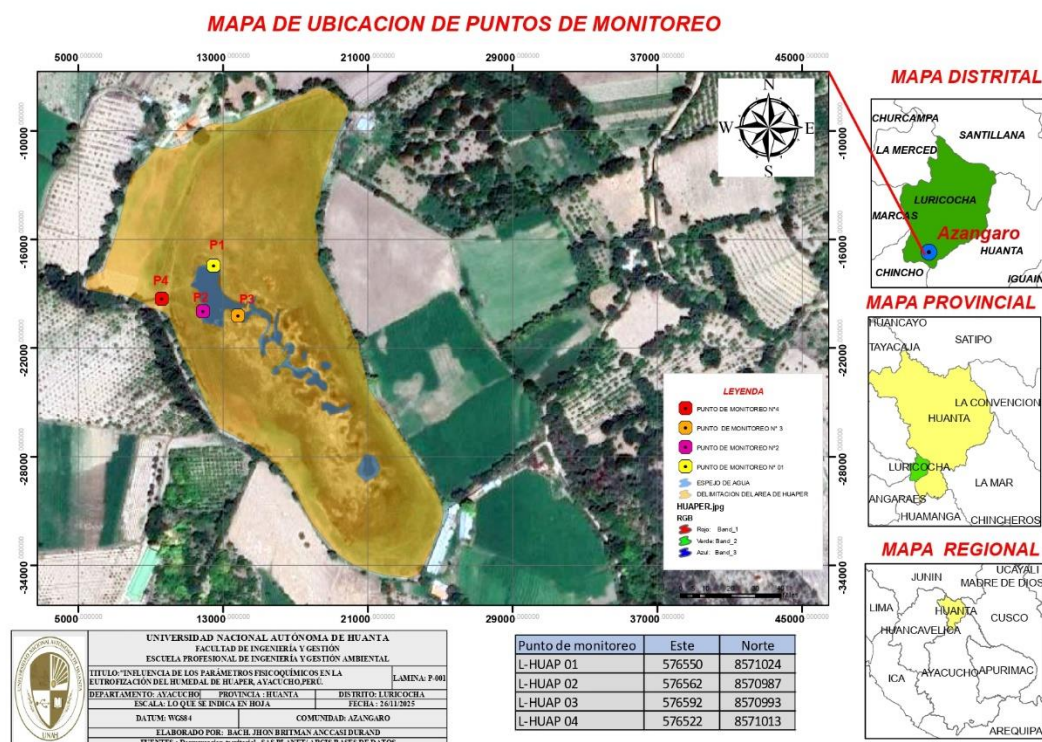
Figura 5

Ubicación del proyecto



Figura 6

Ubicación de puntos de monitoreo



3.3. Población y muestra

La población y muestras estuvo contenida por la cantidad de agua recolectada mediante un protocolo de monitoreo que se aplicó en el humedal Huaper mediante el método del índice de Carlson en el distrito de Luricocha.

Muestreo para identificar los parámetros indicadores de eutrofización: se tomó 2 muestras por punto de muestreo para cuantificar la concentración de Clorofila A, Fosforo Total, Nitrógeno Total, Transparencia.

Muestreo de los parámetros fisicoquímicos estudiados: se tomó 2 muestras por punto de muestreo para identificar los parámetros fisicoquímicos del agua en el humedal Huaper: Conductividad, DBO₅, Nitratos, Amoniaco, OD, pH, STD y T°.

La toma de muestra fue de forma directa en el recurso hídrico, para ello, se emplearon frascos de plástico de boca ancha, con cierre hermético, limpios y con una capacidad de un litro. Se siguió la metodología de Autoridad Nacional del Agua de acuerdo a la R.J. N° 010-2016-ANA, que implica abrir el recipiente, sumergirlo aproximadamente 20 cm bajo la superficie y luego conservarlo mediante refrigeración

a 4 °C hasta por 24 horas para luego evaluar los parámetros fisicoquímicos en laboratorio.

3.4. Instrumentos

Se utilizó la técnica de observación no estructurada, aplicada con un objetivo específico, pero sin utilizar una agenda prediseñada que especificara los objetos a observar. Esta técnica se fundamentó en la utilización de un diario de campo para organizar sistemáticamente las experiencias y posteriormente evaluar los resultados, lo cual facilitó llevar a cabo un seguimiento continuo durante el proceso de observación (Osorio, 2019).

Se empleó como instrumento una ficha para el registro de campo, en ella se registraron el código del punto de muestreo, la fuente de origen, una descripción precisa y detallada del lugar de muestreo, así como la fecha y hora de la toma de muestra, la localidad, distrito, provincia y departamento, las condiciones climáticas, las coordenadas geográficas del punto y otras observaciones relevantes. Asimismo, se anotaron todas las mediciones efectuadas durante el proceso de monitoreo.

Este instrumento se adaptó a partir del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que ha sido establecido por la ANA (2016). Por esta razón, el instrumento contó con validez y confiabilidad sustentadas en el marco normativo, institucional y de gestión conferido por el MINAGRI. En este sentido, el investigador estableció dos puntos de captación de agua, ubicados antes y después de los afluentes de drenaje de aguas ácidas, preferentemente en la zona céntrica del cauce donde el agua fluye libremente.

Los instrumentos y equipos utilizados fueron calibrados por el laboratorio acreditado donde se realizaron los ensayos con el propósito de medir los parámetros de calidad del agua y asegurar resultados verídicos y confiables.

3.5. Procedimientos

Figura 7

Proceso de muestreo de campo

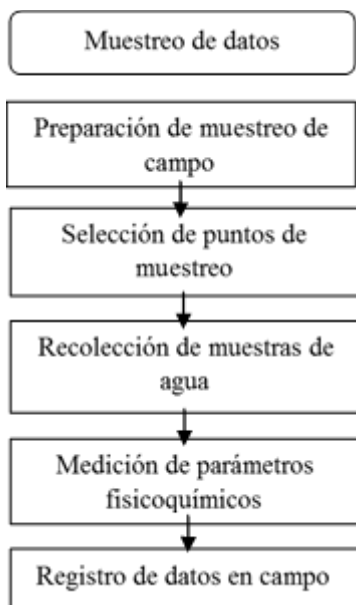
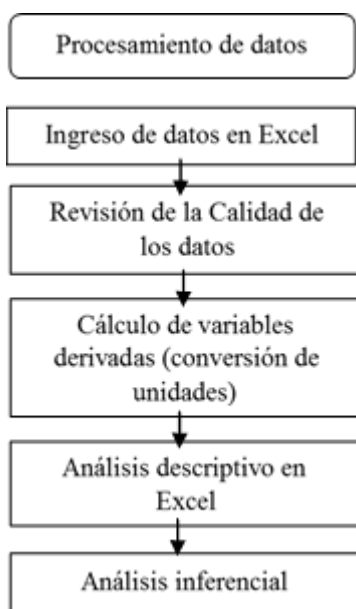
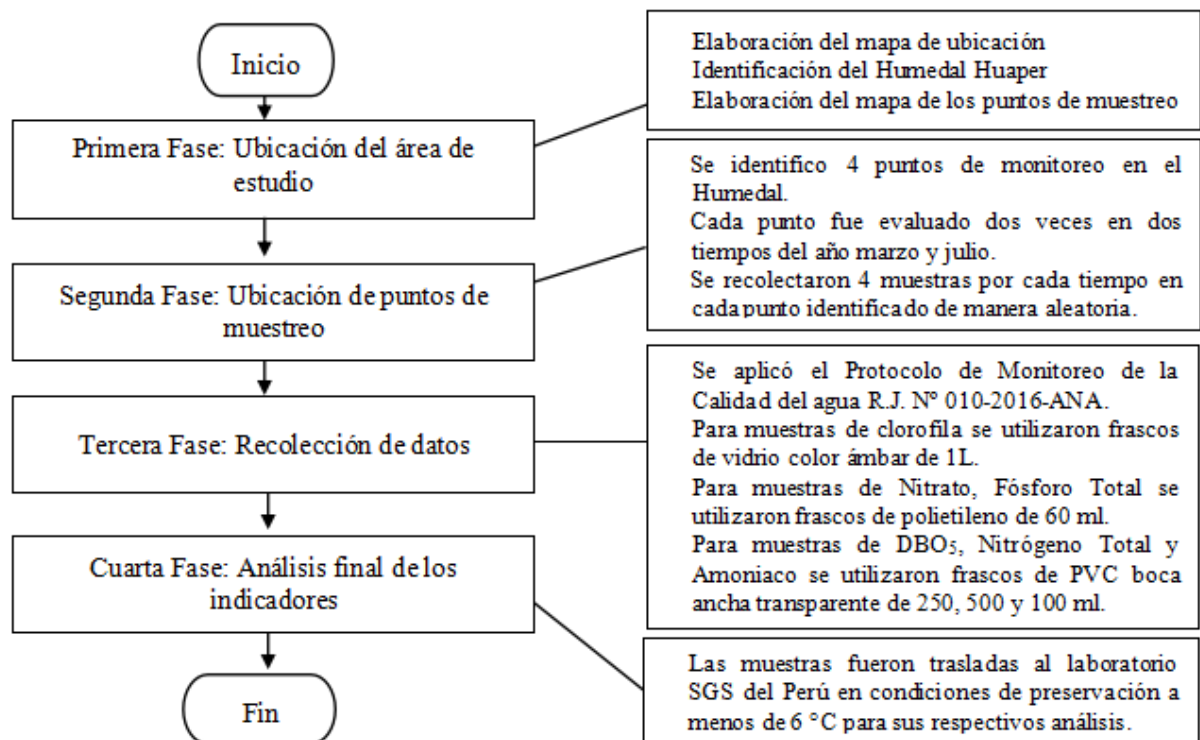


Figura 8

Procesamiento de datos



El siguiente diagrama de flujo ilustra la técnica empleada en la investigación, detallando las fases en las que se desarrolló.

Figura 9*Flujograma de fases de investigación*

3.6. Análisis de datos

El procesamiento de los datos mixtos implicó clasificarlos en grupos más reducidos, alineados con el objetivo de la investigación, para facilitar la organización y el entendimiento de los resultados. Para ello, se empleó estadística descriptiva utilizando Microsoft Excel, SPSS junto con sus respectivas librerías.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados nivel descriptivo

4.1.1. Determinación del nivel del índice de eutrofización en el humedal Huaper, Ayacucho mediante el método de Carlson considerando la medición de los parámetros de Clorofila, Fósforo Total, Nitrógeno Total y Transparencia.

Tabla 2

Parámetros indicadores de eutrofización

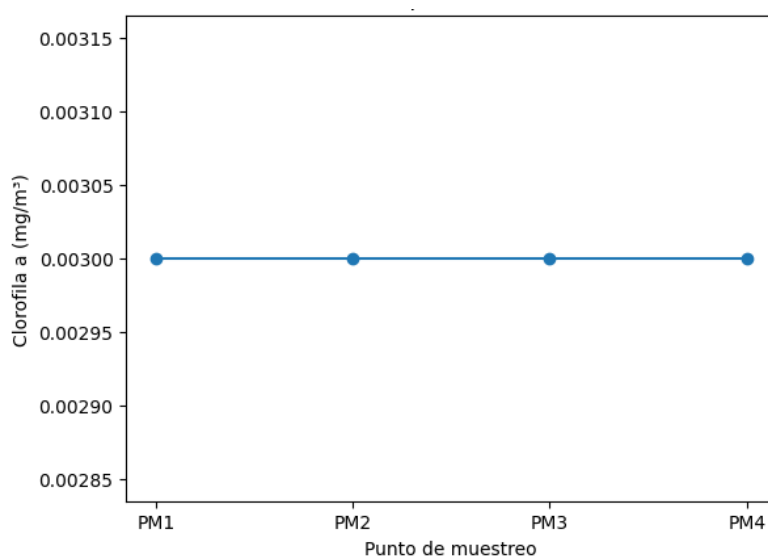
Punto de muestreo	Muestreo	Clorofila A	Fósforo Total	Nitrógeno Total	Transparencia
PM1	Muestreo 1	<0.003	0,033	3,24	1,78
	Muestreo 2	<0.003	0,021	0,95	1,8
PROMEDIO		<0.003	0,027	2,095	1,79
PM2	Muestreo 1	<0.003	0,03	3,84	0,82
	Muestreo 2	<0.003	0,022	0,85	0,77
PROMEDIO		<0.003	0,026	2,345	0,795
PM3	Muestreo 1	<0.003	0,035	4,38	1,68
	Muestreo 2	<0.003	0,023	2,15	1,74
PROMEDIO		<0.003	0,029	3,265	1,71
PM4	Muestreo 1	<0.003	0,036	4,01	1,08
	Muestreo 2	<0.003	0,02	0,78	1,1
PROMEDIO		<0.003	0,028	2,395	1,09

Según lo reportado en la tabla anterior se logra visualizar un nivel de Clorofila A de < 0.003; Los valores están por debajo del límite de detección, lo cual indica muy

baja biomasa fitoplanctónica, esto puede reflejar: Oligotrofia (baja disponibilidad de nutrientes), aunque no coincide del todo con los valores moderados de nutrientes debido a las condiciones que limitan la producción: turbidez, luz insuficiente o consumo por zooplancton. Esto indica que el cuerpo lentic del humedal no presenta proliferación algal ni indicios de eutrofización por productividad.

Figura 10

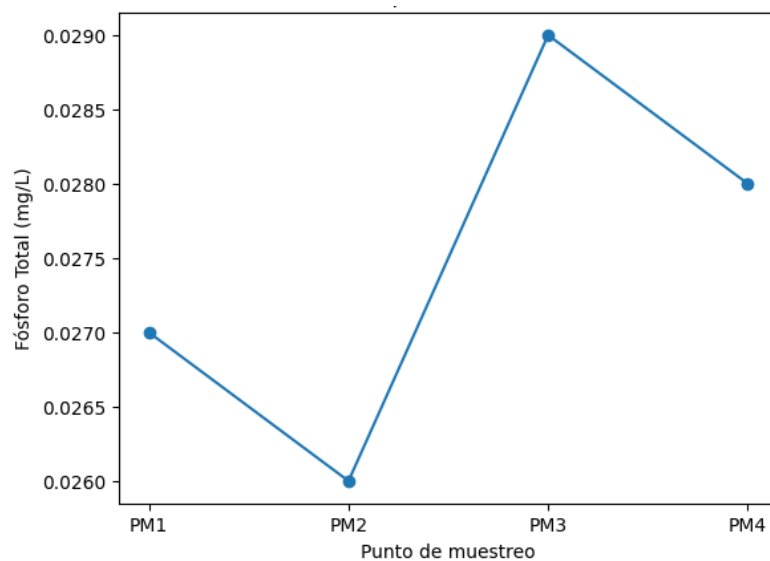
Variación espacial de la concentración promedio de clorofila A



El fósforo total en el PM2 tuvo un valor menor con 0.026 y en el PM3 tuvo un valor mayor de 0.028; Presenta valores típicos de mesotrófica baja según criterios limnológicos (0.025–0.05 mg/L). El fósforo es uno de los principales nutrientes limitantes, así que estos valores permiten algo de productividad, pero no indican riesgo de eutrofización. Esto indica, los cuatro puntos presentan niveles similares y moderados, con ligera tendencia mayor en PM3–PM4.

Figura 11

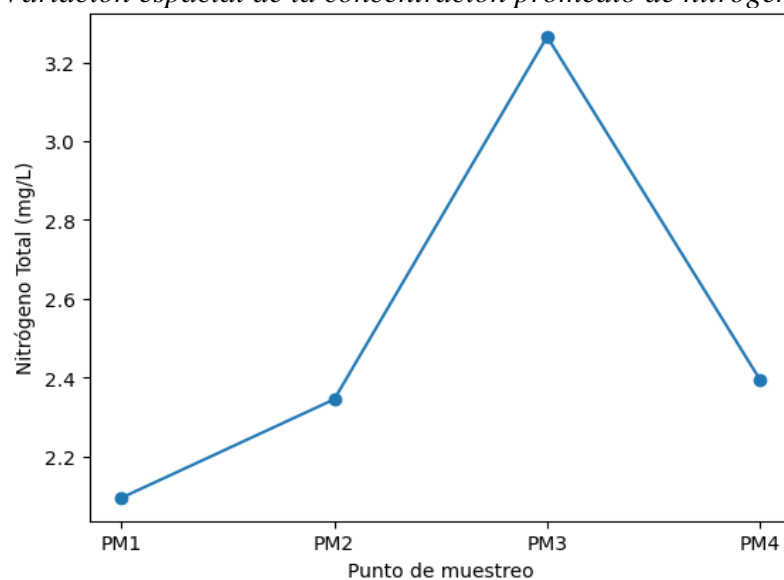
Variación espacial de la concentración promedio de fósforo total



De igual forma el análisis del nitrógeno total, el valor menor lo tuvo el PM1 con 2.095 y el valor mayor lo tuvo el PM3 con 3.265; indica valores altos para sistemas naturales esto podría indicar aportes intermitentes (escorrentía, aguas residuales diluidas, lixiviados), presencia de amonio, nitratos o materia orgánica nitrogenada.

Figura 12

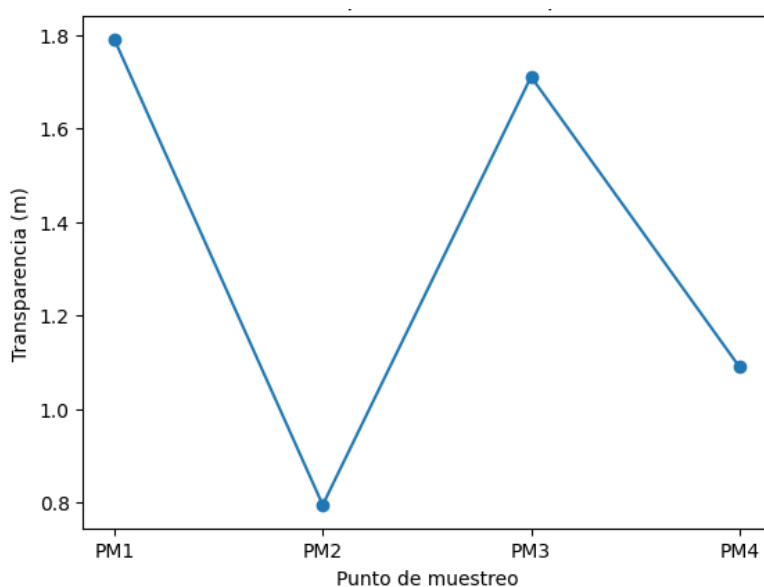
Variación espacial de la concentración promedio de nitrógeno total



Por último, la transparencia en el PM2 presenta la transparencia más baja podría haber mayor turbidez por sedimentos, materia orgánica, condiciones físicas del fondo o actividad cercana, PM1 y PM3 muestran muy buena transparencia, compatible con baja clorofila y PM4 presenta una transparencia intermedia. Esto indica que la claridad del agua varía según el punto, siendo PM2 el más turbio.

Figura 13

Variación espacial de la transparencia



El cuerpo de agua del humedal Huaper presenta baja productividad, niveles moderados de nutrientes y variación temporal significativa de nitrógeno, sin signos de proliferación algal. El punto PM2 merece atención por su menor transparencia.

Para determinar el estado trófico de Carlson los resultados fueron obtenidos usando la fórmula de la figura 5, escala del índice de estado trófico.

$$\text{TSI}(\text{Clorofila}) = 9.81 \cdot \ln(\text{Clorofila } \mu\text{g/L}) + 30.6$$

$$\text{TSI}(\text{Fósforo total}) = 14.42 \cdot \ln(\text{Fósforo } \mu\text{g/L}) + 4.15$$

$$\text{TSI}(\text{Transparencia Secchi}) = 60 - 14.42 \cdot \ln(\text{Secchi m})$$

Tabla 3*Clasificación TSI de Carlson*

TSI Carlson	Estado trófico	Descripción de la calidad del agua
< 30	Oligotrófico	Aguas muy claras, baja productividad, alta calidad.
30 – 50	Mesotrófico	Productividad moderada, nutrientes medios, calidad aceptable.
50 – 60	Eutrófico bajo	Alta productividad, tendencia a problemas de algas.
> 60	Eutrófico alto / Hipereutrófico	Aguas turbias, floraciones, baja calidad.

Usando los valores promedio calculados anteriormente TSI(TP) y TSI(SD) ya estimados se obtiene:

Tabla 4*Clasificación del nivel de eutrofización por punto de muestreo*

Punto	TSI (TP)	TSI (cha)	TSI (SD)	Clasificación
PM1	~55.8	~41.4	~51.6	Mesotrófico – límite a eutrófico
PM2	~51.1	~41.4	~63.3	Eutrófico
PM3	~52.7	~41.4	~52.2	Mesotrófico alto
PM4	~52.2	~41.4	~58.8	Mesotrófico alto – tendencia a eutrófico

De acuerdo a la clasificación del TSI en el PM1 se clasifica como mesotrófico bajo, indica aguas moderadamente productivas y buena transparencia, pero el fósforo es suficientemente alto como para sostener más producción algal que la observada.

En el PM2 la clasificación del TSI es eutrófico, presenta transparencia baja de (0.795 m) eleva el TSI e indica presencia de sólidos suspendidos, ingreso de sedimentos o turbidez no necesariamente asociada a algas (ya que la clorofila A es nula)

En el PM3 el TSI resulta mesotrófico alto muestra niveles moderados de nutrientes como el nitrógeno elevado (≈ 3.27 mg/L), y transparencia ≈ 52.71 , pero sin proliferación algal visible.

El PM4 la Transparencia es reducida (1.09 m) indica presencia de sólidos o actividad biológica y nutrientes moderados (Nitrógeno Total: 2.395 mg/L).

El ecosistema presenta un estado trófico entre mesotrófico alto y eutrófico bajo, con sectores puntuales eutróficos (especialmente en PM2). Aunque la clorofila A está por debajo del límite de detección (< 0.003 $\mu\text{g/L}$), es decir, no hay floraciones algales visibles, los niveles de fósforo (≈ 0.026 – 0.029 mg/L) y de nitrógeno (≈ 2 – 3.3 mg/L) son moderados altos, lo que indica potencial de eutrofización si las condiciones cambian (p. ej. aumento de temperatura, más aporte de nutrientes).

4.1.2. Análisis del comportamiento en los parámetros de conductividad, DBO₅, Nitratos, Amoníaco Total, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales Disueltos y Temperatura en relación con el grado de eutrofización del humedal Huaper.

El comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua, como conductividad, DBO₅, nitratos, amoníaco total, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos y temperatura, permite evaluar el grado de eutrofización del humedal Huaper y comprender cómo varían las condiciones ambientales entre los diferentes puntos y momentos de muestreo. El análisis de estos indicadores resulta esencial para identificar posibles incrementos de nutrientes, disminuciones de oxígeno y cambios en la calidad del agua que puedan afectar la dinámica ecológica del humedal. Estos aspectos se sintetizan en la Tabla 5.

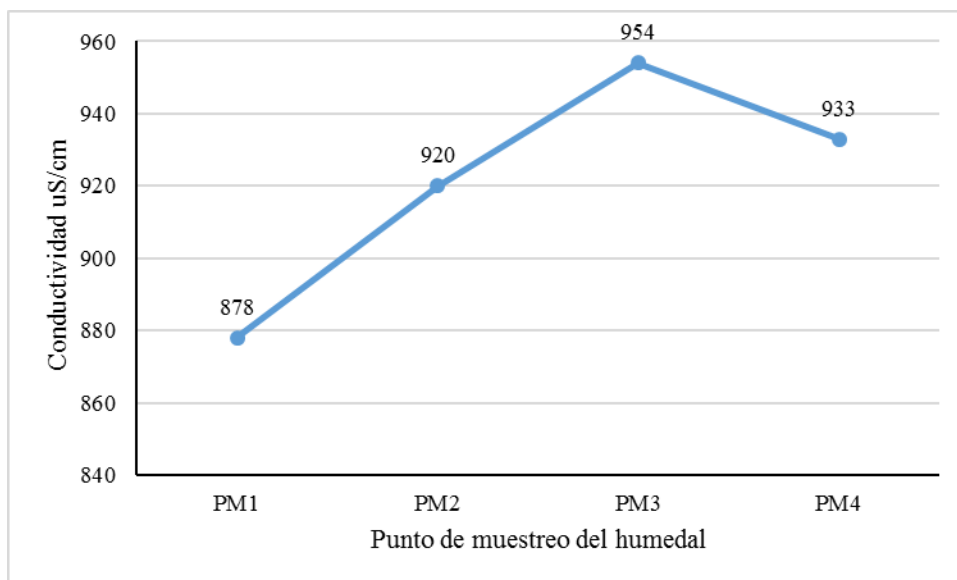
Tabla 5*Parámetros fisicoquímicos del agua en el humedal Huaper por punto de muestreo*

Punto de muestreo	Muestreo	Conductividad uS/cm	DBO₅ mg/L	Nitratos mg/L	Amoniaco mg/NH₃/L	Oxígeno Disuelto mg/L	pH	Sólidos Totales disueltos mg/L	Temperatura °C
PM1	Muestreo 1	18.27	< 2.6	2.625	< 0.012	2.45	6.9	914	22.63
	Muestreo 2	878	< 2.6	3.758	0.055	4.61	7	439	18.72
PM2	Muestreo 1	19.04	< 2.6	5.843	< 0.012	4.4	7.8	952	23.63
	Muestreo 2	920	< 2.6	2.2	0.052	5.5	6.89	460	18.95
PM3	Muestreo 1	19.1	< 2.6	5.206	< 0.012	4.12	6.96	957	22.91
	Muestreo 2	954	< 2.6	4.506	0.065	4.4	6.74	478	19.24
PM4	Muestreo 1	19.02	< 2.6	4.413	< 0.012	3.57	7	954	22.56
	Muestreo 2	933	< 2.6	1.841	0.022	4.92	7.11	466	19.77

En el segundo muestreo, la conductividad aumentó considerablemente en todos los puntos de muestreo oscilando entre 878 y 954 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando una mayor concentración de sales y minerales. Teniendo en esta ocasión los valores más altos en el PM3 y el PM4.

Figura 14

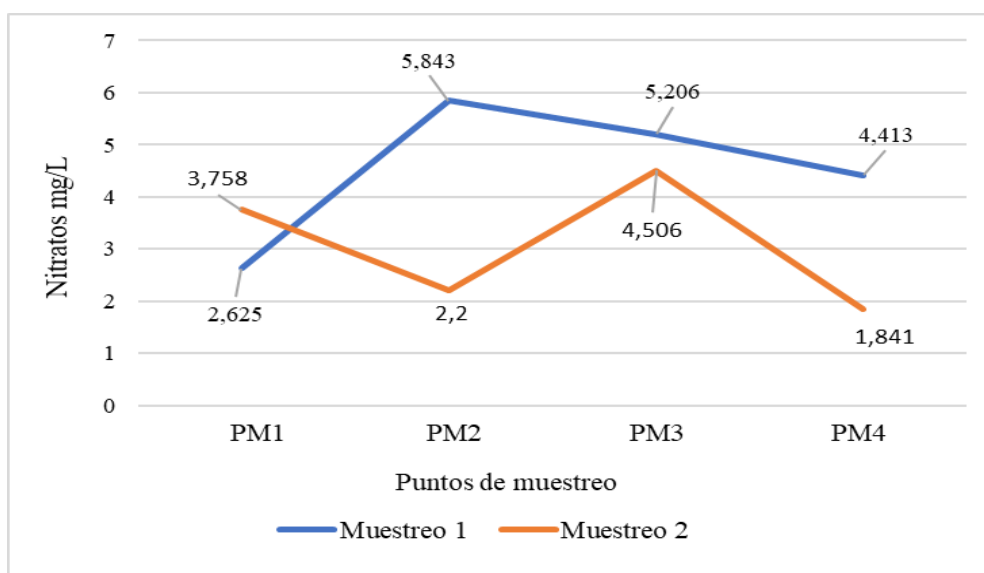
Variación espacial de la Conductividad eléctrica



Al observar los resultados en el primer muestreo, la conductividad se mantiene bastante baja y estable entre todos los puntos, con valores entre 18.27 y 19.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 15

Variación espacial de nitrato

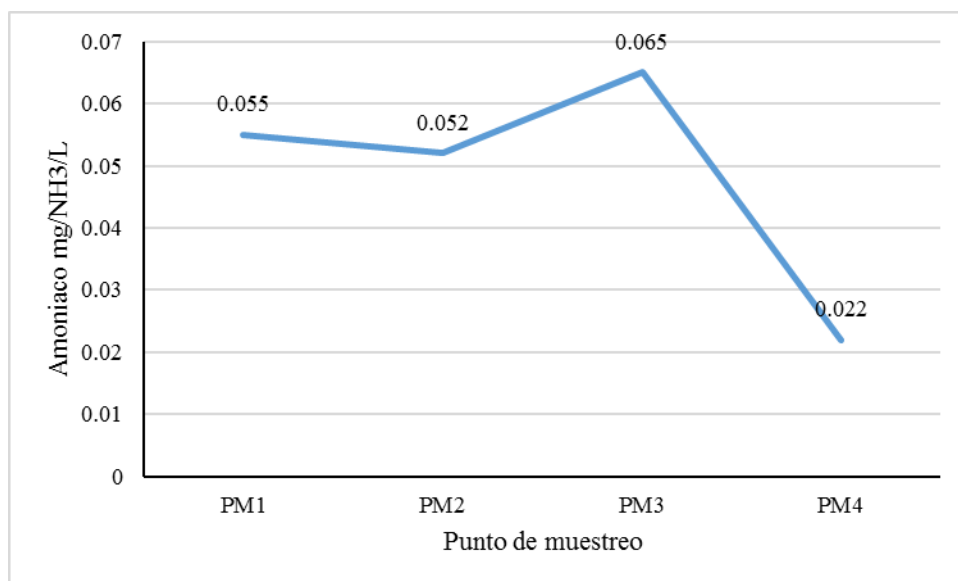


Por otro lado, en el análisis de los nitratos, estos variaron de manera radical entre los puntos muestreados con respecto a los valores del primer muestreo. Puesto que en este caso el valor más alto se registró en el PM1 con 3.758 mg/L, mientras que el más bajo se registró en el PM4 con 1.841 mg/L.

Es así que sí hay una diferencia clara entre los puntos. El valor más bajo se encontró en el PM1 con un valor de 2.625 mg/L en el primer muestreo, mientras que el más alto fue en el PM2, con 5.843 mg/L en el primer muestreo. Esto podría indicar que hay una fuente de contaminación de aguas agrícolas en el trayecto del PM1 al PM2, el cual en los puntos de muestreo siguientes se fue diluyendo o disminuyendo.

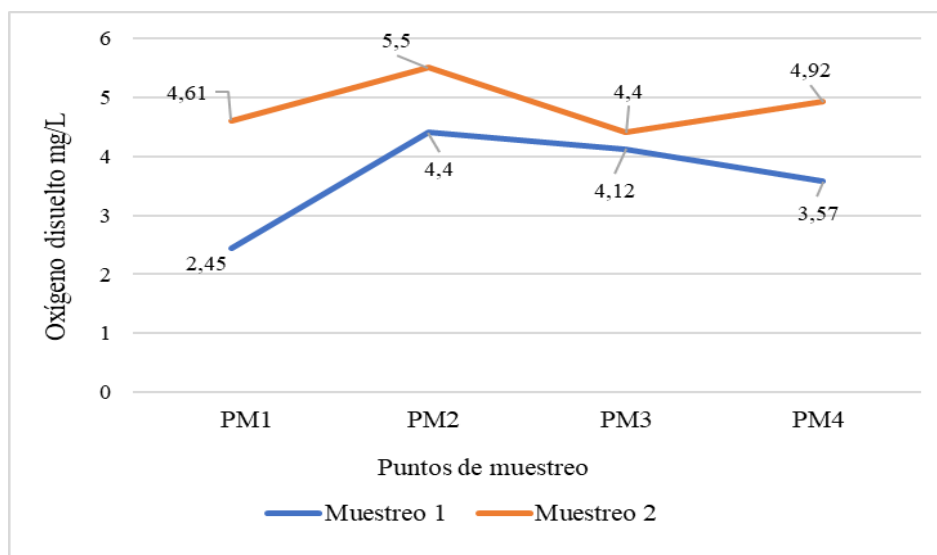
Figura 16

Variación espacial de amoníaco total



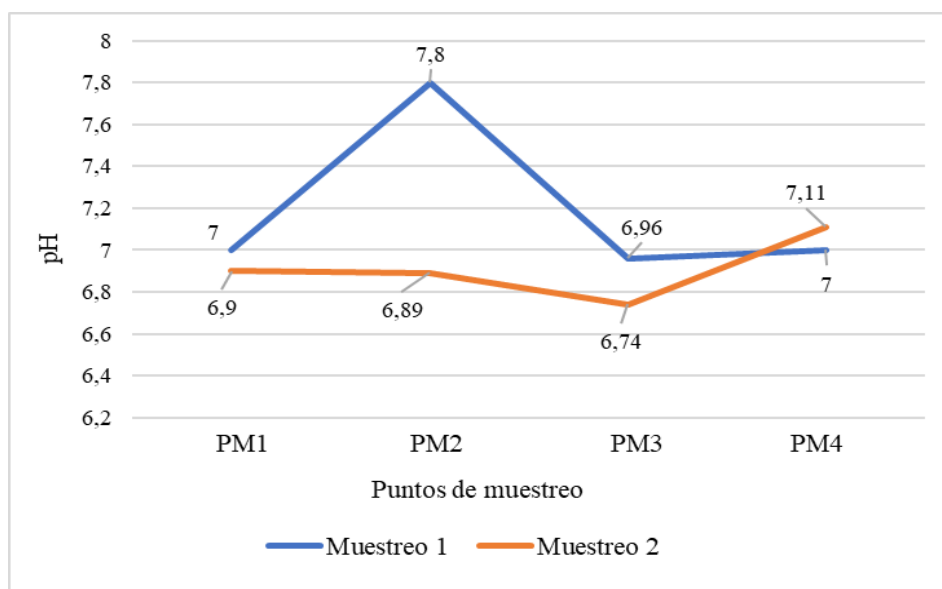
En el caso del amoníaco, en todos los puntos de muestreo en una primera instancia, los valores se ubicaron muy por debajo del límite establecido para su detección (<0.012 mg/L).

En el muestreo 2 realizado, en cambio, sí tuvo valores detectables en todos los puntos muestreados, registrándose el valor más alto en el PM3 con 0.065 mg/L indican ingreso reciente de materia orgánica o aguas residuales.

Figura 17*Variación espacial de oxígeno disuelto*

Por su parte, el oxígeno disuelto detectado en un primer momento, fue más bajo en el PM1 con 2.45 mg/L oxigenación baja, posible materia orgánica, respiración nocturna, o mezcla deficiente, luego aumentó en el PM2 y el PM3 para luego disminuir en el PM4 con 3.57 mg/L.

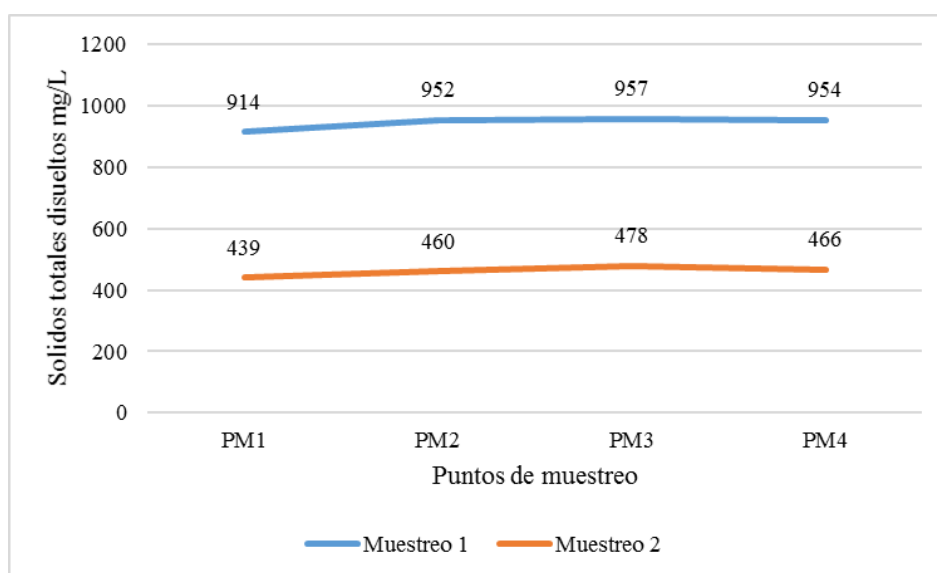
En un segundo muestreo fue más bajo en el PM3 con 4.4 mg/L y el más alto se registró en el PM2 con 5.5 mg/L. Teniendo una mejora significativa con respecto al muestreo anterior, siendo más notorio en el PM1, que tuvo una mejora con un valor de 4.61 mg/L.

Figura 18*Variación espacial de pH*

Por su parte, el pH se encontró en todos los puntos dentro de un rango ligeramente ácido a neutro, entre 6.9 y 7.8, siendo el valor más alto en el PM2. Considerando los niveles de pH, en un primer muestreo varió de 7 aumentando a 7.11, y en un segundo muestreo se resaltó valores de 6.9 aumentando a 7.11, valores relativamente similares al muestreo anterior, salvo en el PM2.

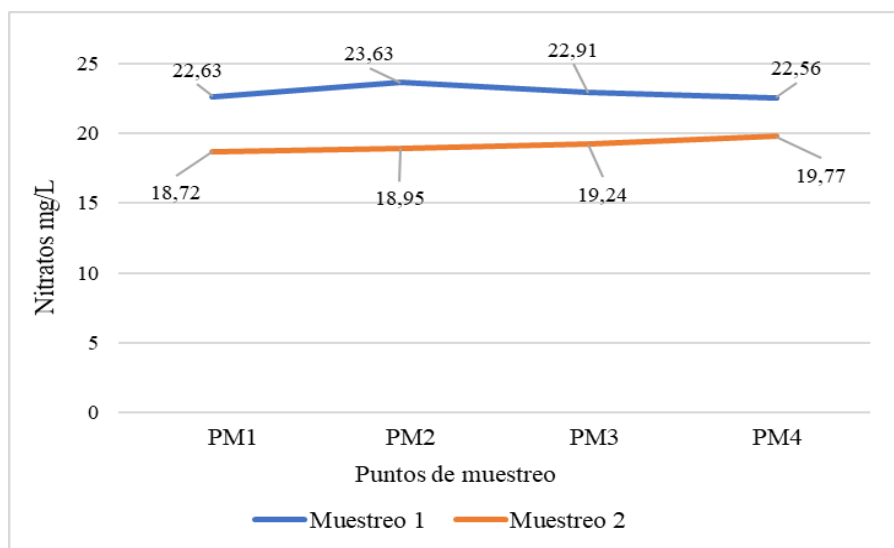
Figura 19

Variación espacial de sólidos totales



En cuanto a los sólidos totales disueltos en el muestreo 1 los valores fueron relativamente parecidos, todos cercanos a los 950 mg/L indica que son moderados a elevados, relacionados con sedimentos, sales u origen geológico.

En el muestreo 2, disminuyeron bastante con respecto al muestreo anterior, con valores que oscilaron entre 439 mg/L y 478 mg/L.

Figura 20*Variación espacial de temperatura*

La temperatura por su parte, en el muestreo 1, varió poco entre los puntos entre 22.56 °C y 23.63 °C, siendo el PM2 el punto con mayor temperatura.

De igual forma en el muestreo 2, la temperatura fue muy similar en todos los puntos muestreados, con valores que oscilaron entre 18.72 °C y 19.77 °C.

4.2. Resultados nivel inferencial

Se aplicaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilk para cada uno de los parámetros fisicoquímicos evaluados en los cuatro puntos muestreados. Todos los parámetros presentaron valores de significancia (Sig.) mayores a 0.05 en la prueba de Shapiro-Wilk, tanto para:

Tabla 6*Prueba de normalidad de conductividad*

	Punto de muestreo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Conductividad uS/cm	P1	,878	3	,318
	P2	,805	3	,128
	P3	,815	3	,151
	P4	,860	3	,268

Respecto a la prueba de normalidad de la conductividad se logra apreciar un nivel de significancia mayor a 0.05 para los 4 puntos de muestreo (0.318; 0.128; 0.151 Y 0.268), es decir presentan una distribución normal, por lo cual se procedió a aplicar la prueba ANOVA para identificar si existen diferencias significativas, asimismo se presenta las hipótesis de investigación:

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en los valores de conductividad entre los cuatro puntos de muestreo.

Hipótesis alterna (H1): Existen diferencias significativas en los valores de conductividad entre los cuatro puntos de muestreo.

Tabla 7

ANOVA Conductividad uS/cm

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9041,623	3	3013,874	,012	,998
Dentro de grupos	1946525,817	8	243315,727		
Total	1955567,439	11			

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba ANOVA para la conductividad, se observa que el valor de significancia es $p = 0.998$, el cual es considerablemente mayor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Esto indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de conductividad entre los cuatro puntos de muestreo.

Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en los valores de conductividad entre los puntos muestreados.

Se rechaza la hipótesis alterna (H1): No se evidencia variación significativa de la conductividad entre los diferentes puntos analizados.

En consecuencia, se concluye que la conductividad se mantiene relativamente homogénea en los puntos evaluados, sin variaciones significativas desde el punto de vista estadístico.

Tabla 8

Prueba de normalidad de nitratos

	Punto de muestreo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Nitratos mg/L	P1	1,000	3	1,000
	P2	1,000	3	1,000
	P3	1,000	3	1,000
	P4	1,000	3	1,000

La prueba de normalidad de los nitratos presentó valores de significancia de para los 4 puntos de muestreo de 1.000, lo cual representa valores mayores a 0.05. Esto señala que los datos siguen una distribución normal y son considerados paramétricos por lo tanto se aplica la prueba estadística denominada ANOVA para identificar si existían diferencias significativas, asimismo se presenta las hipótesis de investigación.

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en los valores de nitratos entre los puntos de muestreo.

Hipótesis alterna (H1): Existen diferencias significativas en los valores de nitratos entre los puntos de muestreo.

Tabla 9

ANOVA nitratos mg/L

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5,962	3	1,987	1,468	,295
Dentro de grupos	10,830	8	1,354		
Total	16,792	11			

En la prueba ANOVA se visualizó un nivel de significancia de 0.295 para nitratos, representando un valor mayor a 0.05; por lo tanto:

Se acepta la hipótesis nula (H0).

No se rechaza la hipótesis alterna (H1).

En consecuencia, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de nitratos entre los cuatro puntos de muestreo evaluados, evidenciando una distribución relativamente homogénea del parámetro en la zona de estudio.

Tabla 10

Prueba de normalidad de oxígeno disuelto

	Punto de muestreo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Oxígeno disuelto mg/L	P1	1,000	3	1,000
	P2	1,000	3	1,000
	P3	1,000	3	1,000
	P4	1,000	3	1,000

La prueba de normalidad denominada Shapiro – Wilk, respecto al oxígeno disuelto, permitió visualizar un nivel de significancia de 1.000 para todos los puntos de muestreo, siendo estos valores mayores a 0.05. Por lo tanto, se determinó que dichos datos presentan una distribución normal, por lo que se procedió a aplicar la prueba estadística denominada, es así que se aplicó la prueba estadística llamada ANOVA para identificar si existían variaciones significativas, asimismo se presenta las hipótesis de investigación.

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en los valores de oxígeno disuelto entre los puntos de muestreo.

Hipótesis alterna (H1): Existen diferencias significativas en los valores de oxígeno disuelto entre los puntos de muestreo.

Tabla 11*ANOVA Oxígeno disuelto mg/L*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,025	3	1,008	2,075	,182
Dentro de grupos	3,888	8	,486		
Total	6,914	11			

El resultado de la prueba ANOVA muestra un valor de significancia de 0.182 de oxígeno disuelto, el cuál es mayor a 0.05; Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis nula (H0).

Se rechaza la hipótesis alterna (H1).

En consecuencia, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de oxígeno disuelto entre los puntos de muestreo analizados, indicando una distribución relativamente homogénea de este parámetro en el área evaluada.

Tabla 12*Prueba de normalidad de pH*

	Punto de muestreo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	P1	1,000	3	1,000
	P2	1,000	3	1,000
	P3	1,000	3	1,000
	P4	1,000	3	1,000

Tomando en cuenta la prueba de normalidad Shapiro Wilk para el análisis de pH, se logra visualizar que los datos mostraron una distribución normal ya que poseen el valor de 1.000, siendo este mayor a 0.05, es así que se considerado un comportamiento paramétrico, por lo cual se determinó una prueba ANOVA para identificar si existían variaciones significativas, asimismo se presenta las hipótesis de investigación.

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en los valores de pH entre los puntos de muestreo.

Hipótesis alterna (H1): Existen diferencias significativas en los valores de pH entre los puntos de muestreo.

Tabla 13

ANOVA pH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,411	3	,137	2,440	,139
Dentro de grupos	,449	8	,056		
Total	,860	11			

En la prueba ANOVA, se obtuvo un valor de significancia de 0.139 de pH, superior a 0.05, es por ello:

Se acepta la hipótesis nula (H0).

Se rechaza la hipótesis alterna (H1).

En consecuencia, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de pH entre los puntos de muestreo evaluados, indicando una uniformidad relativa de este parámetro en el área de estudio.

Tabla 14

Prueba de normalidad de sólidos totales

	Punto de muestreo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Sólidos totales disueltos mg/L	P1	1,000	3	1,000
	P2	1,000	3	1,000
	P3	1,000	3	1,000
	P4	1,000	3	1,000

Según el análisis de sólidos totales, mediante la prueba de normalidad Shapiro Wilk, se logra visualizar un nivel de significancia de 1.000 el cual es mayor al valor de 0.05, ello permite

establecer que los datos presentan una distribución normal, con un comportamiento paramétrico, es por ello que se realizó el análisis ANOVA, para identificar si existían diferencias significativas, asimismo se presenta las hipótesis de investigación.

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en los valores de sólidos totales disueltos entre los puntos de muestreo.

Hipótesis alterna (H1): Existen diferencias significativas en los valores de sólidos totales disueltos entre los puntos de muestreo.

Tabla 15

ANOVA Sólidos totales disueltos mg/L

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2908,500	3	969,500	,017	,997
Dentro de grupos	467637,000	8	58454,625		
Total	470545,500	11			

Según el resultado del análisis ANOVA, permite visualizar un valor de 0.997 de sólidos totales, el cuál es mayor de 0.05, es por ello

Se acepta la hipótesis nula (H0).

Se rechaza la hipótesis alterna (H1).

Por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de sólidos totales disueltos entre los cuatro puntos de muestreo evaluados.

Tabla 16*Prueba de normalidad de temperatura*

	Punto de muestreo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura °C	P1	1,000	3	1,000
	P2	1,000	3	1,000
	P3	1,000	3	1,000
	P4	1,000	3	1,000

A partir de la prueba de normalidad denominado Shapiro Wilk, en el análisis de temperatura se logra visualizar un valor de 1.000 respecto a la significancia de los puntos de muestreo, siendo estos mayores a 0.05, asimismo se presenta las hipótesis de investigación.

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en la temperatura entre los puntos de muestreo.

Hipótesis alterna (H1): Existen diferencias significativas en la temperatura entre los puntos de muestreo.

Tabla 17*ANOVA Temperatura °C*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,636	3	,212	,058	,980
Dentro de grupos	29,222	8	3,653		
Total	29,858	11			

En el análisis de ANOVA de la temperatura se visualizó un valor de significancia a 0.980 de temperatura, siendo mayor a 0.05, es por ello que:

Se acepta la hipótesis nula (H0).

Se rechaza la hipótesis alterna (H1).

Se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en la temperatura entre los puntos de muestreo evaluados.

4.2.1. Resumen de los Resultados de Normalidad y ANOVA

Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro–Wilk para todos los parámetros (conductividad, nitratos, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos y temperatura). En todos los casos los valores de significancia fueron 1.000 superiores a 0.05, lo que confirmó que los datos presentan distribución normal y permiten el uso de pruebas paramétricas.

Posteriormente, se aplicó la prueba ANOVA de un factor para determinar si existían diferencias significativas entre los puntos de muestreo del humedal Huaper. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 18

Resumen de ANOVA de los parámetros fisicoquímicos evaluados

Parámetro	p- valor	Conclusión estadística
Conductividad	0.998	Se acepta H0
Nitratos	0.295	Se acepta H0
Oxígeno disuelto	0.182	Se acepta H0
pH	0.139	Se acepta H0
Sólidos totales disueltos	0.997	Se acepta H0
Temperatura	0.980	Se acepta H0

Los resultados del ANOVA demostraron que ningún parámetro presentó significancia menor a 0.05, lo que implica que:

H0: No existen diferencias significativas entre los puntos de muestreo del humedal Huaper.

H1: Existen diferencias significativas entre los puntos de muestreo.

En vista que en todos los parámetros evaluados se obtuvo $p > 0.05$, por lo tanto:

H0: Se acepta la hipótesis nula en todos los parámetros evaluados.

H1: Se rechaza la hipótesis alterna ya que no se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre los puntos muestreados del humedal.

Esto indica que todos los parámetros presentan comportamiento homogéneo en el humedal Huaper. No se detectaron diferencias significativas entre los cuatro puntos de muestreo, lo que indica una condición ambiental relativamente estable y sin focos puntuales de contaminación.

La ausencia de diferencias significativas entre puntos (ANOVA) respalda que el humedal presenta condiciones tróficas estables y uniformes.

4.1.3. Propuestas de las medidas para el manejo ambiental del humedal de Huaper, considerando la influencia de los parámetros fisicoquímicos y el grado de eutrofización detectado

Los resultados del análisis fisicoquímico del humedal de Huaper revelan diversos escenarios en cuanto a la calidad hídrica. Aunque la mayoría de los parámetros analizados, como pH, temperatura, sólidos totales disueltos, DBO₅, nitratos, fósforo total, clorofila-a y conductividad, se mantienen dentro de los rangos de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos naturales de agua dulce, hay algunos elementos que requieren atención prioritaria. Particularmente, el nitrógeno total registró un promedio de 2.39 mg/L, superando ampliamente el valor máximo permitido por la normativa (0.315 mg/L). Asimismo, se observó la presencia ocasional de concentraciones elevadas de amoníaco, y se identificó un déficit en oxígeno disuelto, cuyo valor promedio fue de 4.25 mg/L, cuando el estándar mínimo debe ser de 5 mg/L. Estas condiciones evidencian un riesgo de desequilibrio ecológico, así como un estado de presión ambiental que podría derivar en procesos de eutrofización si no se adoptan medidas adecuadas.

Frente a este diagnóstico, se plantean estrategias orientadas a preservar y recuperar la calidad ambiental del humedal. En primer lugar, es necesario controlar las fuentes de contaminación nitrogenada, que provienen posiblemente de actividades agrícolas, descargas domésticas sin tratamiento adecuado y escorrentías superficiales. Para ello, se propone establecer franjas de amortiguamiento con cobertura vegetal en las zonas adyacentes al humedal, lo que contribuiría a disminuir la transferencia de nutrientes hacia el agua. De igual forma, se recomienda fomentar el uso de prácticas agroecológicas entre los agricultores locales,

tales como la aplicación racional de fertilizantes, el uso de compost y la rotación de cultivos, con el fin de minimizar la lixiviación de nitrógeno hacia el sistema hídrico.

En relación con el amoníaco, cuya presencia sobrepasa en ciertas ocasiones los límites permisibles, se sugiere implementar sistemas de tratamiento primario o natural en los puntos de ingreso al humedal. El uso de biofiltros o humedales artificiales representa una opción factible y económica para disminuir la carga orgánica y transformar compuestos nitrogenados mediante procesos biológicos. Estos sistemas contribuirían a optimizar la calidad del agua antes de que esta se incorpore al ecosistema.

Asimismo, la baja concentración de oxígeno disuelto detectada constituye una amenaza directa para la biodiversidad del humedal, al limitar los procesos de respiración de organismos acuáticos y dificultar la autodepuración del sistema. Para revertir esta condición, se plantea reforestar las riberas del humedal con especies nativas, lo que contribuirá a reducir la temperatura del agua mediante la generación de sombra, favoreciendo así una mayor solubilidad del oxígeno. Además, se pueden emplear mecanismos de aireación pasiva, como pequeños saltos o estructuras de recirculación de agua, que ayuden a incrementar el intercambio gaseoso de manera natural.

Complementariamente, es esencial integrar a las comunidades locales en las acciones de conservación. La educación ambiental desempeña un papel crucial en la concienciación de la población acerca de la relevancia del humedal como ecosistema proveedor de servicios ambientales y las consecuencias de su degradación. Actividades de capacitación, jornadas de limpieza comunitaria y la conformación de comités de vigilancia ambiental pueden fortalecer la corresponsabilidad social en la protección del humedal.

Finalmente, se propone la implementación de un programa de seguimiento periódico que permita realizar el seguimiento de los parámetros críticos identificados, examinar la efectividad de las acciones adoptadas y tomar decisiones oportunas para la gestión adaptativa del ecosistema. Este monitoreo deberá ser sistemático y complementarse con indicadores biológicos que reflejen la salud integral del humedal.

La aplicación de estas medidas facilitará la disminución de la carga contaminante, la restauración del equilibrio ecológico y preservar los valores ambientales del humedal de Huaper, garantizando su sostenibilidad a mediano y largo plazo.

PROPUESTA DE MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL PARA MITIGAR LA EUTROFIZACIÓN DEL HUMEDAL DE HUAPER, AYACUCHO, PERÚ

1. Introducción

El humedal de Huaper, ubicado en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho, constituye un ecosistema acuático altoandino de alta relevancia ecológica, hidrológica y social. Cumple funciones esenciales como la regulación hídrica, la provisión de hábitat para fauna silvestre y el soporte de actividades económicas locales. No obstante, en los últimos años, ha mostrado signos de alteración en su equilibrio natural debido al incremento de nutrientes y a la presión antropogénica derivada de la ganadería, la agricultura y los vertimientos domésticos.

Frente a ello, esta propuesta plantea medidas de manejo ambiental orientadas a controlar las fuentes de contaminación, restaurar la calidad del agua y promover la gestión sostenible del humedal, evitando que evolucione hacia un proceso avanzado de eutrofización.

2. Justificación

Los resultados del análisis fisicoquímico del humedal de Huaper revelan distintos escenarios en cuanto a la calidad hídrica. Si bien la mayoría de los parámetros analizados —como pH, Temperatura, Sólidos Totales Disueltos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Nitratos, Fósforo Total, Clorofila-A y Conductividad Eléctrica— se mantienen dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua dulce, se identificaron ciertos indicadores que requieren atención prioritaria.

Particularmente, el Nitrógeno Total registró un valor promedio de 2.39 mg/L, superando ampliamente el límite máximo permitido por la normativa peruana (0.315 mg/L, según D.S. N.º 004-2017-MINAM**). Además, se detectó presencia ocasional de amoníaco y un déficit de Oxígeno Disuelto (OD) con valores promedio de 4.25 mg/L, por debajo del estándar mínimo de 5 mg/L.

Estas condiciones evidencian un riesgo de desequilibrio ecológico que podría desencadenar procesos de eutrofización si no se adoptan medidas correctivas y preventivas. La acumulación de nitrógeno y fósforo genera un aumento de biomasa algal, disminuye la

penetración lumínica y provoca el consumo acelerado de oxígeno, afectando directamente la biodiversidad y la calidad del agua.

Por tanto, esta propuesta de manejo ambiental busca establecer acciones concretas y sostenibles que reduzcan el aporte de nutrientes, restauren el balance ecológico del humedal y promuevan su conservación mediante la participación activa de la comunidad local.

3. Objetivos

Objetivo general:

Proponer e implementar medidas de manejo ambiental que mitiguen los efectos del exceso de nutrientes y mejoren la calidad del agua en el humedal de Huaper.

Objetivos específicos:

- Disminuir las concentraciones de nitrógeno total y amoníaco mediante acciones de control y tratamiento.
- Incrementar los niveles de oxígeno disuelto mediante restauración ecológica y biorremediación.
- Fortalecer el monitoreo participativo de la calidad del agua y los procesos biológicos.
- Implementar medidas de educación ambiental y gobernanza comunitaria que garanticen la sostenibilidad del ecosistema.

4. Plan de medidas de manejo ambiental

Tabla 19

Medidas preventivas y correctivas

N°	Medida	Descripción técnica	Responsable	Horizonte
1	Instalación de humedales artificiales	Implementar pequeños sistemas de humedales construidos en los puntos de ingreso de aguas domésticas o escorrentías agrícolas. Estos sistemas permitirán reducir nitrógeno total, fósforo y amoníaco por filtración y absorción biológica.	Municipalidad / Comunidad / MINAM	Corto plazo (0–12 meses)
2	Manejo de estiércol y residuos ganaderos	Reubicar los corrales fuera de la ribera del humedal y construir fosas de compostaje controladas. Se evitará el vertido directo de estiércol al cuerpo de agua.	Comunidad campesina / Ganaderos	Corto plazo
3	Revegetación ribereña con especies nativas	Implementar franjas de vegetación (juncos, totora, sauce) de al menos 10 m de ancho alrededor del humedal, actuando como barrera biológica para retener nutrientes y estabilizar suelos.	Comité del humedal / MINAM	Mediano plazo (12–24 meses)
4	Aireación y oxigenación natural del agua	Implementar estructuras de cascadas o aireadores de bajo consumo en zonas críticas para incrementar el oxígeno disuelto y reducir procesos anaerobios.	Municipalidad / Universidades locales	Mediano plazo
5	Campañas de sensibilización y educación ambiental	Realizar talleres dirigidos a agricultores y ganaderos sobre uso racional de fertilizantes, manejo de residuos y conservación de humedales.	Comité / Municipalidad / MINAM	Permanente
6	Control de extracción y delimitación del humedal	Establecer límites de uso y control de extracción de agua para riego o consumo animal. Señalizar zonas de amortiguamiento ecológico.	ANA / Comunidad	Permanente

5. Plan de monitoreo ambiental

Tabla 20

Plan de monitoreo ambiental

Parámetro	Unidad	Frecuencia	Método / Equipo	Valor objetivo
Nitrógeno total (NT)	mg/L	Trimestral	Método Kjeldahl	≤ 0.315
Amoníaco (NH₃-N)	mg/L	Trimestral	Colorimetría	≤ 0.02
Fósforo total (PT)	mg/L	Trimestral	Método del ácido ascórbico	≤ 0.05
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	Mensual	Sonda DO portátil	≥ 5.0
pH	–	Mensual	Medidor multiparámetro	6.5 – 8.5
DBO₅	mg/L	Trimestral	Método Winkler	≤ 5
Clorofila-a	µg/L	Trimestral	Espectrofotometría	≤ 25
Conductividad eléctrica	µS/cm	Mensual	Conductímetro	≤ 1000

Indicadores de mejora ambiental:

- Reducción del nitrógeno total a valores ≤ 0.8 mg/L en el primer año.
- Aumento del oxígeno disuelto a ≥ 5.5 mg/L en el segundo año.
- Disminución visible de proliferación de algas y olor orgánico.
- Recuperación de especies de macroinvertebrados y aves acuáticas.

6. Cronograma de implementación

Tabla 21

Cronograma de implementación

Fase	Actividades principales	Duración
Fase 1: Diagnóstico participativo	Validación de resultados fisicoquímicos, socialización con la comunidad, conformación del comité	0–3 meses
Fase 2: Intervención inicial	Instalación de humedales piloto, compostaje, revegetación inicial	3–12 meses
Fase 3: Restauración ecológica	Aireación natural, monitoreo mensual, talleres comunitarios	12–24 meses
Fase 4: Seguimiento y evaluación	Control de parámetros críticos y elaboración de informes anuales	Permanente

7. Presupuesto referencial

Tabla 22

Presupuesto de implementación

Rubro	Descripción	Monto estimado (USD)
Equipos de monitoreo	Medidor multiparámetro, kits de nitrógeno y fósforo, sondas DO	6,000
Humedales artificiales y estructuras de aireación	Materiales, geomembranas, grava, plantas filtrantes	12,000
Revegetación ribereña	Plantones nativos, jornales, herramientas	3,500
Programas de educación ambiental	Talleres, materiales, difusión	2,000
Operación y mantenimiento anual	Análisis de laboratorio, transporte, mantenimiento de equipos	4,500
Total estimado		28,000 USD aprox.

8. Gobernanza y sostenibilidad

Se recomienda la conformación del Comité de Manejo del humedal de Huaper, integrado por representantes de la comunidad campesina de Azángaro, la Municipalidad Distrital de Luricocha, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el MINAM y universidades locales. Este comité tendrá la responsabilidad de coordinar la ejecución de las medidas propuestas, supervisar el cumplimiento de los ECA y promover la educación ambiental continua. Asimismo, se sugiere articular con proyectos de investigación o fondos concursables (como PROCOMPITE o MINAM+) para garantizar la sostenibilidad económica de las acciones.

9. Conclusiones

Los resultados del monitoreo fisicoquímico evidencian un exceso de nitrógeno total y un déficit de oxígeno disuelto, condiciones que representan un riesgo de eutrofización en el humedal de Huaper. La aplicación de las medidas de manejo ambiental propuestas permitirá reducir la carga de nutrientes, mejorar la oxigenación y preservar el equilibrio ecológico del ecosistema.

La participación activa de la comunidad, sumada al apoyo técnico de las autoridades competentes, será determinante para asegurar la recuperación progresiva y sostenible del humedal.

V. DISCUSIONES

Según los resultados obtenidos, la concentración de clorofila-a se encuentra por debajo del valor máximo permitido (≤ 0.008 mg/L) (MINAM, 2017), lo que sugiere una baja actividad fotosintética y escasa presencia de fitoplancton, condición poco favorable para la eutrofización.

Diversos estudios coinciden en que la eutrofización en el agua puede evaluarse utilizando indicadores como la concentración de nitrógeno total (NT), cuya presencia en valores superiores a 0.2–0.3 mg/L se considera un signo claro de enriquecimiento por nutrientes (Zhang, et al., 2021). En este estudio, se obtuvo un valor de NT de 2.395 mg/L, lo cual supera en más de siete veces este umbral. Este resultado es evidencia contundente de que el humedal está inmerso en un proceso avanzado de eutrofización. Este patrón es comparable con los resultados de Santofimia et al. (2021), quienes reportaron niveles de nitrógeno entre 2.16 y 13.4 mg/L en áreas afectadas por blooms algales y especies invasoras, sugiriendo que la acumulación de nitrógeno puede derivar en desequilibrios ecosistémicos graves.

En cuanto al fósforo total, si bien el valor registrado en el humedal (0.028 mg/L) no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para fosfato del MINAM, establecido en 0.035 mg/L para cuerpos de agua destinados a la conservación del ambiente acuático (MINAM, 2017), sin embargo, sí excede los umbrales comúnmente aceptados a nivel internacional para el inicio de procesos de eutrofización, que oscilan entre 0.01 y 0.02 mg/L (Zhang, et al., 2021). Aunque el valor cumple con los límites legales, los resultados sugieren que el humedal ya está experimentando condiciones que pueden favorecer o acelerar un proceso de eutrofización, especialmente si se consideran conjuntamente las concentraciones elevadas de nitrógeno total (2.395 mg/L), que también superan ampliamente los límites ecológicos recomendados (0.2–0.3 mg/L) (Zhang, et al., 2021).

Referente a la conductividad eléctrica, el valor registrado fue de 470.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$, muy por debajo del límite permitido (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indicando una baja concentración de sales disueltas y, por ende, una mineralización moderada del agua. Este resultado es coherente con los resultados de Díaz et al. (2023), quienes mostraron salinidad baja (0.2 PSU) en el humedal El Hato, lo que sugiere condiciones similares de baja carga iónica.

El valor de DBO registrado en el humedal (< 2.6 mg/L) se encuentra muy por debajo del umbral de 10 mg/L, el cual ha sido comúnmente asociado a sistemas acuáticos eutrofizados o con altas cargas de materia orgánica biodegradable (Zhang, et al., 2021; MINAM, 2017). Indicando que, a partir del punto de vista de la presión orgánica biodegradable, el humedal aún

no presenta un grado significativo de contaminación orgánica, ni una actividad microbiana intensiva que demande grandes cantidades de oxígeno.

Respecto a los compuestos nitrogenados, los niveles de nitratos fueron de 3.799 mg/L y de amoníaco 0.0485 mg/L, ambos muy por debajo de los valores de los ECA (≤ 13 mg/L y ≤ 4.82 mg/L respectivamente). Sugiriendo que, si bien el nitrógeno total es elevado, los compuestos específicos de nitrógeno (como NO_3^- y NH_3) aún no alcanzan concentraciones críticas. El valor de nitrato encontrado se encuentra muy por encima de la concentración de nitratos reportada por Ramos (2022) que fluctuó entre 128.3 $\mu\text{g/L}$ y 128.4 $\mu\text{g/L}$, que posiciona a la laguna en un estado mesotrófico.

En cuanto al oxígeno disuelto, con un valor de 4.25 mg/L, se encuentra por debajo del mínimo requerido por los ECA (≥ 5 mg/L) (MINAM, 2017), lo que representa una señal de alerta. Una baja concentración de OD puede comprometer la supervivencia de organismos. En términos generales, concentraciones de oxígeno disuelto bajos con referencia a 5 mg/L generan un alto nivel de estrés para la vida acuática. Esta deficiencia puede provocar la muerte de los organismos, afectar negativamente el desarrollo de huevos y larvas, y alterar la composición y distribución de las especies presentes en el ecosistema (Recalde, 2022). Los resultados obtenidos contrastan con los registros del humedal de Eten reportados por Quiceno y Castaño (2021), donde el OD se mantuvo entre 4.9 y 5.9 mg/L, reflejando una condición ambiental aceptable. Este hallazgo también se relaciona con los resultados de Suhaila et al. (2020), quienes observaron valores muy bajos de OD (0.08 mg/L) durante el monzón que indicaba valores para este parámetro como crítico.

El pH registrado fue de 7.05, dentro del rango normativo (6.5 – 9), lo que sugiere condiciones neutras a ligeramente alcalinas, favorables para la mayoría de organismos acuáticos (MINAM, 2017). Valores similares fueron reportados por Quiceno y Castaño (2021), quienes señalaron valores de pH entre 7.15 y 8.15 en diferentes humedales, confirmando la estabilidad química en estos ecosistemas.

Finalmente, la temperatura del agua fue de 21.05 °C, Este valor se encuentra por debajo de los reportados por Díaz et al. (2023), quienes documentaron temperaturas promedio de 27.5 °C, de Suhaila et al., (2020) que osciló entre 28.3 y 28.7°C, y por Gupta et al. (2020), con máximas de hasta 33.8 °C; Sin embargo, se asemeja a los valores reportados por De la Cruz et al.(2021), quien reportó valores promedio entre 21.7°C y 26.7°C, lo que sugiere una condición

climática local más moderada, posiblemente relacionada con la altitud o menor radiación solar (Goicochea, 2022).

En general, el análisis del estado trófico del humedal, basado en el Índice de Estado Trófico de Carlson, evidencia una condición mesotrófica general. Si bien la concentración de clorofila-a registrada fue menor a 0.003 mg/m^3 , lo que sugiere una baja biomasa fitoplanctónica y se asocia a un estado oligotrófico, otros parámetros indican una tendencia distinta. La transparencia del agua (1.09 m) se vincula con valores TSI que apuntan a condiciones mesotróficas a eutróficas, mientras que el fósforo total alcanzó los 0.028 mg/L , situándose también dentro del rango mesotrófico. Además, el nitrógeno total fue de 2.395 mg/L , valor que excede ampliamente los umbrales de $0.2\text{--}0.3 \text{ mg/L}$ usualmente empleados para identificar sistemas acuáticos con potencial de eutrofización. Aunque el TSI no incluye el nitrógeno como variable directa, este valor elevado refuerza la posibilidad de un proceso eutrófico en desarrollo, incluso si aún no se refleja plenamente en la producción de clorofila. Esto sugiere que el humedal podría estar en una fase inicial de eutrofización, con alta disponibilidad de nutrientes que, bajo ciertas condiciones ambientales, podría desencadenar una mayor proliferación de eutrofización.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron clasificar al humedal Huaper como un ecosistema mesotrófico según el Índice de Estado Trófico de Carlson. Este resultado se basa en una transparencia moderada (1.09 m), una concentración baja de clorofila-a ($<0.003 \text{ mg/m}^3$), y niveles de fósforo total (0.028 mg/L) y el de nitrógeno total (2.395 mg/L) que superan los umbrales internacionales relacionados con la eutrofización. Si bien no se evidencian aún síntomas de un proceso eutrófico avanzado, existe un riesgo potencial de transición a un estado más deteriorado si las cargas de nutrientes continúan en aumento.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos mostró que el oxígeno disuelto se mantiene en un nivel bajo (4.25 mg/L), lo que refleja una disponibilidad reducida para organismos acuáticos. La DBO_5 ($<2.6 \text{ mg/L}$) indica baja carga orgánica biodegradable, lo cual es positivo. Sin embargo, el valor de nitratos (2.395 mg/L) y de fósforo total (0.028 mg/L) refuerzan la existencia de condiciones favorables para la eutrofización, a pesar de que otros indicadores como el amoníaco, pH, conductividad, temperatura y sólidos disueltos totales no reflejan aún alteraciones críticas. En conjunto, estos parámetros sugieren un ecosistema en equilibrio frágil, con signos tempranos de estrés por nutrientes.

Dado que el humedal Huaper se encuentra en un estado mesotrófico con riesgo de avance hacia la eutrofización, es necesario implementar medidas de manejo que incluyan: control de vertimientos domésticos y agrícolas en la cuenca, monitoreo periódico de nutrientes y parámetros fisicoquímicos, reforestación de zonas ribereñas, y campañas de educación ambiental dirigidas a las comunidades locales. Además, es prioritario establecer una estrategia de gestión integrada del humedal que contemple la conservación de su equilibrio ecológico y la prevención del ingreso excesivo de nutrientes.

VII. RECOMENDACIONES

- A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta: Implementar un sistema de monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos del humedal, con el fin de detectar de manera temprana cualquier variación significativa en la calidad del agua y prevenir procesos de deterioro ambiental.
- En coordinación entre la Autoridad Local del Agua y la Municipalidad Distrital de Luricocha: Identificar, regular y reducir las fuentes externas de nutrientes, especialmente aquellas provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, vertimientos no tratados y esorrentías agrícolas con exceso de fertilizantes.
- A través de la municipalidad distrital de Luricocha: Promover la reforestación con especies nativas en las zonas de influencia del humedal, así como el control y erradicación progresiva de especies invasoras que alteren el equilibrio ecológico del ecosistema.
- Mediante el área de gestión ambiental a través de su programa EDUCCA de la Municipalidad Distrital de Luricocha: Desarrollar programas de educación y participación comunitaria orientados a difundir la importancia ecológica y socioeconómica del humedal de Huaper, fomentando prácticas sostenibles en las poblaciones cercanas.
- A cargo de la Municipalidad Provincial de Huanta: Diseñar e implementar políticas locales de protección, conservación y uso racional del humedal, garantizando la articulación entre autoridades municipales, instituciones ambientales y actores sociales involucrado.
- Mediante la Autoridad Nacional del Agua: Aplicar de forma regular índices de evaluación trófica, como el Índice de Carlson (TSI) y el índice TRIX, para determinar el nivel de eutrofización y ajustar las medidas de manejo de acuerdo con la evolución de las condiciones del ecosistema.
- En coordinación entre la Municipalidad Provincial de Huanta y el Ministerio del Ambiente: Formular un plan de manejo ambiental integral del humedal de Huaper que contemple medidas preventivas, correctivas y de restauración, priorizando la mitigación del exceso de nutrientes y la recuperación de la calidad del agua.
- A través de convenios con la Universidad Nacional Autónoma de Huanta: Incentivar estudios científicos futuros que incluyan análisis microbiológicos, estacionales y de bioindicadores acuáticos, con el propósito de obtener un diagnóstico más completo del estado de salud ecológico del humedal.

VIII. REFERENCIAS

- Alvarado, A. (2024). Evaluación del estado ecológico utilizando índices de diatomeas en el río Metceras ubicado en el cantón Palora. Macas: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22827>
- Córdova, C., & Huamantínco, A. (2024). Efecto de las variables fisicoquímicas en la comunidad de coleópteros acuáticos en el humedal costero, Lima, Perú. *Acta biológica colombiana*, 204-219. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/abc.v28n2.99534>
- De la Cruz, S., Estheban, K., & Ruiz, L. (2021). Caracterización fisicoquímica de los humedales del distrito Huancacho de la provincia Trujillo, 2019. *Engineering Journal*, 1(1), 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.46363/high-tech.v1i1.4>
- Delgado, E. (2021). *Caracterización del estado actual de eutrofización a partir de los parámetros físicos químicos y biológico del humedal de Conococha - Ancash - 2021*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5137>
- Díaz, A., Marquez, A., & Hernández, H. (2023). Evaluación de la variación temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el humedal el Hato. *Foro Iberoam*, 162-177. https://www.researchgate.net/publication/379929280_Evaluacion_de_la_variacion_temporal_y_espacial_de_los_parametros_fisicoquimicos_y_biologicos_en_el_humedal_el_Hato
- Guerrero, V. (2022). Enfoque cuantitativo: taxonomía desde el nivel de profundidad de la búsqueda del conocimiento. *Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.32911/Ilalliq.2022.v2.n1.936>
- Gupta, P., Tamot, S., & Shrivastava, V. (2020). Effect of physico-chemical properties of water on macrophyte diversity with special reference to Bhoj Wetland. *Indian Journal of Ecology*, 47(3), 764-768. https://www.researchgate.net/publication/348434105_Effect_of_Physico-Chemical_Properties_of_Water_on_Macrophyte_Diversity_with_Special_Reference_to_Bhoj_Wetland
- Imam, M., Asgher, S., Khan, S., Sharma, S., Ahmad, M., & Kumari, M. (2021). Computational Analysis of the Water Quality and Eutrophication Status Using Water Quality Index of

- Gharana Wetland Reserves in Jammu (J&K), India. *Agricultural mechanization in Asia*, 52(01), 2057-2080. https://www.researchgate.net/profile/Md-Asgher/publication/355781591_Computational_Analysis_of_the_Water_Quality_and_Eutrophication_Status_Using_Water_Quality_Index_of_Gharana_Wetland_Reserve_s_in_Jammu_JK_India/links/617d7d9ba767a03c14d1b4f9/Computational
- Pozo, M. (2024). *Calidad del agua para uso agrícola del manantial de waper, Ayacucho*. Ayacucho: Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/2c56ecc0-475d-4e58-b6fa-5db851d3da1d>
- Quiceno, A., & Castaño, D. (2021). *Análisis de algunas variables asociadas a la calidad del agua como aporte en la búsqueda tecnológica de sensores y su parametrización en el marco del proyecto IOT para el análisis de calidad de agua en el humedal Rio Blanco*. Manizales: Universidad Católica de Manizales. https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3258/1/Analisis_algunas_variables_asociadas_calidad_agua_como_aporte_busqueda_tecnologica_sensores_parametrizacion_marco_proyecto_IOT_analisis_calidad_agua_humedal_Rio_Blanco.pdf
- Ramos, Y. (2022). *Determinación de los parámetros físicoquímicos biológicos y su relación con el nivel de eutrofización en la laguna de los Milagros - Provincia de Leoncio Prado - Huánuco 2021*. Huánuco: Universidad de Huánuco. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4093>
- Romero, G., García, P. M., Arenazas, A., Ticona, J., Vanzin, G., & Sharp, J. (2023). Humedales peruanos: estudio nacional, diagnóstico y pasos a seguir para su protección. *Sostenibilidad*, 18, 1-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su15108255>
- Santofimia, E., López, E., Gonzales, E., Mejías, M., & Aguilera, A. (2021). Parque Nacional Tablas de Daimiel: El humedal frente a la actividad de las especies exóticas invasoras, la turbidez y la eutrofización. *Geotemas*(18), 325-328. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8440293>
- Suhaila, S., Hafiza, N., Mat, N., Azrinkhuzaini, M., & Nazila, A. (2020). Variations in physico-chemical parameters and Chl-a concentration in Setiu Wetlands lagoon during the northeast and inter-monsoon seasons 2018. *Earth and Environmental Science*, 7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/494/1/012014>

- Abu Shmeis, R. M. (2018). Chapter One—Water Chemistry and Microbiology. En D. S. Chormey, S. Bakirdere, N. B. Turan, y G. Ö. Engin (Eds.), *Comprehensive Analytical Chemistry* (Vol. 81, pp. 1-56). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2018.02.001>
- Ahumada, N., y Eliecer, J. (2018). Implementación de un Tratamiento Alternativo para la Remoción de Fósforo Y Nitrógeno en Aguas Residuales Mediante Absorbentes a Base de Semillas y Tallos de Moringa Oleífera Lam. En *Biomass Chem Eng* (Vol. 3, Número 2).
- Beiras, R. (2018). Chapter 3—Nonpersistent Inorganic Pollution. En R. Beiras (Ed.), *Marine Pollution* (pp. 31-39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813736-9.00003-9>
- Bhateria, R., y Jain, D. (2016). Water quality assessment of lake water: A review. *Sustainable Water Resources Management*, 2(2), 161-173. <https://doi.org/10.1007/s40899-015-0014-7>
- Bopp, G., y Peláez, F. (2019). Evaluación de la flora vascular de los humedales costeros de La Libertad, Perú. *Manglar*, 16(2), Art. 2.
- Chávez-Ortiz, J., Leiva-Tafur, D., Rascón, J., y Corroto, F. (2018). Estado trófico del lago Pomacochas a través de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2), Art. 2. <https://doi.org/10.25127/indes.20142.77>
- Comisión de Protección del Medio Ambiente Marino Báltico (HELCOM). (2017). *State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011–2016*. <http://stateofthebalticsea.helcom.fi/>
- De la Torre Mayorga, F. (2020). Impacto ambiental de la colmatación de la laguna de Huacarpay—Cusco. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3263912>
- Delgado-Zegarra, J., Alvarez-Risco, A., y Yáñez, J. A. (2018). Uso indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42, e3. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2018.3>
- Divband Hafshejani, L., Hooshmand, A., Naseri, A. A., Mohammadi, A. S., Abbasi, F., y Bhatnagar, A. (2016). Removal of nitrate from aqueous solution by modified sugarcane bagasse biochar. *Ecological Engineering*, 95, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.035>

- El Bouaidi, W., Essalhi, S., Douma, M., Tazart, Z., Ounas, A., Enaime, G., Yaacoubi, A., y Loudiki, M. (2020). Evaluation of the potentiality of *Vicia faba* and *Opuntia ficus indica* as eco-friendly coagulants to mitigate *Microcystis aeruginosa* blooms. *Desalination and water treatment*, 195. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.26040>
- Elisante, E., y Muzuka, A. N. N. (2016). Assessment of sources and transformation of nitrate in groundwater on the slopes of Mount Meru, Tanzania. *Environmental Earth Sciences*, 75(3), 277. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5015-1>
- El-Serehy, H. A., Abdallah, H. S., Al-Misned, F. A., Al-Farraj, S. A., y Al-Rasheid, K. A. (2018). Assessing water quality and classifying trophic status for scientifically based managing the water resources of the Lake Timsah, the lake with salinity stratification along the Suez Canal. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(7), 1247-1256. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.022>
- Federal Statistical Office. (2021). *Global animal farming, meat production and meat consumption*. Federal Statistical Office. https://www.destatis.de/EN/Themes/Countries-Regions/International-Statistics/Data-Topic/AgricultureForestryFisheries/livestock_meat.html
- Forest Trends. (2020, diciembre 16). Infografía Bofedales. *Forest Trends*. <https://www.forest-trends.org/publications/infografia-bofedales/>
- García, F. G., y Miranda, V. (2018). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico* (vol. 2). Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores. <http://ru.iiec.unam.mx/4269/>
- García, P. J., García, E., Alonso, J. R., y Díaz, C. (2019). Water eutrophication assessment relied on various machine learning techniques: A case study in the Englishmen Lake (Northern Spain). *Ecological Modelling*, 404, 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.03.009>
- Goicochea, L. (2022). *Influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables en la provincia de Celendín*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca, Celendin. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4986>
- Goyenola, G., Kruk, C., Mazzeo, N., Nario, A., Perdomo, C., Piccini, C., y Meerhoff, M. (2021). Producción, nutrientes, eutrofización y cianobacterias en Uruguay: Armando el

- rompecabezas. *INNOTEC*, 22.
<https://www.redalyc.org/journal/6061/606166107002/html/>
- Hernández-Sampieri, y Torres. (2018). *Metodología de la investigación*.
https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=SI208icAAAAJ&view_for_view=SI208icAAAAJ:9ZIFYXVOiuMC
- Ilinova, A., Dmitrieva, D., y Kraslawski, A. (2021). Influence of COVID-19 pandemic on fertilizer companies: The role of competitive advantages. *Resources Policy*, 71, 102019.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102019>
- León, J. (2019). *Producción nacional de carne bovina creció 2.2% en 2019*.
<https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-carne-bovina-crecio-2-2-en-2019-22185>
- Leveau, M., Dumler, S., Rosa, R. A. D. L., Alegre, J., y Ladd, B. (2021). Uso de biocarbón en el balance de nitrógeno en suelos aluviales de San Ramón, Chanchamayo, Perú. *Ecología Aplicada*, 20(2), 179-188.
- López, I. L. O., Rodríguez, S. N., y Arancibia, C. S. C. (2020). Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático del índice de estado trófico (IET) en la laguna de Paca de la provincia de Jauja. *Prospectiva Universitaria*, 17(1), Art. 1.
<https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1391>
- Luvhimbi, N., Tshitangano, T. G., Mabunda, J. T., Olaniyi, F. C., y Edokpayi, J. N. (2022). Water quality assessment and evaluation of human health risk of drinking water from source to point of use at Thulamela municipality, Limpopo Province. *Scientific Reports*, 12(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10092-4>
- Maldonado Fonkén, M. S. (2018). *Bofedales Peruanos Principales Características*.
- Malone, T. C., y Newton, A. (2020). The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean: Causes and Consequences. *Frontiers in Marine Science*, 7, 670.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00670>
- Mendoza, W., y Quiroz, R. L. (2022). Evaluación de los estados tróficos de la laguna principal del área de conservación regional Albufera de Medio Mundo, Huaura-Lima, Perú. *Biotempo*, 19(2), Art. 2. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i2.4988>
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias*. Normas

- legales, Ministerio del Ambiente. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal* [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistema-bofedal>
- Moloantoa, K. M., Khetsha, Z. P., van Heerden, E., Castillo, J. C., y Cason, E. D. (2022). Nitrate Water Contamination from Industrial Activities and Complete Denitrification as a Remediation Option. *Water*, 14(5), Art. 5. <https://doi.org/10.3390/w14050799>
- Neverova-Dziopak, E., y Kowalewski, Z. (2018). Foundation and Application of New Method of Trophic State Assessment. *Geomatics and Environmental Engineering*, 12, 63. <https://doi.org/10.7494/geom.2018.12.2.63>
- Osorio, B. (2019). *Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cualitativa*.
- Paredes Losada, I. (2020). *Presiones antrópicas y eutrofización en la marisma de Doñana y sus cuencas vertientes*. <https://idus.us.es/handle/11441/97501>
- Rajhans, G., Barik, A., Sen, S. K., y Raut, S. (2020). Integrated Biotechnological Interventions in Textile Effluent Treatment. En C. Baskar, S. Ramakrishna, S. Baskar, R. Sharma, A. Chinnappan, y R. Sehrawat (Eds.), *Handbook of Solid Waste Management: Sustainability through Circular Economy* (pp. 1-17). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7525-9_111-1
- Recalde, L. (2022). *Análisis comparativo de sensor óptico de oxígeno disuelto respecto al método de winkler para establecer la confiabilidad del instrumento*. Tesis de Maestría, Escuela Superior Politecnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56508>
- Rivera Ramos, R. J., y Vargas Arroyo, C. N. (2021). Condiciones del suelo y de la biota en el humedal Huaper altamente impactado por actividades antropogénicas en la comunidad de Azángaro del distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74367>
- Siriwardana, C., Cooray, A. T., Liyanage, S. S., y Koliyabandara, S. M. P. A. (2019). Seasonal and Spatial Variation of Dissolved Oxygen and Nutrients in Padaviya Reservoir, Sri Lanka. *Journal of Chemistry*, 2019, e5405016. <https://doi.org/10.1155/2019/5405016>

- Villena, A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Wagner, T., y Erickson, L. E. (2018). Sustainable Management of Eutrophic Lakes and Reservoirs. *Journal of Environmental Protection*, 8(4), Art. 4. <https://doi.org/10.4236/jep.2017.84032>
- Wanat, D. (2017). *Eliminación de fósforo en aguas de proceso de concentración de roca fosfórica por el proceso de la estruvita*.
- Wojtkowska, M., y Bojanowski, D. (2021). Assessing trophic state of surface waters of Służewiecki Stream (Warsaw). *Applied Water Science*, 11(7), 118. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01446-w>
- Yu, G., Wang, J., Liu, L., Li, Y., Zhang, Y., y Wang, S. (2020). The analysis of groundwater nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. *BMC Public Health*, 20(1), 437. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08583-y>
- Zambrano Alcívar, A. R. (2018). *Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su situación con las épocas del año*. [BachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/798>
- Zhang, Y., Li, M., Dong, J., Yang, H., Van Zwieten, L., Lu, H., Alshameri, A., Zhan, Z., Chen, X., Jiang, X., Xu, W., Bao, Y., y Wang, H. (2021). A Critical Review of Methods for Analyzing Freshwater Eutrophication. *Water*, 13(2), Art. 2. <https://doi.org/10.3390/w13020225>
- Zhang, Y., Luo, P., Zhao, S., Kang, S., Wang, P., Zhou, M., y Lyu, J. (2020). Control and remediation methods for eutrophic lakes in the past 30 years. *Water Science and Technology*, 81(6), 1099-1113. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.218>
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias*. Normas legales, Ministerio del Ambiente. Retrieved from <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Goicochea, L. (2022). *Influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables en la provincia de Celendín*. Tesis de grado, Universidad

Nacional de Cajamarca, Celendin. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4986>

Recalde, L. (2022). *Análisis comparativo de sensor óptico de oxígeno disuelto respecto al método de winkler para establecer la confiabilidad del instrumento*. Tesis de Maestría, Escuela Superior Politecnica del Litoral. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56508>

Zhang, Y., Li, M., Dong, J., Yang, H., Van Zwieten, L., Lu, H., . . . Wang, H. (2021). A Critical Review of Methods for Analyzing Freshwater Eutrophication. *Water*, 13(2), 225. doi:<https://doi.org/10.3390/w13020225>

Cardenas Morales, B. K., Forrest, J., Castro Aponte, W. V., Sanchez Cornejo, H. E., La Torre, B., Jhoncon Kooyip, J., Byrne, P., Nguyen, T. T., Barnes, C. H. W., & De Los Santos Valladares, L. (2025). Geochemical, hydrochemical and remote sensing study of an Andean calcareous wetland in Huanta, Peru. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 62, 102767. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102767>

Cárdenas Morales, B. K., Oré Gálvez, S. F., Castro Aponte, W. V., Aguilar Ozejo, A., Ñaupari Molina, R., Gari Huayhua Lévano, F., & Mendoza Colos, M. (2025). Integrating education and conservation: A case study of the Huaper wetland. PubMed Central (PMC). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11924120/>

IX. ANEXOS

8.1. Registro de datos en campo

CUENCA: Mantaro

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura msnm	Fecha	Hora	PH	T °C	TDS mg/L	OD mg/L	COND µS/cm	Profundidad m/cm
						Este	Norte									
L-HUAP 01	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576550	8571024	2388	24/03/2024	11:44	6.9	22.63	914	2.45	18.27	1.78
L-HUAP 02	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576562	8570987	2389	24/03/2024	01:49	7.8	23.63	952	4.40	19.04	0.82
L-HUAP 03	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576592	8570993	2393	24/03/2024	01:29	6.96	22.91	957	4.12	19.10	1.68
L-HUAP 04	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576522	8571013	2386	24/03/2024	12:54	7.0	22.56	954	3.57	19.02	1.08

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura msnm	Fecha	Hora	PH	T °C	TDS mg/L	OD mg/L	COND µS/cm	Profundidad m/cm
						Este	Norte									
L-HUAP 01	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576579	8571061	2387	07/07/2024	10:25	7.0	18.72	439	4.61	878	1.80
L-HUAP 02	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576565	8570992	2374	07/07/2024	11:17	6.89	18.95	460	5.50	920	0.77
L-HUAP 03	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576595	8571007	2371	07/07/2024	11:42	6.74	19.24	478	4.4	954	1.74
L-HUAP 04	Humedal Huaper	Azangaro	Luricocha	Huanta	Ayacucho	576525	8571023	2378	07/07/2024	12:10	7.11	19.77	466	4.92	933	1.10

Fuente: *Elaboración propia*



**INFORME DE ENSAYO
MA2409289 Rev. 0**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

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

ENV / LB-353551-002

PROCEDENCIA : HUMEDAD HUAPER - LURICOCHA - ASANTA

Fecha de Recepción SGS : 25-03-2024

Fecha de Ejecución : Del 25-03-2024 al 01-04-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
Hhuap 1
Hhuap 2
Hhuap 3
Hhuap 4

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 01/04/2024

Frank M. Julcamoro Quispe

C.Q.P. 1033

Supervisor de Laboratorio

"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"

**INFORME DE ENSAYO
MA2409289 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					Hhuap 1	Hhuap 2
FECHA DE MUESTREO					24/03/2024	24/03/2024
HORA DE MUESTREO					11:44:00	13:49:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA	AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Clorofila A	EW_APHA10200H	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Amoníaco	EW_APHA4500NH3D	mg NH3/L	0.005	0.012	<0.012	<0.012
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	3.24 ± 0.26	3.84 ± 0.31
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.033	0.030
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Aniones						
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	2.625 ± 0.38	5.843 ± 0.85

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					Hhuap 3	Hhuap 4
FECHA DE MUESTREO					24/03/2024	24/03/2024
HORA DE MUESTREO					13:29:00	12:54:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA	AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Clorofila A	EW_APHA10200H	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Amoníaco	EW_APHA4500NH3D	mg NH3/L	0.005	0.012	<0.012	<0.012
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	4.38 ± 0.35	4.01 ± 0.32
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.035	0.036
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6	<2.6
Aniones						
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	5.206 ± 0.75	4.413 ± 0.64



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2409289 Rev. 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		107%	97 - 102%	3%
Nitrógeno Total	mg N/L	0.10	<0.10		97 - 99%	99 - 101%	0 - 6%
Clorofila A	mg/L	0.003	<0.003	0%	99%		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	3%	99 - 101%		
Amoniaco	mg NH3/L	0.012	Pend		90 - 110%	99 - 111%	0%
Nitrato	mg/L	0.062	<0.062		99 - 100%	100 - 103%	0 - 5%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2409289 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA10200H	Callao	Clorofila A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A
EW_APHA4500NH3D	Callao	Amoníaco	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia - Selective Electrode Method. 2019 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)
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_EPA300_0	Callao	Nitrato	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2409289 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

"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"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

NORMAL
(MA2409289)



CADENA CUSTODIA: 1633721
 CLIENTE: 2000944389 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
 ATENCION: Candy Maguiña Paredes
 LOCAL: 024 JR. MANCO CAPAC NRO. 497 (EL BOSQUE - HUANTA), HUANTA

N° MUESTRAS: 4
 FECHA MUESTREO: 24/03/2024 11:44:00
 FECHA PACTADA: 01/04/2024 15:18:42
 FECHA RECEP. SYSOPE: 25/03/2024 11:19:49
 MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL
 PRODUCTO DESP.COMO: AGUA SUPERFICIAL/AGUA DE LAGUNA
 EJECUTIVO RESPONSABLE: RAY ALEXIS TORRES CORIA
 SUPERVISOR OPE: MIGUEL ANGEL MAMANI CERRON
 PRE ACTA: 1621302
 ORIGEN: SYSENV

MUESTREO REALIZADO POR: Cliente

ANALISIS REQUERIDOS

Muestra	0001	Hhuap 1	24/03/2024 11:44:00	24/03/2024 12:43:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automatèd	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	
Muestra	0002	Hhuap 2	24/03/2024 13:49:00	24/03/2024 13:57:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	
Muestra	0003	Hhuap 3	24/03/2024 13:29:00	24/03/2024 13:40:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	
Muestra	0004	Hhuap 4	24/03/2024 12:54:00	24/03/2024 13:26:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	

INSTRUCCIONES

33477

REGISTRADO POR: EMANUEL ANGEL LOPEZ

PEREZ



**INFORME DE ENSAYO
MA2421461 Rev. 0**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

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

ENV / LB-353551-004

PROCEDENCIA : Humedal Huaper - Huanta

Fecha de Recepción SGS : 09-07-2024

Fecha de Ejecución : Del 09-07-2024 al 17-07-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
Hhuap 1
Hhuap 2
Hhuap 3
Hhuap 4

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 17/07/2024

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio

"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"



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



INFORME DE ENSAYO
MA2421461 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					Hhuap 1	Hhuap 2
FECHA DE MUESTREO					07/07/2024	07/07/2024
HORA DE MUESTREO					10:25:00	11:17:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA	AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Clorofila A	EW_APHA10200H	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Amoníaco	EW_APHA4500NH3D	mg NH3/L	0.005	0.012	0.055 ± 0.0050	0.052 ± 0.0050
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	0.95 ± 0.080	0.85 ± 0.070
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.021	0.022
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6 (**)	<2.6 (**)
Aniones						
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	3.758 (**)	2.200 (**)

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					Hhuap 3	Hhuap 4
FECHA DE MUESTREO					07/07/2024	07/07/2024
HORA DE MUESTREO					11:42:00	12:10:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUB CATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA	AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Clorofila A	EW_APHA10200H	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Amoníaco	EW_APHA4500NH3D	mg NH3/L	0.005	0.012	0.065 ± 0.0060	0.022 ± 0.0020
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	2.15 ± 0.17	0.78 ± 0.060
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.005	0.010	0.023	0.020
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	<2.6 (**)	<2.6
Aniones						
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	4.506 (**)	1.841 ± 0.27



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2421461 Rev. 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		97 - 102%	98 - 106%	3 - 5%
Nitrógeno Total	mg N/L	0.10	<0.10		102%	95%	2%
Clorofila A	mg/L	0.003	<0.003	0%	99%		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	1%	103 - 106%		
Amoniaco	mg NH3/L	0.012	<0.012		91 - 101%	91%	0%
Nitrato	mg/L	0.062	<0.062		98 - 100%	100 - 101%	0 - 1%



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2421461 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA10200H	Callao	Clorofila A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A
EW_APHA4500NH3D	Callao	Amoníaco	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia - Selective Electrode Method. 2019 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)
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_EPA300_0	Callao	Nitrato	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2421461 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

"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"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

ORDEN DE ENSAYO N° ENV / LB - 00353551 - 004

NORMAL
(MA2421461)



CADENA CUSTODIA: 1670918
CLIENTE: 2000944389 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
ATENCION: Candy Maguiña Paredes
LOCAL: 024 JR. MANCO CAPAC NRO. 497 (EL BOSQUE - HUANTA), HUANTA

N° MUESTRAS: 4
FECHA MUESTREO: 07/07/2024 10:25:00
FECHA PACTADA: 16/07/2024 14:28:22
FECHA RECEP. SYSOPE: 09/07/2024 12:52:07
MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL
PRODUCTO DESP.COMO: AGUA SUPERFICIAL/AGUA DE LAGUNA
EJECUTIVO RESPONSABLE: RAY ALEXIS TORRES CORIA
SUPERVISOR OPE: MIGUEL ANGEL MAMANI CERRON
PRE ACTA: 1660235
ORIGEN: SYSENV

MUESTREO REALIZADO POR: Cliente

ANALISIS REQUERIDOS

Muestra	0001	Hhuap 1	07/07/2024 10:25:00	07/07/2024 10:25:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	
Muestra	0002	Hhuap 2	07/07/2024 11:17:00	07/07/2024 11:17:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	
Muestra	0003	Hhuap 3	07/07/2024 11:42:00	07/07/2024 11:42:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	
Muestra	0004	Hhuap 4	07/07/2024 12:10:00	07/07/2024 12:10:00
Amoniaco (mg/L)	EW_APHA4500NH3D	NH3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 23rd Ed., 2017. Nitrogen (Ammonia)	
Clorofila A (mg/L)	EW_APHA10200H	CHLOROPHYL_A	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed.:2023. Chlorophyll A	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	EW_APHA5210B	BOD5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;24th Ed: 2023. Biochemical Oxygen De	
Fósforo Total (mg/L)_APHA4500PFJ	EW_APHA4500PJF	P_TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P. F,J; 24th.:2023 Phosphorus. Automated	
Nitrato (mg/L)	EW_EPA300_0	NO3	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chr	
Nitrógeno Total (mg/L)	EW_APHA4500PJ	NITROGEN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P J; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Persulfa	

INSTRUCCIONES

REGISTRADO POR: JUNIOR ALBERTO MENDOZA YNCHE



Laboratorio Arequipa
 Avenida Elmer Faucett 3348, Calleja 1
 Teléfono: (01) 517 1900
 E-mail: pe.la@bambales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
 Ernesto Guillen N° 275, Parque Industrial
 Teléfono: (054) 213506
 E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
 Calle Arnelio Márquez 257, Barrio San Antonio
 Teléfono: (076) 367723
 E-mail: jado.huanca@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N° 360516

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: Shou Britman Ancasi Durand
 Contacto: Shou Britman Ancasi Durand
 Teléfono: 913244037
 E-mail: britmanbeca@gmail.com
 Proyecto: EVALUACION DE CALIDAD DE AGUA HUMEDRAL HUAPU (TALS)
 Lugar de Inspección: Humedral Huapu - Huanta
 Muestreado por: _____
 SGS
 Cliente

Frecuencia del Muestreo:
 Periódico
 No Periódico
 Especial

N° de Pre-Acta: _____

Fecha de Inicio: _____

Fecha de finalización: _____

Hora de Inicio: _____

Hora de finalización: _____

Item	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 <input checked="" type="checkbox"/> PSAD 56 <input type="checkbox"/>	Altitud (metros)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra	Fecha	Hora	P	V
1	Hhuap1	E: 576579 N: 8571061	2387	Superficial	X	07/07/2024	10:25-10:53	5	2
2	Hhuap2	E: 576565 N: 8570992	2374	Superficial	X	07/07/2024	11:17-11:34	5	2
3	Hhuap3	E: 576595 N: 8571007	2371	Superficial	X	07/07/2024	11:42-12:03	5	2
4	Hhuap4	E: 576525 N: 8571023	2378	Superficial	X	07/07/2024	12:10-12:28	5	2

Cantidad de envases (Plástico / Vidrio)		Análisis requeridos / Preservantes	
		<u>Aniones/no se preserva</u>	
		<u>clorofilo A</u>	
		<u>DBO/no se preserva</u>	
		<u>Nitrogeno total/no se preserva</u>	
		<u>Fosforo total/se preserva H2SO4</u>	
		<u>Nitrogeno amoniacal/se preserva H2SO4</u>	

Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

Representante del Cliente: Shou Britman Ancasi Durand Firma: _____

N° de Colectores: 1 N° de Frascos: 28

N° de los Packs: 5

Fecha de Recepción de las Muestras: 9-7-24 Hora: 12:52

Responsable de la Recepción de las Muestras: J. Adams Firma: _____

Condiciones en que se recibieron las muestras:
 Refrigeradas
 Preservadas
 Dentro del tiempo de conservación
 N° de muestras rotas: 0
 Otros (especificar):

Temperatura (°C): 18

AGUA NATURAL		AGUA DE PROCESO	
AAU : Agua subterránea	AAE : Agua de piscina	APR : Agua de inspección y refrigeración (fuente proceso)	
AMA : Agua de manantial	AAE : Agua de licuado artificial		
AT : Agua termal	AAU : Agua salina		
AS : Agua superficial			
ADR : Agua de río			
ADL : Agua de lago/laguna			
ADA : Agua de deposición atmosférica			
ADA : Agua de deposición atmosférica			
ARD : Agua residual doméstica			
ARI : Agua residual industrial			
ARI : Agua residual municipal			
ARI : Agua residual municipal			
ADA : Agua de uso y consumo humano			
AAU : Agua de bebida			

