



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS, BIOLÓGICOS Y SU
RELACIÓN CON EL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA QUIULACOCHA,
MURUHUAY, TARMA - JUNÍN 2023

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora

Tapia Sedano, Melissa Yazmin

Asesora

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-2873-6752

Jurado

Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio

Martínez Cabrera, Rubén

Legua Terry, Alberto Israel

Lima - Perú

2025



“Evaluación de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y su relación con el estado trófico de la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023”

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	3%
4	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Ana G. Méndez University Trabajo del estudiante	1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, BIOLÓGICOS Y SU
RELACIÓN CON EL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA QUIULACOCHA,
MURUHUAY, TARMA - JUNÍN 2023

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Tapia Sedano, Melissa Yazmin

Asesor:

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000- 0002-2873-6752

Jurado:

Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio

Martínez Cabrera, Rubén

Legua Terry, Alberto Israel

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A Dios y mi Señor de Muruhuay por guiarme en cada paso que doy y ser mi fuente de fortaleza en todo este camino.

A mis padres, Gustavo y Aidee por el gran sacrificio que hicieron para darme una buena educación, por estar siempre alentándome, por su apoyo y amor incondicional en todas las etapas de mi vida.

A mis abuelitos (Máximo, Teodoro y María Rosa) por ser mi motivación y fortaleza; a mi mamita Tiucha que está en el cielo cuidándome.

A mis hermanas, Gjatsky y Miriam por estar siempre conmigo, cuidándome, alentándome y dándome su gran apoyo y amor incondicional.

A Roger por su gran amor, por motivarme siempre a seguir creciendo profesional y personalmente, por su apoyo y paciencia en toda esta etapa.

A mi Canelita por llegar a mi vida en el momento indicado.

A todas las personas que me apoyaron incondicionalmente en mi crecimiento personal y profesional.

Agradecimiento

En primero lugar agradezco a Dios y mi Señor de Muruhuay por brindarme sabiduría, salud y nunca dejarme sola.

Expreso un agradecimiento a mi asesor de tesis Ing. Ahuber Omar Vásquez Aranda, por compartir su conocimiento y brindarme su valioso tiempo en todo el proceso de la elaboración de mi tesis.

A mi tío Alex por brindarme todo el apoyo incondicional para realizar mi visita de campo y siempre estar para nosotros.

A mis tíos paternos y maternos por el gran apoyo brindado desde mis inicios en la universidad.

A mi tíos, Wald y Mery por sus grandes consejos, amor y apoyo incondicional.

INDICE

Resumen	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Descripción y formulación del problema.....	10
1.2. Antecedentes	12
1.2.1. Internacional	12
1.2.2. Nacional	15
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivo Específico.....	18
1.4. Justificación	19
1.5. Hipótesis	19
1.5.1. General:.....	19
1.5.2. Específicas:	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Teorías relacionadas a la investigación.....	21
2.1.1. Eutrofización.....	21
2.2. Estado Trófico.....	24
2.3. Marco legal ambiental.....	31
2.3.1. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias	31
III. METODO	34
3.1. Tipo de investigación.....	34
3.2. Ámbito temporal y espacial	34
3.3. Variables	36

3.4.	Población y muestra.....	37
3.4.1.	Población.....	37
3.4.2.	Muestra	37
3.4.3.	Muestreo	38
3.5.	Instrumentos.....	39
3.6.	Procedimientos.....	40
3.6.1.	Etapa de gabinete	40
3.6.2.	Etapa de campo	40
3.6.3.	Etapa de laboratorio	41
IV.	RESULTADOS.....	42
4.1.	Parámetros obtenidos	42
4.1.1.	Caracterización de parámetros de campo	42
4.1.2.	Caracterización de parámetros químicos	43
4.1.3.	Caracterización de parámetros biológico.....	45
4.2.	Análisis de los datos obtenidos	46
4.2.1.	Índice de estado trófico según Carlson modificado por Toledo (IETM).....	46
4.3.	Clasificación de Estado Trófico	47
4.3.1.	Índice de estado trófico según OCDE (1982)	48
4.3.2.	Índice de estado trófico según APHA (1981)	48
4.3.3.	Índice de estado trófico según Carlson modificado por Toledo (IETM).....	49
4.4.	Análisis Estadístico	49
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
VI.	CONCLUSIONES	59
VII.	RECOMENDACIONES.....	61
VIII.	REFERENCIAS.....	62
IX.	ANEXOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Características de los estados tróficos en cuerpos de agua	26
Figura 2 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	32
Figura 3 Mapa de Ubicación de la Laguna Quiulacocha	35
Figura 4 Mapa de Ubicación de los Puntos de Muestreo	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación y categorías tróficas conforme a OCDE	27
Tabla 2 Categorías tróficas conforme a APHA	28
Tabla 3 Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua.....	28
Tabla 4 Fórmula para estimar el estado trófico aplicándoseles indicadores de eutrofia.....	29
Tabla 5 Fórmula para estimar el estado trófico - IETM	29
Tabla 6 Clasificación de estado trófico - Toledo 1984	30
Tabla 7 Variables e indicadores	36
Tabla 8 Puntos de Muestreo - Laguna Quiulacocha	37
Tabla 9 Resultados de las mediciones de Temperatura, pH y conductividad.....	42
Tabla 10 Resultados de las mediciones de Disco Secchi.....	43
Tabla 11 Resultados de concentración de fósforo total	44
Tabla 12 Resultados de concentración de fósforo total	44
Tabla 13 Resultados de concentración de fósforo total	45
Tabla 14 Resultados de concentración de clorofila "a"	46
Tabla 15 Índice de Estado Trófico para clorofila	46
Tabla 16 Índice de Estado Trófico fosforo total	47
Tabla 17 Índice de Estado Trófico Ds	47
Tabla 18 Estado trófico según OCDE (1982)	48
Tabla 19 Estado trófico según APHA (1981)	48
Tabla 20 Estado trófico según Carlson modificado por Toledo (IETM).....	49
Tabla 21 Resultados de monitoreo del parámetro transparencia en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método OCDE.....	50
Tabla 22 Análisis T de student de variables relacionadas parámetro transparencia para prueba OCDE.....	50
Tabla 23 Resultados de monitoreo del parámetro transparencia en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método TOLEDO 1984.....	51
Tabla 24 Análisis T de student de variables relacionadas parámetro transparencia para prueba TOLEDO 1984	52
Tabla 25 Resultados de monitoreo del parámetro clorofila “a” en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método OCDE.....	52
Tabla 26 Análisis T de student de variables relacionadas parámetro clorofilo “a” para prueba OCDE.....	53

Tabla 27 Resultados de monitoreo del parámetro clorofila en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método TOLEDO 1984.....	54
Tabla 28 Análisis T de student de variables relacionadas parámetro clorofilo para prueba Nota. TOLEDO 1984.....	54
Tabla 29 Resultados de monitoreo del parámetro nitratos en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método APHA.....	55
Tabla 30 Análisis T de student de variables relacionadas parámetro nitratos para prueba APHA.....	56

Resumen

Nuestra investigación “Evaluación de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y su relación con el estado trófico de la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023” tiene como objetivo principal. Evaluar los parámetros fisicoquímicos, biológicos y su relación con el estado trófico de la laguna Quiulacocha ubicada en el Centro Poblado de Muruhuay, Tarma - Junín 2023. La metodología aplicada de nivel descriptivo y diseño no experimental se realizó en 5 puntos de muestreo en temporada de estiaje y avenida. Los resultados con la metodología Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982), para la temporada de avenida en promedio fueron (Chl-a) <5 ug/l, transparencia 0.314 m, para la temporada de sequía (Chl-a) 13650.4 ug/l, transparencia 0.196 m y PT en las 2 temporadas <10 ug/l. Para la metodología ALPHA, el nitrato para la temporada de avenida y estiaje tiene un promedio 444 ug/l y 476 ug/l. Para la metodología de Carlson modificado por Toledo, para la temporada de avenida el IETM promedio (Chl-a) <46.7, transparencia 67.64 para la temporada de estiaje (Chl-a) 118.122, transparencia 74.83 y (PT) en las 2 temporadas <30.057. En conclusión, el estado trófico de la laguna Quiulacocha, según la metodología Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) en la temporada de avenida y estiaje para la clorofila es mesotrófica e hipertrófica, para el (pt) es oligotrófico y para la transparencia es hipertrófica. Según la Asociación Americana de Salud Pública (1981) es eutrófico. Según la metodología Carlson modificado por Toledo en la temporada de avenida y sequia para la clorofila es mesotrófica e hipertrófica, para el (PT) es oligotrófico y para la transparencia es eutrófica.

Palabras claves: fisicoquímicos, biológicos y estado trófico.

Abstract

Our research "Evaluation of the physicochemical and biological parameters and their relationship with the trophic state of the Quiulacocha lagoon, Muruhuay, Tarma - Junín 2023" has as its main objective. To evaluate the physicochemical and biological parameters and their relationship with the trophic state of the Quiulacocha lagoon located in the Population Center of Muruhuay, Tarma - Junín 2023. The applied methodology of descriptive level and non-experimental design was carried out at 5 sampling points in the dry and flood seasons. The results with the OCDE methodology, for the flood season on average were (Chl-a) <5 ug / l, transparency 0.314 m, for the dry season (Chl-a) 13650.4 ug / l, transparency 0.196 m and PT in the 2 seasons <10 ug / l. For the ALPHA methodology, the nitrate for the flood and dry season has an average of 444 ug / l and 476 ug / l. For the Carlson methodology modified by Toledo, for the flood season the average IETM (Chl-a) <46.7, transparency 67.64 for the dry season (Chl-a) 118.122, transparency 74.83 and (PT) in the 2 seasons <30.057. In conclusion, the trophic state of the Quiulacocha lagoon, according to the OCDE methodology in the flood and dry season for chlorophyll is mesotrophic and hypertrophic, for the (pt) it is oligotrophic and for transparency it is hypertrophic. According to the APHA methodology it is eutrophic. According to the Carlson methodology modified by Toledo, in the flood and drought season for chlorophyll it is mesotrophic and hypertrophic, for the (PT) it is oligotrophic and for transparency it is eutrophic.

Keywords: physicochemical, biological and trophic state.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

Los ecosistemas costeros sensibles, como los humedales, las lagunas y los estuarios construidos con barreras, están amenazados por una combinación de factores de descarga tanto marinos como fluviales, como la temperatura elevada del agua de mar, la contaminación por nutrientes, la carga de materia orgánica y/o la entrada de sedimentos de las aguas turbias de los ríos (Cziesielski et al., 2019)

La carga antropogénica de nitrógeno y fósforo en particular ha llevado a la proliferación de especies de algas pelágicas y bénticas que no se consumen fácilmente y, por lo tanto, representan una carga en términos de su potencial de eutrofización (Yan et al., 2021). A su vez, la respiración microbiana y la descomposición de esta biomasa conducen a tasas crecientes de consumo de oxígeno y las concentraciones de oxígeno disminuyen a menos de 2 mg L^{-1} , el nivel no adecuado para peces, camarones o cangrejos. En muchos de estos ecosistemas, la hipoxia se ha convertido en una característica estacional o persistente frecuente (Hsueh-Han et al., 2021)

La mayoría de las zonas hipóxicas en los hábitats costeros pueden estar directamente relacionadas con el crecimiento de la población y el aumento de la actividad industrial y turística que genera desechos industriales y municipales y da como resultado un aumento de los flujos terrestres de nutrientes. Este tipo de eutrofización se observa con mayor frecuencia en estuarios, áreas costeras como lagunas y mar marginales (Hsueh-Han et al., 2021)

Uno de estos casos ocurre en Perú en el lago Titicaca, donde se depositan los lodos fecales y como resultado de este proceso, aproximadamente 250 litros de aguas residuales sin tratar por segundo ingresan a la bahía interior sin ningún tratamiento previo. fuera del Titicaca. El lago navegable más alto del mundo es visible a la izquierda en todo su esplendor. El agua de la bahía era transparente hace 30 años. Debido a la flora acuática, ahora se distingue por un

tono verdoso. Esta planta crece como resultado del vertido de aguas residuales en el lago, lo que lo contamina. La eutrofización es el proceso por el que atraviesa el lago, y se manifiesta por la presencia de un exceso de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, que provienen principalmente de la actividad humana (heces) (Fernández, 2022).

De igual manera, la laguna principal del Área de Conservación Regional Albufera de Medio Mundo (ACRAMM), ubicada en Huaura, que ha presentado un estado de índice trófico alto, se encuentra como focos contaminantes como drenajes agrícolas, vertimientos de aguas residuales industriales, la laguna de oxidación del Centro Poblado Medio Mundo, actividades de pastoreo, instalaciones turísticas y estaciones de bombeo de agua instaladas en las zonas aledañas (Quiroz-Santos y Mendoza-Caballero, 2022).

En la laguna Quiulacocha ubicada en Muruhuay, Tarma – Junín, se ha denotado presencia de un nivel bajo de turbidez, por lo que, es necesario verificar si está pasando por el proceso de eutrofización, analizando en qué nivel o grado se encuentra el proceso eutrófico que puede agravar el aspecto biológico de la misma.

Formulación del Problema

Problema General

¿Cuál es la relación de los parámetros fisicoquímicos, biológicos con el estado trófico de la laguna Quiulacocha ubicado en el Centro Poblado de Muruhuay, Tarma - Junín 2023?

Problemas Específicos

- ¿Cómo son los niveles de los parámetros fisicoquímicos de la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023?
- ¿Como son las concentraciones de los parámetros biológicos presentes en la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023?

- ¿Como es la estimación del nivel trófico de la laguna Quiulacochoa, Muruhuay, Tarma - Junín 2023?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Internacional

(Leng et al., 2023) en su estudio buscó encontrar el nivel de eutrofización del lago Bao'an en el tramo medio del río Yangtze utilizando el índice de nivel trófico integral (TLI), materia orgánica disuelta cromófora (CDOM) coeficiente de absorción, y el método biológico de calidad del agua de fitoplancton. Los resultados demuestran que la calidad general del agua del lago Bao'an se mantuvo en los niveles III-V durante 2018-2020. Debido a los diferentes métodos de evaluación de la eutrofización, los resultados son diferentes, pero todos muestran que el lago Bao'an se encuentra en un estado de eutrofización en su totalidad. Se observa que el nivel de eutrofización del lago Bao'an varía con el tiempo, mostrando una tendencia creciente y luego decreciente entre 2018 y 2020, mientras que los niveles son altos en verano y otoño, y bajos en invierno y primavera. Teniendo en cuenta, el nivel de eutrofización del lago Bao'an presenta una distribución espacial obviamente variable. *Potamogeton crispus* es la especie dominante del lago Bao'an, la calidad del agua es buena en primavera cuando *Potamogeton crispus* crece vigorosamente, pero mala en verano y otoño. El índice de permanganato (CODMn) y los contenidos de fósforo total (TP), nitrógeno total (TN) y clorofila a (Chl-a) son identificados como los factores más representativos que influyen en el nivel de eutrofización del lago Bao'an, observándose una relación significativa entre Chl-a y TP ($p < 0,01$).

(Enríquez y Vásquez, 2022), en su estudio sugirieron utilizar datos in situ y de teledetección para analizar y confirmar el estado trófico en la Laguna San Martín. Primero, se realizó una gira de campo para recolectar muestras en el lugar en varios lugares alrededor de la laguna San Martín por muestreo. Estas muestras fueron enviadas y examinadas por un

laboratorio certificado por ALS LIMITED en Quito. Las determinaciones de clorofila y fosfatos se desarrollaron en el software R-Studio debido a su versatilidad, y simultáneamente también se obtuvieron imágenes satelitales a través de la página USGS EARTH EXPLORER. La prefectura de Azuay diseñó un plan de recuperación de una porción de la laguna en 2020; lo primero que se evalúa es el estado de recuperación de la laguna en esa región (noreste) después de la mediación de la prefectura, medida en los meses de agosto y septiembre. La evaluación de la segunda condición fue a las porciones restantes de la laguna en los meses de octubre, noviembre y marzo. Para las mediciones de clorofila-a, fosfatos y transparencia, estos resultados in situ y digitales fueron comparados entre sí. Los valores digitales para la condición 1 son 23,04 ug/l, 133,32 ug/l y 0,85 metros, mientras que los valores medidos fueron 25,70 ug/l, 138,75 ug/l y 0,87 metros, respectivamente. Para la condición 2, los valores in situ de clorofila-a, fosfatos y transparencia son 30, 53 ug/l, 150, 78 ug/l y 0, 77 metros, respectivamente, mientras que los valores digitales son 27, 32 ug/l, 148, 72 ug/l, y 0, 79 metros, lo que confirma que el estado trófico de la laguna es hipertrófico con valores superiores al índice de la metodología (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 1982).

Usando fotogrametría y concentración de clorofila, Bonifaz (2022) tuvo como objetivo evaluar la salud ecológica de los diversos ecosistemas acuáticos lénticos. Se realizaron dos tipos diferentes de investigaciones para lograr el objetivo. En campo, durante enero, febrero y marzo, gracias a la fotografía aérea se obtuvieron fotografías de alta resolución y se recolectaron muestras de agua en 20 puntos diferentes de cada ecosistema a profundidades de 0.20 – 0.40 y 0.60 metros. Adicionalmente, se realizó una investigación experimental en el Laboratorio de Instrumental de la Universidad Politécnica Salesiana, utilizándose el método tricromático para determinar la concentración de clorofila. Los resultados indican que las lagunas de Quilotoa, Yambo y Lago San Pablo, respectivamente, presentan concentraciones de clorofila de 9,61

mg/m³, 13,67 mg/m³ y 19,30 mg/m³, lo que indica un muy buen estado ecológico. El índice de Carlson también reveló que nivel de estado trófico es eutrófico en estos ecosistemas acuáticos, contienen muchos nutrientes donde prosperan las algas y tienen menos especies animales y vegetales. En otras palabras para el uso del modelo se incluyeron regresiones lineales creadas con la concentración de clorofila y valores de la banda roja de las imágenes RGB. Los resultados que se obtuvieron fueron de R^2 0,8391; 0,9523 y 0,9528, RSME 0,07; 0,66 y 0,89 de los lagos Quilotoa, Yambo y San Pablo, respectivamente. Estos resultados nos permitieron sacar la conclusión de que es posible generar una clorofila.

(Li et al., 2021), en su estudio planteó analizar los niveles de eutrofización y las capacidades de transporte de nitrógeno y fósforo del lago Changhu en la ciudad de Jingzhou, provincia de Hubei, China, se midieron utilizando el índice de nivel trófico (TLI) y el modelo Dillon. Las mediciones se tomaron antes (2013 y 2015) y después (2017 y 2018) de la remoción de la acuicultura en corrales del lago. El lago se dividió en tres distritos: el lago Haizihu, el canal Mahongtai y el lago Dahu. Los resultados mostraron que los valores de nitrógeno total (TN), demanda química de oxígeno (DQO), clorofila a (Chl-a) y sólidos suspendidos totales (TSS) fueron significativamente más altos en 2017 que en los otros años. Se predijo que el distrito del lago Haizihu estaría más gravemente contaminado que los demás distritos. En el sedimento, los contenidos de materia orgánica, STN (TN en sedimento) y STP (TP en sedimento) aumentaron de 2013 a 2018. Los valores medios de TLI oscilaron entre 62,99 y 78,93 en los años estudiados, y el nivel de eutrofización fue más alto en 2017. Según el modelo de Dillon, cuando la calidad del agua objetivo era el nivel III (GB 3838 – 2002, Ministerio de Protección Ambiental de China, 2002), las capacidades de carga TN y TP restantes eran – 1470,72 t/a y – 182,74 t/a , respectivamente, en 2015, y 320,03 t/a y – 111,14 t/a, respectivamente, en 2018. El estudio proporciona información valiosa sobre las condiciones

reales del agua del lago Changhu, que ayudará a informar la toma de decisiones para la gestión del agua. entornos.

Zambrano (2018) utilizó métodos de investigación no experimental para evaluar el nivel de eutrofización en la laguna natural “El Carmen” en el cantón del mismo nombre. Los muestreos se realizaron 2 veces al año, durante la época seca (mayo a noviembre) y la lluviosa (diciembre a abril), durante las cuales se midieron parámetros químicos, físicos y biológicos, arrojando condiciones de pH con un promedio de 9 puntos; temperatura; y salinidad. El IET de la laguna se calculó en base a profundidad, fósforo y clorofila. Para la laguna en estudio se obtuvieron índices de estado trófico de 42.71 en época seca que indica que la laguna presenta un estado oligotrófico y de 58.75 en época de lluvias encontrándose en estado eutrofico. Como resultado, las que serán impactadas por el incremento de nutrientes en la laguna serán las especies acuáticas.

1.2.2. Nacional

(Muñoz y Paco, 2021), en su estudio buscaron ejecutar un análisis de diferentes estudios realizados en el Río Chillón entre 2012 a 2015. Para ello, se realizó una división del área de estudio en 4 zonas de muestreo para evaluar el nivel de eutrofización del río Chillón mediante parámetros físicos y químicos (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, DBO5, nitratos, fósforo total y coliformes termo tolerantes) y hacer la equiparación con el Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA) en el D.S. 004-2017-MINAM. Estos parámetros físicos y químicos incluyeron pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, DBO5, nitratos, fósforo total y coliformes termo tolerantes. Esta investigación es cualitativa-descriptiva, por lo que los resultados de pH están en el rango de 7 a 8; la temperatura, la conductividad y la DBO5 se encuentran dentro de los rangos aceptables; los valores de oxígeno disuelto oscilan entre 4 y 7; los valores de nitrato oscilan entre 0 y 7; respecto al fósforo total son muy bajos; y finalmente, los valores de coliformes termo tolerantes superan el umbral. En

consecuencia, el río Chillón se encuentra en estado oligotrófico, demostrando la presencia de algas y crecimiento microbiano estabilizado.

Mediante el uso de imágenes satelitales tanto en época de lluvias como seca, (Díaz y Pérez, 2021) sugirieron analizar los efectos de la actividad agrícola de ribera en el proceso de eutrofización de la laguna Pucush Uclo en Chupaca desde 2010 hasta 2020. La población y muestra han sido elegidos de manera no probabilística o dirigida, y la investigación es de tipo básica con un diseño no experimental, descriptivo longitudinal. El análisis del IET (Índice de Estado Trófico) y la turbidez llevaron al desarrollo de la evaluación de la eutrofización. Se utilizó el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) para conocer el comportamiento y estado de los cultivos. Los indicadores se dividieron en tres niveles: bajo, medio y alto, que corresponden, respectivamente, a los estados oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipertrófico. En época de lluvias, el porcentaje de nivel alto del NDVI aumentó de 30% a 50%, el de IET de 10% a 30% y el de turbidez de 9% a 19%; en la estación seca, el aumento es insignificante. Al calcular las concentraciones de Clorofila-a, DBO y DQO en conjunto, se determinó que no existe una variación estacional significativa en el porcentaje de niveles altos. Al notar que los estados eutrófico e hipertrófico de la laguna están directamente condicionados por cambios en el NDVI, pero no por los indicadores Clorofila-a, DBO y DQO, se determinó que las actividades agrícolas están influyendo en el proceso de eutrofización.

Choque y Jalisto (2021) propusieron en su estudio evaluar y analizar el nivel de eutrofización de la laguna Huatata de Chinchero, Cusco 2021. El diseño de investigación es un estudio de métodos mixtos (cualitativo y cuantitativo), y el estudio se enmarca en el descriptivo y niveles analíticos. La clorofila y el nitrógeno y fósforo total se utilizaron como indicadores biológicos y químicos durante la evaluación, y se utilizó la técnica de la entrevista en profundidad y los testimonios de seis informantes clave para identificar las causas y efectos. Los resultados de las metodologías de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo

Económico (OCDE, 1982) mostraron que las cargas totales de clorofila fueron de 57,2 g/L, que es mayor a 25 g/L, y las cargas totales de fósforo fueron de 200,8 g/L, que es mayor a 100 g/L, lo que indica que se encuentra en la categoría hipertrófica. Según la Asociación Americana de Salud Pública (1981), la carga total de nitrógeno en forma de nitrato NO_3 es de 351,6 g/L, superior a los 200 g/L y se encuentra en la categoría Eutrófica. Según Carlson (1977), la carga total de clorofila es de 57,2 g/L, superior a los 56 g/L, por lo que se encuentra en la categoría Hipereutrófica. El índice de estado trófico de Carlson para la clorofila. El uso de fertilizantes químicos, residuos sólidos agrícolas, la extracción de agua de la laguna para siembras y cultivos y la ganadería (excretas) son las causas del grado eutrófico de la laguna. Por último, son notorias las consecuencias encontradas in situ, como la degradación de la calidad del agua, la reducción del área de la laguna y, finalmente, la alteración de la belleza del paisaje por el taponamiento del cauce y la proliferación de juncos y algas. Finalmente, utilizando los análisis de laboratorio y los métodos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (1982), Asociación Americana de Salud Pública (1981) y Carlson (1977), se puede concluir que el grado de eutrofización es Eutrófico - Hipereutrófico. Las causas y efectos de esta son generados por la actividad agropecuaria.

(Ramos y Soto, 2021), en su estudio plantearon evaluar el nivel de eutrofización de la laguna de Patacocha del centro poblado de Pueblo Libre, provincia de Huancavelica 2020, en la temporada de estiaje, se llegó a evaluar cinco principales puntos, el muestreo que se realizó es simple y fue considerado en 3 meses (agosto, setiembre y octubre), se hizo 15 muestreos, realizando solo un monitoreo en cada punto establecido de monitoreo.

La aceptación de la hipótesis alterna fue determinada por el método T de Student. Se obtuvieron los siguientes resultados: la concentración de clorofila "a" tuvo un valor promedio total de 933.33 mg/m³, los nitratos obtuvieron valor promedio total de 906.467 mg/m³ y fósforo total un valor promedio de 167.800 mg/m³. Concluimos que el nivel de eutrofización

de la laguna de Pataccocha del centro poblado de Pueblo Libre se encuentra entre los niveles eutrófico y hipereutrófico, por lo que los valores estimados del índice de estado trófico (TSI) de Carlson dieron un valor promedio de TSIClorf a (97.688), TSIN (152.711) y TSIPt (78.020).

(Escobar y Espinoza, 2021), en su estudio plantearon determinar el nivel de eutrofización de la laguna de Choclococha ubicado en el distrito de Santa Inés de la Provincia de Huancavelica. Las muestras fueron tomadas para medir los 4 parámetros, cumpliendo con los pasos de muestreo con los implementos adecuados como: guardapolvos, zapatos de seguridad. Se tomó las muestras en las orillas de la laguna siendo zonas poco profundas, para impedir modificar la composición natural del agua, para aprobar la hipótesis alterna se utilizó el método T de Student. En la investigación se expuso los siguientes resultados. Se considero los parámetros de fosforo total, nitratos, clorofila y transparencia, según los análisis obtenidos del laboratorio se concluye que la laguna de Choclococha se encuentra en un estado hipertrófico de acuerdo con su variante tradicional realizados en la laguna de Choclococha – Santa Inés - Huancavelica.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar los parámetros fisicoquímicos, biológicos y su relación con el estado trófico de la laguna Quiulacocha ubicada en el Centro Poblado de Muruhuay, Tarma - Junín 2023.

1.3.2. Objetivo Específico

- Determinar los niveles de los parámetros fisicoquímicos (nitratos, fosforo total, niveles de pH, temperatura, demanda biológica del oxígeno y turbidez) de la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023.

- Determinar los niveles de los parámetros biológicos (clorofila) en la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023.
- Determinar los niveles tróficos de acuerdo con cada método desarrollado (Método OCDE (1982), método APHA (1981) y método Toledo (1985))

1.4. Justificación

En la justificación teórica, se detalla que, este estudio presenta un análisis sobre el estado trófico, como se identifica, cuáles son los parámetros y como se evalúa para obtener el grado, como tal se aportará a la comunidad científica referente a esta temática.

En la relevancia metodológica, se explica a un estudio aplicado, de nivel descriptivo, estableciendo instrumentos que servirán de base a futuros estudios de eutrofización de lagunas.

En el aspecto social, se detalla su impacto en el sector turístico principalmente en los meses mayo y junio por el festival en Honor al Señor de Muruhuay y ambiental, beneficiándose a la población, mayor tráfico de turistas, de tal forma, se beneficia a la comunidad de esta zona, ya que, hay mayor consumo de agua.

Finalmente, en el *aspecto económico*, se destaca que, este estudio contribuye a que, se puedan realizar estudios preventivos, de tal manera que, las acciones futuras que se tomen puedan analizar el grado encontrado de eutrofización adelantándose a los costos excesivos que generaría no prestar atención en el nivel diagnóstico.

1.5. Hipótesis

1.5.1. General:

La evaluación del estado Trófico muestra un índice avanzado de eutrofización en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma - Junín 2023.

1.5.2. Especificas:

- Los niveles de los parámetros físicos se encuentran elevados en la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023.
- Las concentraciones de los parámetros biológicos se encuentran elevadas en la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023.
- Los niveles tróficos de acuerdo con los métodos desarrollados alcanzan un nivel alto en la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Teorías relacionadas a la investigación

2.1.1. Eutrofización

La eutrofización es una preocupación ambiental importante en los ecosistemas de arroyos vadeables en todo el mundo, con vínculos demostrados entre los cambios antropogénicos en el uso de la tierra en la cuenca aguas arriba y los impactos adversos en la condición y los servicios del ecosistema (Poikane et al., 2021). La eutrofización, definida como la acumulación acelerada de materia orgánica, puede degradar los ecosistemas fluviales vadeables a través de diversas vías, como la reestructuración de las comunidades de algas y plantas acuáticas, lo que da como resultado una alta biomasa de algas filamentosas de cuerpo blando que pueden superar a las diatomeas bénticas y reducir el hábitat de invertebrados y peces (Mazor et al., 2022)

El nivel del ecosistema: Las fundamentales causas de la eutrofización es el exceso de nutrientes de nitrógeno y fosforo que ingresan a través de distintas vías, estos materiales son transportados por precipitación, vertidos agrícolas, industriales y domésticos. (Soncco y Alvarez., 2020). Todas las partículas que contienen gran porcentaje de fosforo están acumuladas en el fondo como un gran almacenamiento de estos nutrientes. Algunas plantas enraizadas consumen este fosforo para su desarrollo y en la columna de agua en ciertas condiciones de anoxia el fosforo puede re disolverse de ella. (Correal Salgado, 2022)

También puede verse afectado por el cambio climático. Debido a su posición topográfica en el paisaje, las zonas ribereñas generalmente están muy expuestas a eventos climáticos extremos, como inundaciones y sequías, que se espera que aumenten en frecuencia e intensidad en muchas regiones debido al cambio climático (Paerl et al., 2019). Estos cambios pueden representar un riesgo de disminución de la capacidad amortiguadora para retener, transformar o disminuir los nutrientes antes de que lleguen al agua (Pinay et al., 2018) Los

cambios en ambas comunidades pueden promover varios efectos en cascada y, si son lo suficientemente fuertes, promover cambios en el régimen de los ecosistemas con diferentes efectos en las contribuciones de los ecosistemas a las sociedades (Janssen et al., 2021)

El nivel de la cuenca: La carga de nutrientes externos inducida por el hombre en las aguas superficiales es el factor clave de la eutrofización. Incluso bajo prácticas antropogénicas constantes como el uso de la tierra, varios componentes del cambio climático tienden a aumentar la eutrofización mediante mecanismos directos e indirectos que se han vuelto más claros en la última década. El cambio climático implica cambios en los patrones de precipitación, temperatura, velocidad del viento, tanto en magnitud (valores medios y extremos) como en la frecuencia y duración de los eventos extremos. La carga externa de nutrientes que pasa a los sistemas costeros y del interior dependerá de los cambios en el clima regional y local, así como de los cambios futuros en el uso de la tierra regidos por el clima, la población y las políticas futuras (Meerhoff et al., 2022)

Cambio de características en respuesta a los efectos del clima y la eutrofización: Anteriormente nos enfocamos en los cambios en las tasas de los ecosistemas y las biomásas vinculadas al cambio climático y la eutrofización. Sin embargo, además de los cambios en la biomasa, los valores de las características de las comunidades en las redes alimenticias también pueden cambiar sustancialmente debido al calentamiento climático, como se evidencia en investigaciones recientes. Este cambio se puede lograr a través de cambios en la composición de especies y cambios en los valores de los rasgos de las diferentes especies dentro de una comunidad. La última variación intraespecífica tiene múltiples componentes: cambio ontogenético (vinculado a cambios en la distribución de edades), plasticidad fenotípica (respuesta directa de los individuos a temperaturas más altas) y cambio genético, es decir, debido a la evolución; (Govaert et al., 2016)

Aunque no todas las especies de peces muestran una respuesta constante al clima (Jeppesen et al., 2009) un tamaño corporal medio más pequeño de los peces adultos en climas más cálidos ha sido confirmado en un análisis exhaustivo de una gran base de datos a lo largo de los gradientes climáticos (latitudinal, altitudinal y profundidad del agua) en 356 lagos europeos (Meerhoff et al., 2022)

Los mecanismos detrás de una reducción en el tamaño del cuerpo de los peces con el calentamiento, ya sea directo (impulsado por la fisiología) o indirecto (a través de las interacciones de la red trófica) son objeto de debate (Lefevre et al. , 2017). En general, las especies de latitudes bajas también crecen más rápido, maduran antes, tienen vidas más cortas y se reproducen con más frecuencia que las especies de altitudes altas (Meerhoff et al., 2022). También se ha observado una reducción del tamaño corporal en aguas más cálidas para el zooplancton, mediada tanto por cambios en la composición de especies como por cambios genéticos. Dichos cambios mejoran la interacción positiva entre el cambio climático y la eutrofización, dado que el zooplancton más pequeño generalmente es un herbívoro menos eficiente que el zooplancton de cuerpo más grande (Meerhoff et al., 2022).

Del ecosistema a las cuencas: dinámicas a nivel del paisaje: La biodiversidad se ve fuertemente afectada por la dispersión de especies y los flujos de información, y la dinámica de los ecosistemas está determinada en gran medida por el flujo de materia y sustancias entre los sistemas (Heino et al., 2021). Un estudio reciente de (Horváth et al., 2019) mostraron, a través de un estudio longitudinal de más de 50 años, que la desaparición de las sartenes a nivel regional resultó en una disminución simultánea en la diversidad local promedio en las sartenes restantes luego de la desaparición gradual de especies menos comunes. De hecho, la conexión efectiva no es solo una función de las distancias geográficas entre lagos y estanques, sino también de la abundancia regional de especies, ya que menos especies abundantes ocupan menos parches disponibles. Por el contrario, una alta conectividad también puede, en algunas

circunstancias, ser perjudicial para la diversidad (Meerhoff et al., 2022) porque las perturbaciones antropogénicas (contaminación, especies exóticas, incendios, eutrofización) pueden afectar a más sistemas simultáneamente cuando están mejor conectados.

Avances empíricos: la eutrofización y sus síntomas potencian el cambio climático (Moss et al., 2011) planteó la hipótesis de que la eutrofización podría promover el cambio climático, pero la posibilidad seguía siendo en gran medida una pregunta abierta. En la última década, se ha acumulado mucha evidencia que indica que varias manifestaciones de eutrofización mejoran el cambio climático, lo que respalda la idea de una retroalimentación auto reforzante entre ambos procesos.

El dominio alternativo del fitoplancton, las plantas sumergidas y la vegetación que flota libremente, que probablemente crece en condiciones eutróficas, puede promover patrones contrastantes en los flujos de CO₂ y otros GEI “lago de gases de efecto invernadero”. Si bien todos los productores primarios absorben CO₂ a través de la fotosíntesis y liberan CO₂ a través de la respiración, los efectos sobre la dinámica de CH₄ y N₂O pueden diferir entre el fitoplancton y los macrófitos sumergidos, flotantes o emergentes. En los trópicos, las áreas de lagos inundables dominados por plantas que flotan libremente pueden actuar como sumideros netos de CO₂ durante todas las estaciones debido a la fijación de carbono por parte de las plantas, mientras que las aguas abiertas generalmente emiten CO₂ después de cambios hidrológicos (Meerhoff et al., 2022)

2.2. Estado Trófico

El estado trófico de un sistema acuático se obtiene en principio a la concentración de nutrientes y clorofila estos ayudan en la evaluación de la calidad del agua que se distinguen en estas clasificaciones: oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e Hipereutrófico. Bravo (2021)

afirma que el proceso en el cual un cuerpo de agua lacustre o marino se agrava su estado trófico por el enriquecimiento de nitrógeno y fosforo se le entiende como eutrofización.

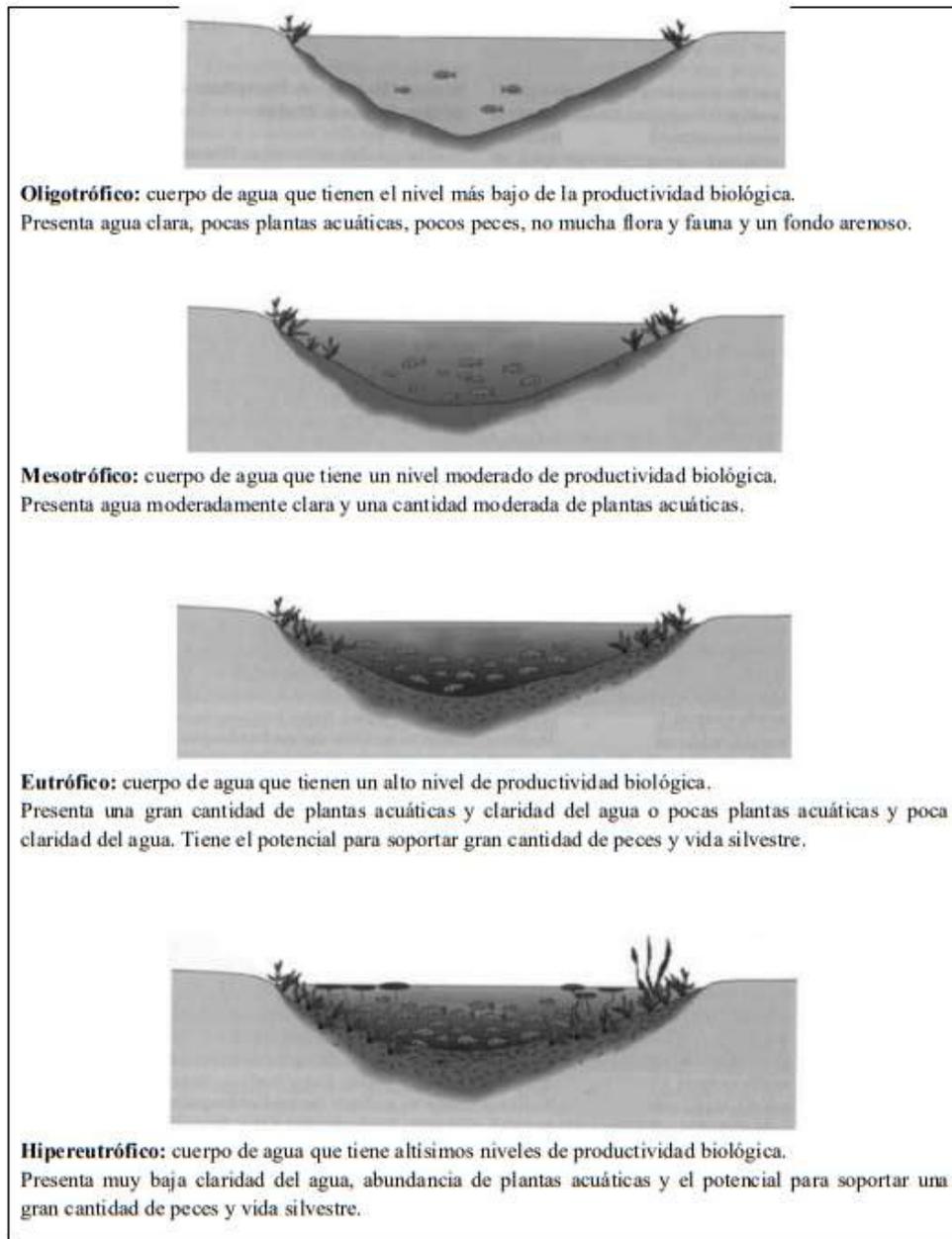
Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1997), se deduce que el estado trófico es la relación que se da entre el estado de los nutrientes en un cuerpo de agua y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo.

Categorías tróficas

- **Oligotrófico:** Es un cuerpo de agua con una productividad baja de nutrientes, la oxigenación y transparencia son buenas en toda la profundidad del agua (Quiroz-Santos y Mendoza-Caballero, 2022).
- **Mesotrófico:** Es una fase intermedia visualizando una concentración media de materias nutritivas y numerosos organismos acuáticos (Quiroz-Santos y Mendoza-Caballero, 2022).
- **Eutrófico:** Se da cuando el cuerpo de agua es rico en nutrientes, la estimulación de fitoplancton y plantas acuáticas se dan cuando las aguas escurren sobre los suelos. Posee alta disponibilidad de nutrientes y las aguas tienen una incipiente turbiedad (Quiroz-Santos y Mendoza-Caballero, 2022).
- **Hipereutrófico:** En estos cuerpos de agua ocurre el excesivo crecimiento de algas por el alto suministro de nutrientes y la concentración de oxígeno disuelto es muy baja (Quiroz-Santos y Mendoza-Caballero, 2022).

Figura 1

Características de los estados tróficos en cuerpos de agua



Nota: Adaptado de “Determinación del estado trófico utilizando índices numéricos en la laguna la Pampa, Humedales de Villa, Lima-Perú (p.50), por Alberto Cosme

Niveles eutróficos:

- Método Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982)

Choque y Jalisto (2021) propusieron que El Comité de Eutrofización de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) estableció las categorías tróficas teniendo en cuenta las concentraciones de los parámetros como fósforo total, clorofila y transparencia con el disco de Secchi.

Teniendo valores límites del método de OCDE para un sistema completo de clase trófica (Bougarme, 2019).

Tabla 1

Clasificación y categorías tróficas conforme a OCDE

Categoría trófica	Clorofila "a" ug/l	Transparencia Ds (m)	Fósforo total (ug/l)
Ultraoligotrófico	<1	>6	< 4
Oligotrófico	1 - 2,5	6 a 3	4 a 10
Mesotrófico	2,5 a 8	3 a 1.5	10 a 35
Eutrófico	8 a 25	1,5 a 0.7	35 a 100
Hipertrófico	>25	<0.7	> 100

Nota: Adoptado de Estado Trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de la Cocha, por (Choque y Jalisto, 2021)

- Métodos Asociación Americana de Salud Pública (APHA, 1981)

El método Asociación Americana de Salud Pública (1981) teniendo valores numéricos correspondientes y los niveles de tipificación para poder establecer el estado trófico específico aplicando la variable de nitrógeno en nitrato (NO_3-N) es la siguiente:

Clasificación general internacional tipifica el estatus trófico o productivo de lagos y lagunas (Choque y Jalisto, 2021).

Tabla 2*Categorías tróficas conforme a APHA*

Estado trófico	Nitratos (NO_3-N) ($\mu g/l$)
Oligotrófico	1 - 50
Mesotrófico	60 - 200
Eutrófico	> 200

Nota: nitrógeno total en forma de nitrato y ($\mu g/l$): Microgramo por litro (Choqqe y Jalisto, 2021).

- Método Carlson (1977)

El método de Carlson (1977) fue desarrollado para climas templados y consiste en la determinación de IET en base al cálculo del fósforo total, clorofila-a, transparencia del agua y nitrógeno total; el IET promedio se halla según las siguientes ecuaciones (tabla 4).

(Rorigues Maia, 2021)

Tabla 3*Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua*

Estado trófico	Rango TSI	Ds (m)	(Clorf a) (mg/m^3)	Pt (mg/m^3)
Oligotrófico (TSI<30)	0	64	0.04	0.75
	10	32	0.12	1.5
	20	16	0.34	3
	30	8	0.94	6
Mesotrófico (30<TSI<60)	40	4	2.6	12
	50	2	6.4	24
	60	1	20	48
	70	0.5	56	96
Eutrófico (60<TSI<90)	80	0.25	154	192
	90	0.12	427	384
Hipertrófico (90<TSI<100)	100	0.06	1183	768

Nota. Modificado de Carlson (1977;1980)

Tabla 4

Fórmula para estimar el estado trófico aplicándose los indicadores de eutrofia

Parámetros de eutrofización	Fórmula para estimar el TSI
Claridad del agua (Ds) (m)	$TSI_{Ds} = 60 - 14.4 \ln Ds$
Clorofila "a" (Clorf a) (mg/m³)	$TSI_{Clorf a} = 9.81 \ln Clorf a + 30.6$
Nitrógeno total (N) (mg/l)	$TSI_N = 54.45 + 14.43 \ln N$
Fosforo Total (Ft) (mg/l)	$TSI_P = 14.42 \ln Pt + 4.15$

Nota. Modificado de Carlson (1977;1980)

- Índice de estado trófico de Carlson modificado por Toledo (IETM).

Toledo (1985) planteo ciertas modificaciones en la formulación del IET para ambientes lentos de clima tropical, esta modificación fue aplicada en un estudio que se realizó en un reservorio de Barra Bonita, Brasil (Soncco y Alvarez., 2020).

Tabla 5

Fórmula para estimar el estado trófico - IETM

Parámetros de eutrofización	Fórmula para estimar el TSI
Claridad del agua (Ds) (m)	$IETM_{Ds} = 10 \times \left(6 - \frac{0.64 + \ln Ds}{\ln 2} \right)$
Clorofila "a" (Clorf a) (µg/l)	$IETM_{Cla} = 10 \times \left(6 - \frac{2.04 - 0.695 \ln Cla}{\ln 2} \right)$
Fosforo Total (Ft) (µg/l)	$IETM_{Pt} = 10 \times \left(\frac{\ln \left(\frac{80.32}{Pt} \right)}{\ln 2} \right)$
IETM Promedio	$IETM_{PROMEDIO} = \left(\frac{IETM_{DS} + IETM_{CL} + IETM_{FT}}{3} \right)$

Donde:

IETM (DS): Índice de estado trófico de Carlson modificado por Toledo disco secchi

IETM (Cl. "a"): Índice de estado trófico de Carlson modificado por Toledo clorofila "a"

IETM (PT): Índice de estado trófico de Carlson modificado por Toledo fósforo total

IETM (Promedio): Índice de estado trófico de Carlson promedio modificado por Toledo.

Tabla 6

Clasificación de estado trófico - Toledo 1984

Estado trófico	Ds (m)	(Clorf a) (ug/l)	Pt (mg/l)
Ultraoligotrófico IETM ≤ 30	≥ 7.8	≤ 0.006	≥ 0.51
Oligotrófico (30 < IETM ≤ 44)	7.7 – 2	0.007 – 0.026	0.52 – 3.81
Mesotrófico (44 < IETM ≤ 54)	1.9 – 1	0.027 – 0.052	3.82 – 10.34
Eutrófico (54 < IETM ≤ 74)	0.9 – 0.3	0.053 – 0.211	10.35 – 76.006
Hipertrófico (IETM > 74)	< 0.3	≥ 0.211	> 76.06

Nota. Toledo et al. (1984).

Marco conceptual

Eutrofización: Estos son nutrientes que enriquecen el agua, provocando un crecimiento acelerado de algas y mayor vida vegetal, creando así una perturbación indeseable en el equilibrio entre los organismos del agua y la calidad del agua en cuestión.

Ecología: Es el estudio científico de las interacciones entre los seres vivos y los componentes físicoquímicos de su entorno para comprender los patrones que estas interacciones provocan en la distribución geográfica y la abundancia de diferentes animales.

Ecosistemas: Un sistema que comprende todos los organismos vivos que existen entre sí en una unidad de espacio interactuando con componentes abióticos.

Minerales: Es un elemento o compuesto inorgánico natural con una estructura interna ordenada y una composición química, forma cristalina y propiedades físicas características.

Turbidez: Es una medida de cuán turbia está el agua en un lago o río.

2.3. Marco legal ambiental

Ley 29338. Estandariza el uso y manejo de los recursos hídricos, incluyendo aguas superficiales, subterráneas, continentales y activos asociados, siendo apto para aguas marinas y atmosféricas.

Ley 17752. Esta ley establece que las aguas sin excepción son propiedad del Estado y su jurisdicción es inalienable e imprescriptible; el agua no tiene propiedad privada ni derechos asignados; el agua puede ser utilizada de manera justa y racional sólo si responde a los intereses sociales y al desarrollo nacional.

2.3.1. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

ECA fija el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su calidad de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2017)

Figura 2

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Nota: Adaptado (Ministerio del Ambiente., 2017)

III. METODO

3.1. Tipo de investigación

Es Aplicada. Puesto que se realiza un estudio en el cual, se pretende analizar no solo la situación en que se encuentra el fenómeno sino en resolver el problema (Arias, 2020). En este caso, se trata de realizar el proceso para encontrar el nivel de eutrofización de la laguna Quiulacocha debido a la problemática planteada (presencia de un nivel bajo de turbidez).

El nivel es descriptivo. Debido a que, se centra en analizar o diagnosticar un fenómeno en concreto, a través de una medición o no (Arias, 2020). En este caso, se realiza un diagnóstico sobre el nivel eutrófico de la laguna Quiulacocha.

Diseño No experimental. Porque, no se empleará manipulación de las variables, solamente se ejecutará un análisis completo basándose en aspectos numéricos para dar respuesta al objeto de estudio (Arias, 2020). Como tal, se evalúa el nivel eutrófico de la laguna Quiulacocha evidenciándose la presencia de nitrógeno, fósforo y clorofila.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Temporal: Este trabajo de investigación “Evaluación de la Eutrofización de la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023” será desarrollado en la fase de campo y laboratorio en los meses de diciembre 2023 a mayo del 2024. (épocas de avenida y estiaje)

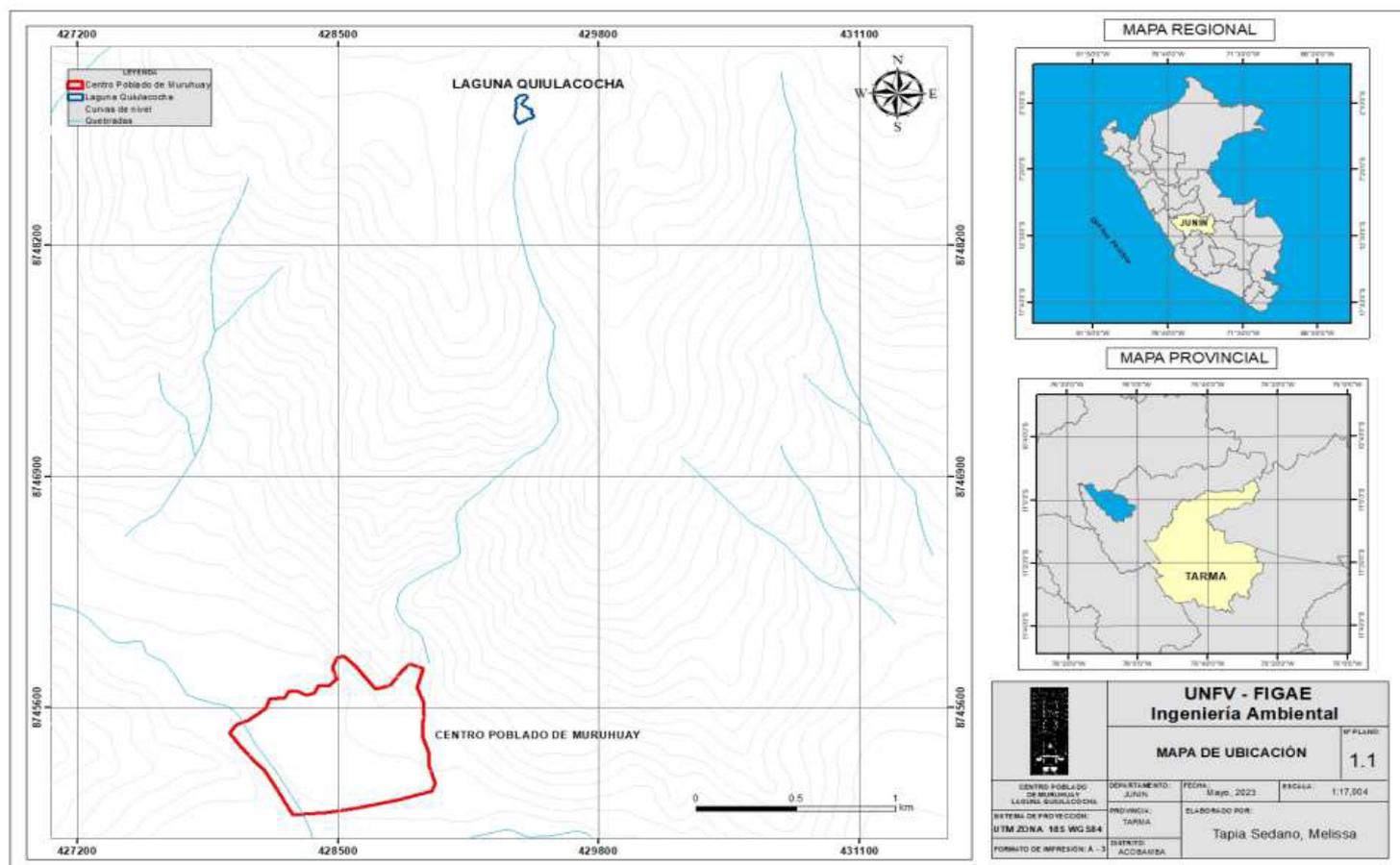
Espacial: La laguna Quiulacocha, Muruhuay, ubicada en el Centro Poblado de Muruhuay, Tarma – Junín.

Ubicación y localización

- Departamento: Junín
- Provincia: Tarma
- Centro poblado: Muruhuay
- Laguna: Quiulacocha
- Altitud: 4082 msnm
- Latitud: -11.316682°
- Longitud: -75.647301°

Figura 3

Mapa de Ubicación de la Laguna Quiulacocha



Nota: Elaboración propia.

3.3. Variables

Operacionalización de variables se encuentra detallada en ANEXOS 8.1

- **Variable Dependiente:** Estado trófico
- **Variable Independiente:** Parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Tabla 7

Variables e indicadores

VARIABLE	INDICADORES	INDICADORES	INDICADORES
Dependiente	(OCDE 1982)	(TOLEDO 1985)	(APHA 1981)
Estado trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico
	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico
	Eutrófico	Hipertrófico	
	Hipertrófico		
Independiente	INDICADORES		UNIDAD
Indicadores fisicoquímicos y biológicos	Potencial de hidrógeno (pH)		pH
	Temperatura		°C
	Conductividad		mS/cm
	Demanda bioquímica de Oxígeno		mg/l
	Transparencia		m
	Fosforo Total		mg/l
	Nitratos		mg/l
Clorofila "a"		mg/l	

Nota: Elaboración propia.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Es el grupo de unidades como personas u objetos de los que se quiere entender algo en una investigación. (Robles, 2019)

La población es la laguna Quiulacocha, ubicada en el Centro Poblado de Muruhuay de la provincia de Tarma, Junín.

3.4.2. Muestra

Es un subconjunto o fragmento de la población en que se llevará a cabo la investigación, los resultados que se llegan a obtener pueden generalizarse en toda la población. La muestra es una parte representativa de la población. (Robles, 2019)

La muestra consistirá en 5 puntos representativos en la laguna Quiulacocha, basándonos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA). Establecimiento de red de puntos de monitoreo en lagos, lagunas y embalses (6.5.2). (Autoridad Nacional Del Agua, 2016)

Tabla 8

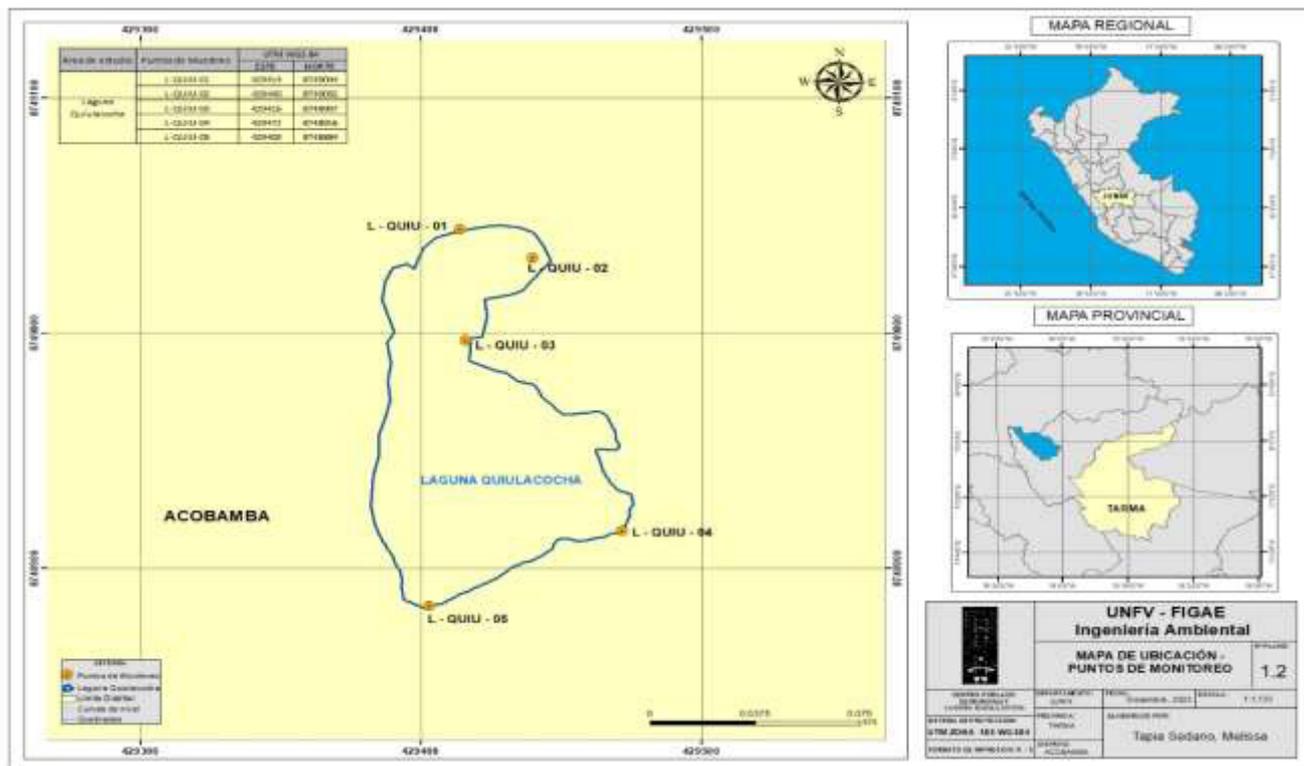
Puntos de Muestreo - Laguna Quiulacocha

Área de estudio	Puntos de Muestreo	UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
Laguna Quiulacocha	L-QUIU-01	429414	8749044
	L-QUIU-02	429440	8749032
	L-QUIU-03	429416	8748997
	L-QUIU-04	429472	8748916
	L-QUIU-05	429403	8748884

Nota: Elaboración propia.

Figura 4

Mapa de Ubicación de los Puntos de Muestreo



Nota: Elaboración propia.

3.4.3. Muestreo

Es el principio estadístico, su objetivo principal es de adecuar modelos matemáticos expandiendo las conclusiones de investigaciones realizadas en una parte de una población a la población en su conjunto, ocasionando incertidumbre en dichos resultados. (Betanero et al., 2019)

Muestreo no probabilístico:

En este tipo de muestreo no puede calcularse con la probabilidad, por lo tanto, no se puede generalizar los resultados que se deriven de ellas. (Hernandez, 2021)

- ✓ Muestreo por conveniencia: La muestra es elegida conforme a la conveniencia del investigador, la elección es de manera arbitraria.

- ✓ Muestreo intencional: La elección de la muestra es desarrollada mediante expertos que fijan criterios a seguir.
- ✓ Selección por cuotas: Se constituye por subgrupos que de alguna manera instauran una réplica de la población.
- ✓ Bolas de nieve: Las primeras muestras son elegidas de manera probabilística o no probabilística y de estos mismos van dando pistas de otras muestras que podrían ser incluidos en la investigación.

Por lo tanto, el procedimiento para la selección del tamaño de muestra de la investigación “Evaluación de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y su relación con el estado de eutrofización de la laguna Quiulacocha, Muruhuay, Tarma - Junín 2023” es no probabilístico intencional, ya que, para determinar los puntos de monitoreo se desarrolló con un experto.

Muestreo simple o puntual:

Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. (Autoridad Nacional Del Agua, 2016). Se realizará 10 muestreos en la laguna Quiulacocha en temporada de avenida y estiaje.

3.5. Instrumentos

A. Técnica:

La técnica que se usara es para muestra simple o puntual determinada en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Autoridad Nacional Del Agua, 2016)

B. Instrumentos:

Los instrumentos que se usaran son:

- Cadena de custodia

- Ficha de reporte de ensayo en laboratorio

Equipos:

- Multiparámetro (pH, CE, T°)
- Equipo localizador GPS. (celular)
- Cámara digital fotográfica.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Etapa de gabinete

- Recopilación de información de la laguna Quiulacocha del Centro Poblado de Muruhuay
- Solicitud de permiso a la Municipalidad del Centro Poblado de Muruhuay para realizar el estudio de la laguna Quiulacocha.
- Cotizaciones de servicio de análisis de agua en diferentes laboratorios que son acreditados por el INACAL.

3.6.2. Etapa de campo

- Reconocimiento del área de estudio para determinar los puntos de monitoreo.
- Verificar la accesibilidad y profundidad de la laguna Quiulacocha para determinar los puntos de monitoreo.
- Confirmación de los 5 puntos de monitoreo.
- Contar con todos los implementos de seguridad y materiales para la toma de muestras. (Conforme al procedimiento de muestreo de lagos o lagunas desde la orilla- Resolución jefatural N°010 -2016 de la ANA)
- Georreferenciación con GPS de los 5 puntos de monitoreo en la laguna Quiulacocha.
- Toma de muestras y rotulado.

- Se analiza los siguientes parámetros in situ (T° - pH – Conductividad eléctrica).
- Almacenamiento de las muestras en cooler (Llenado de cadena de custodia)
- Transporte y entrega de las muestras al laboratorio.

3.6.3. Etapa de laboratorio

- Entrega de muestras al laboratorio de ensayo acreditado por el INACAL para el análisis de los siguientes parámetros (Fosforo total, Nitrato, Clorofila, DBO).

Análisis de datos

Se empleará el programa SPSS V27 y Excel con los valores obtenidos de las muestras de los 5 puntos de monitoreo, empleándose análisis estadístico T de Student para verificar la significancia de cada parámetro.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros obtenidos

4.1.1. Caracterización de parámetros de campo

Se detalla las mediciones realizadas en campo para los 5 puntos de monitoreo de los meses diciembre 2023 y marzo del 2024, de los parámetros físicos.

4.1.1.1. Temperatura (T), Potencial de hidrógeno (pH) y Conductividad (CE).

Tabla 9

Resultados de las mediciones de Temperatura, pH y conductividad

Puntos	Parámetros	Meses de Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01	T (C°)	17.4	15.6
	pH	7.37	7.95
	CE (uS/cm)	36	183
L-QUIU-02	T (C°)	16.4	16.1
	pH	7.37	9.47
	CE (uS/cm)	26	58
L-QUIU-03	T (C°)	16.7	15.2
	pH	7.45	9.14
	CE (uS/cm)	79	43
L-QUIU-04	T (C°)	17.1	15.3
	pH	7.43	9.55
	CE (uS/cm)	27	34
L-QUIU-05	T (C°)	15.7	14.3
	pH	7.39	8.98
	CE (uS/cm)	27	76
	X_A temperatura	16.66	15.6
	X_A CE	39	78.8
	X_A pH	7.4	9

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.2. Disco Secchi o transparencia de la columna de agua.

Se muestran los valores obtenidos en campo de la transparencia de la columna de agua realizada en los 5 puntos de monitoreo de los meses diciembre 2023 y marzo del 2024.

Tabla 10

Resultados de las mediciones de Disco Secchi

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo		X_A
		Diciembre 2023	Marzo 2024	
L-QUIU-01	Transparencia (m)	0.28	0.13	0.21
L-QUIU-02		0.25	0.27	0.26
L-QUIU-03		0.31	0.25	0.28
L-QUIU-04		0.35	0.16	0.26
L-QUIU-05		0.38	0.17	0.28
X_A		0.314	0.196	

Nota. Elaboración propia.

4.1.2. Caracterización de parámetros químicos

Se detalla las mediciones realizadas en campo para los 5 puntos de monitoreo de los meses diciembre 2023 y marzo del 2024 de los parámetros químicos tales como fosforo total y nitratos.

Se muestra los valores promedios obtenidos de cada parámetro por punto de monitoreo para la clasificación del estado trófico.

4.1.2.1.Fósforo Total

Tabla 11

Resultados de concentración de fósforo total

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo		
		Diciembre 2023	Marzo 2024	X_A
L-QUIU-01	Fosforo Total ug/l	<10	<10	<10
L-QUIU-02		<10	<10	<10
L-QUIU-03		<10	<10	<10
L-QUIU-04		<10	<10	<10
L-QUIU-05		<10	<10	<10
X_A		<10	<10	

Nota. Elaboración propia.

4.1.2.2.Nitratos

Tabla 12

Resultados de concentración de fósforo total

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo		
		Diciembre 2023	Marzo 2024	X_A
L-QUIU-01	Nitratos ug/l	500	430	465
L-QUIU-02		420	420	420
L-QUIU-03		420	610	515
L-QUIU-04		480	540	510
L-QUIU-05		400	380	390
X_A		444	476	

Nota. Elaboración propia.

4.1.2.3. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Tabla 13

Resultados de concentración de fósforo total

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01	DBO mg/l	2.4	2.8
L-QUIU-02		<2	3.6
L-QUIU-03		<2	3.9
L-QUIU-04		<2	3.2
L-QUIU-05		<2	3.6

Nota. Elaboración propia.

4.1.3. Caracterización de parámetros biológico

Se detalla las mediciones realizadas en campo para los 5 puntos de monitoreo de los meses diciembre 2023 y marzo del 2024 de los parámetros biológicos como clorofila “a”.

Se muestra los valores promedios obtenidos de cada parámetro por punto de monitoreo para la clasificación del estado trófico

4.1.3.1. Clorofila "a"

Tabla 14

Resultados de concentración de clorofila "a"

Puntos de Muestreo	Parámetros	Mese de Muestreo		X_A
		Diciembre 2023	Marzo 2024	
L-QUIU-01	Clorofila "a" (ug/l)	<5	2292	1146
L-QUIU-02		<5	2956	1478
L-QUIU-03		<5	35434	17717
L-QUIU-04		<5	1463	732
L-QUIU-05		<5	26107	13054
X_A		<5	13650.4	

Nota. Elaboración propia.

4.2. Análisis de los datos obtenidos

A los valores obtenidos de los parámetros se aplican ecuaciones establecidas para la determinación del índice de estado trófico para la clorofila "a", fosforo total y transparencia.

4.2.1. Índice de estado trófico según Carlson modificado por Toledo (IETM)

Tabla 15

Índice de Estado Trófico para clorofila

Puntos de Muestreo		Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01	Clorofila "a" (ug/l) <i>IETM</i> $(6 - \frac{2.04 - 0.695 \ln Cl_a}{\ln 2})$	< 46.7	108.14
L-QUIU-02		< 46.7	110.69
L-QUIU-03		< 46.7	135.6
L-QUIU-04		< 46.7	103.64
L-QUIU-05		< 46.7	132.54
X_A		< 46.7	118.122

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16*Índice de Estado Tráfico fosforo total*

Puntos de Muestreo	Fosforo Total ug/l	Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01		< 30.057	< 30.057
L-QUIU-02	$IETM$	< 30.057	< 30.057
L-QUIU-03	$Pt = 10 \times \left(\frac{\ln(\frac{80.32}{Pt})}{\ln 2} \right)$	< 30.057	< 30.057
L-QUIU-04		< 30.057	< 30.057
L-QUIU-05		< 30.057	< 30.057
X_A		< 30.057	< 30.057

Nota. Elaboración propia.**Tabla 17***Índice de Estado Tráfico Ds*

Puntos de Muestreo	Transparencia (m)	Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01		69.13	80.2
L-QUIU-02	$IETM$	70.76	69.66
L-QUIU-03	$Ds = 10 \times \left(6 - \frac{0.64 + \ln Ds}{\ln 2} \right)$	67.66	70.76
L-QUIU-04		65.91	77.21
L-QUIU-05		64.73	76.33
X_A		67.64	74.83

Nota. Elaboración propia.

4.3. Clasificación de Estado Tráfico

La clasificación del estado tráfico de la laguna Quiulacocha fueron obtenidas por los índices de estado tráfico según los métodos de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (1982), Asociación Americana de Salud Pública (1981) y TOLEDO (1985) que se realizaron en los 5 puntos de muestreo.

4.3.1. Índice de estado trófico según OCDE (1982)

Tabla 18

Estado trófico según OCDE (1982)

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo		clasificación
		Diciembre 2023	Marzo 2024	
L-QUIU-01	Chl“a”	Meso.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Hiper.	Hiper.	Hiper.
L-QUIU-02	Chl“a”	Meso.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Hiper.	Hiper.	Hiper.
L-QUIU-03	Chl“a”	Meso.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Hiper.	Hiper.	Hiper.
L-QUIU-04	Chl“a”	Meso.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Hiper.	Hiper.	Hiper.
L-QUIU-05	Chl“a”	Meso.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Hiper.	Hiper.	Hiper.

Nota. Elaboración propia.

4.3.2. Índice de estado trófico según APHA (1981)

Tabla 19

Estado trófico según APHA (1981)

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo		Clasificación
		Diciembre 2023	Marzo 2024	
L-QUIU-01	Nitratos ug/l	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
L-QUIU-02		Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
L-QUIU-03		Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
L-QUIU-04		Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
L-QUIU-05		Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

Nota. Elaboración propia.

4.3.3. Índice de estado trófico según Carlson modificado por Toledo (IETM)

Tabla 20

Estado trófico según Carlson modificado por Toledo (IETM)

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo		Clasificación
		Diciembre 2023	Marzo 2024	
L-QUIU-01	Chl“a”	Mesot.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Eutro.	Hiper.	Hiper.
L-QUIU-02	Chl“a”	Mesot.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Eutro.	Eutro.	Eutro.
L-QUIU-03	Chl“a”	Mesot.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Eutro.	Eutro.	Eutro.
L-QUIU-04	Chl“a”	Mesot.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Eutro.	Hiper.	Eutro.
L-QUIU-05	Chl“a”	Mesot.	Hiper.	Hiper.
	PT	Oligo.	Oligo.	Oligo.
	SD	Eutro.	Hiper.	Eutro.

Nota. Elaboración propia.

4.4. Análisis Estadístico

Para poder fundamentar el estado de eutrofización en la laguna Quiulacocha del Centro Poblado de Muruhuay, Tarma - Junín 2023 es necesario evaluar los resultados de los métodos aplicados implicando tres elementos fundamentales que son: transparencia, clorofila “a” y nitratos, ya que, los métodos de clasificación hacen uso de estos parámetros base para determinar la categorización de la eutrofización, por lo que en este apartado analizaremos las significancia de cada parámetro en mención, debido a que esto determinará si son viables al querer comparar la eutrofización.

Se tiene:

Para el parámetro transparencia

Tabla 21

Resultados de monitoreo del parámetro transparencia en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método OCDE

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01	Transparencia (m)	0.28	0.13
L-QUIU-02		0.25	0.27
L-QUIU-03		0.31	0.25
L-QUIU-04		0.35	0.16
L-QUIU-05		0.38	0.17

Nota. Elaboración propia.

Analizando este parámetro para ser analizado por el método Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) buscamos su significancia en función de la prueba hipótesis T student de variables relacionadas teniendo el resultado:

Tabla 22

Análisis T de student de variables relacionadas parámetro transparencia para prueba OCDE

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
transparencia OCDE (m) dic 2023	15.718	4	0.000	0.30800	0.2536	0.3624
transparencia OCDE (m) marzo 2024	7.225	4	0.002	0.19600	0.1207	0.2713

Nota. Análisis elaborado en SPSS versión 27. Elaboración propia.

De la tabla anterior se desprende que la variación en transparencia es significativa debido a que el sig. es menor a 0.05 que es el sig. tolerable por lo que la transparencia varía significativamente de diciembre del 2023 a marzo del 2024 por lo que justifica aplicar el método de análisis del método Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) para verificar eutrofización.

Para el método de determinación de eutrofización implementado por Toledo 1984 se tiene que tratar la información obtenida en campo de la siguiente manera:

Tabla 23

Resultados de monitoreo del parámetro transparencia en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método TOLEDO 1984

Puntos de Muestreo	Transparencia (m)	Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01	I $ETM_{DS=10} \times (6 - \frac{0.64 + \ln DS}{\ln 2})$	69.13	80.2
L-QUIU-02		70.76	69.66
L-QUIU-03		67.66	70.76
L-QUIU-04		65.91	77.21
L-QUIU-05		64.73	76.33

Nota. Elaboración propia.

Analizando este parámetro para ser analizado por el método TOLEDO 1984 buscamos su significancia en función de la prueba hipótesis T student de variables relacionadas teniendo los resultados.

Tabla 24

Análisis T de student de variables relacionadas parámetro transparencia para prueba TOLEDO 1984

			Valor de prueba = 0					
			t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
transparencia								
TOLEDO (m)	dic		62.510	4	0.000	67.63800	64.6338	70.6422
2023								
transparencia								
TOLEDO (m)	marzo		37.405	4	0.000	74.83200	69.2775	80.3865
2024								

Nota. Análisis elaborado en SPSS versión 27. Elaboración propia.

De la tabla anterior se desprende que la variación en transparencia es significativa debido a que el sig. es menor a 0.05 que es el sig. tolerable por lo que la transparencia varía significativamente de diciembre del 2023 a marzo del 2024 por lo que justifica aplicar el método de análisis TOLEDO 1984 para verificar eutrofización.

Por lo que el parámetro transparencia es significativo para ser evaluado para determinar eutrofización por los métodos analizados.

Para el parámetro clorofila “a”

Tabla 25

Resultados de monitoreo del parámetro clorofila “a” en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método OCDE

Puntos de Muestreo	Parámetros	Mese de Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024

L-QUIU-01		3	2292
L-QUIU-02	Clorofila "a"	3	2956
L-QUIU-03	(ug/l)	3	35434
L-QUIU-04		3	1463
L-QUIU-05		3	26107

Nota. Elaboración propia.

Analizando este parámetro para ser analizado por el método Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) buscamos su significancia en función de la prueba hipótesis T student de variables relacionadas teniendo los resultados.

Tabla 26

Análisis T de student de variables relacionadas parámetro clorofilo "a" para prueba OCDE

		Valor de prueba = 0				
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior
clorofila a OCDE (ug/l) dic 2023-marz 2024		1.910	4	0.129	13650.6000 0	-6192.5727 33493.7727

Nota. Análisis elaborado en SPSS versión 27. Elaboración propia.

De la tabla anterior se desprende que la variación en transparencia es significativa debido a que el sig. es mayor a 0.05 que es el sig. tolerable por lo que la clorofila "a" no varía significativamente de diciembre del 2023 a marzo del 2024 por lo que no justifica aplicar el método de análisis Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) para verificar eutrofización

Para el método de determinación de eutrofización implementado por Toledo 1984 se tiene que tratar la información obtenida en campo de la siguiente manera:

Tabla 27

Resultados de monitoreo del parámetro clorofila en la laguna Quiulacocha del distrito

Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método TOLEDO 1984

Puntos de Muestreo		Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01		41.58	108.15
L-QUIU-02		41.58	110.69
L-QUIU-03	$IETM \quad \frac{Clorf a = 10 X}{(6 - \frac{2.04 - 0.695 \ln Cl a}{\ln 2})}$	41.58	135.6
L-QUIU-04		41.58	103.64
L-QUIU-05		41.58	132.54

Nota. Elaboración propia.

Analizando este parámetro para ser analizado por el método TOLEDO 1984 buscamos su significancia en función de la prueba hipótesis T student de variables relacionadas teniendo el resultado.

Tabla 28

Análisis T de student de variables relacionadas parámetro clorofilo para prueba

	Valor de prueba = 0				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior
clorofila a TOLEDO (ug/l) dic 2023-marz 2024	17.83 1	4	0.000	118.12400	99.7306 136.5174

Nota. TOLEDO 1984

Nota. Análisis elaborado en SPSS versión 27. Elaboración propia.

De la tabla anterior se desprende que la variación en clorofila “a” es significativa debido a que el sig. es menor a 0.05 que es el sig. tolerable por lo que la transparencia varía significativamente de diciembre del 2023 a marzo del 2024 por lo que justifica aplicar el método de análisis TOLEDO 1984 para verificar eutrofización.

Por lo que en la metodología OCDE y TOLEDO 1984 estadísticamente los parámetros transparencia y clorofila “a” son relevantes y significativos siendo de mayor relevancia estadística en la metodología TOLEDO 1984.

Respecto a la metodología Asociación Americana de Salud Pública (1981) es necesario evaluar la relevancia estadística del parámetro nitratos lo cual se tiene:

Tabla 29

Resultados de monitoreo del parámetro nitratos en la laguna Quiulacocha del distrito Muruhuay, Tarma – Junín para aplicar el método APHA

Puntos de Muestreo	Parámetros	Muestreo	
		Diciembre 2023	Marzo 2024
L-QUIU-01	Nitratos ug/l	500	430
L-QUIU-02		420	420
L-QUIU-03		420	610
L-QUIU-04		480	540
L-QUIU-05		400	380

Nota. Elaboración propia.

Analizando este parámetro para ser analizado por el método Asociación Americana de Salud Pública (APHA, 1981) buscamos su significancia en función de la prueba hipótesis T student de variables relacionadas teniendo los resultados.

Tabla 30

Análisis T de student de variables relacionadas parámetro nitratos para prueba APHA

	t	gl	Valor de prueba = 0			
			Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
nitratos APHA (ug/l) dic 2023	13.686	4	0.000	498.00000	396.9740	599.0260
nitratos APHA (ug/l) marzo 2024	11.139	4	0.000	476.00000	357.3577	594.6423

Nota. Análisis elaborado en SPSS versión 27. Elaboración propia.

De la tabla anterior se desprende que la variación en nitratos es significativa debido a que el sig. es menor a 0.05 que es el sig. tolerable por lo que la transparencia varía significativamente de diciembre del 2023 a marzo del 2024 por lo que justifica aplicar el método de análisis por metodología Asociación Americana de Salud Pública (1981) para verificar eutrofización.

Por lo que las metodologías OCDE, TOLEDO 1984 y APHA son estadísticamente aplicables para determinar los niveles de eutrofización según se plantea en la investigación.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Choque y Jalisto (2021) en su investigación “Evaluación del grado de eutrofización de la laguna de Huatata - Chinchero, Cusco 2021”, usa como indicadores biológicos y químicos a la clorofila, nitrógeno y fósforo total para determinar el estado de eutrofización de la Laguna Huatata, Sus resultados según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982), es que las cargas totales de clorofila fueron de 57,2 g/L y las cargas totales de fósforo fueron de 200,8 g/L, lo que indica que se encuentra en la categoría hipertrófica. Según la Asociación Americana de Salud Pública (1981), la carga total de nitrógeno en forma de nitrato NO_3 es de 351,6 g/L y se encuentra en la categoría Eutrófica. Según Carlson (1977), la carga total de clorofila es de 57,2 g/L, por lo que se encuentra en la categoría Hipereutrófica.

Algunas de las causas con el uso de fertilizantes químicos, residuos sólidos agrícolas, la extracción de agua de la laguna para siembras y cultivos y la ganadería (excretas) son las causas del grado eutrófico de la laguna. Con relación a nuestro trabajo de investigación, el cual fue desarrollado en la Laguna Quiulacocha, los resultados según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) fueron que las cargas totales de clorofila en promedio en el mes de diciembre del 2023 fueron <5 ug/l y en el mes de marzo del 2024, 13650.4 ug/l indicando que se encuentra en la categoría hipertrófica al igual que los autores y las cargas totales de fósforo fueron en promedio <10 ug/l indicando que se encuentra en la categoría oligotrófico, este resultado es diferente al autor. Según la metodología APHA (1981) de acuerdo con la carga de nitratos, en el mes de mes de diciembre del 2023 se obtuvo 444 ug/l y en el mes de marzo del 2024, 476 ug/l, encontrándose en el estado eutrófico al igual que los autores.

Zambrano (2018) en su investigación “Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural el Carmen y su situación con las épocas del año” realizó muestreos en la época seca (mayo a noviembre) y la lluviosa (diciembre a abril), en los cuales se midieron parámetros químicos, físicos y biológicos dando como resultados condiciones de pH con un promedio de 9,1; Temperaturas de 25°C; OD de 5,62 mg/l, profundidad de 0,42 cm; fósforo total de 2,16 ug/l y clorofila “a” 0,50 mg/l. Sus resultados según Carlson modificada por Toledo (1985) se calculó el IET de la laguna en época seca donde se obtuvo un índice de estado trófico de 42,71 lo que indica que la laguna presenta un estado oligotrófico y en época lluviosa de 58,75 que indica que la laguna se encuentra en estado eutrófico. Con relación a nuestro trabajo de investigación, el cual fue desarrollado en la Laguna Quiulacocha, los resultados según Carlson modificada por Toledo (1985) nos da como resultado para la clorofila un IETM promedio de < 46.7 en temporada de lluvia y 118.122 en temporada seca, para el IETM promedio de fósforo total < 30.057 para temporada lluviosa y seca y para el IETM promedio de la transparencia 67.64 en temporada de lluvia y 74.83 en temporada seca. Indicando que en temporada de lluvia para la clorofila el estado es mesotrófico, para el fósforo total es oligotrófico y para la transparencia es mesotrófico; y en la temporada seca para la clorofila el estado es hipertrófico, para el fósforo total es oligotrófico y para la transparencia es mesotrófico hipertrófico, no guardando relación con los resultados del autor.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se presentan a continuación están con relación a los objetivos de esta investigación:

- a) Se concluye que los niveles de los parámetros fisicoquímicos en promedio para la temporada de avenida son: Temperatura 16.66 °C, pH 7.4, Conductividad eléctrica 39 uS/cm, nitratos 444 ug/l, fosforo total <10 ug/l, Transparencia 0.314 m y demanda biológica del oxígeno <2 mg/l; en la temporada de sequía son: Temperatura 15.3 °C, pH 9.02, Conductividad eléctrica 78 uS/cm, nitratos 476 ug/l, fosforo total <10 ug/l, Transparencia 0.196 m y demanda biológica del oxígeno 3.42 mg/l.
- b) Se concluye que los niveles de los parámetros biológicos clorofila en promedio para la temporada lluviosa es <5 ug/l y para la temporada seca 13650.4 ug/l, verificando que el crecimiento de las algas en la temporada seca es mayor considerablemente.
- c) Se concluye que el estado trófico de la laguna Quiulacocha es mayormente Eutrófico a Hipereutrófico, según la metodología *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982)* en la temporada lluviosa para la clorofila es **MESOTROFICA**, para el fosforo total es **OLIGOTROFICO** y para la transparencia es **HIPERTROFICA**; en la temporada seca para la clorofila es **HIPERTROFICA**, para el fosforo total es **OLIGOTROFICO** y para la transparencia es **HIPERTROFICA**. Según la metodología *Asociación Americana de Salud Pública (1981)* para la temporada lluviosa y seca es **EUTROFICO**. Según la metodología *Carlson modificado por Toledo (1985)* en la temporada lluviosa para la clorofila es **MESOTROFICA**, para el fosforo total es **OLIGOTROFICO** y para la transparencia es **EUTROFICA**; en la temporada

seca para la clorofila es HIPERTROFICA, para el fosforo total es OLIGOTROFICO y para la transparencia es EUTROFICA.

VII. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda que se realice un programa detallado para impulsar el turismo a la Laguna Quiulacocha, donde indique sobre la educación ambiental y los controles que se deben de tener para no afectar y contaminar la laguna con residuos sólidos
- b) Se recomienda promover un pastoreo de camélidos ordenado cerca de la laguna para no impactar en el nivel es eutrofización.
- c) Se recomienda que las autoridades regionales, provinciales y distritales impulsen y promuevan el cuidado y la conservación de los recursos hídrico.

VIII. REFERENCIAS

- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica*. Arequipa: Enfoques Consulting EIRL.
- Autoridad Nacional Del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima: Depósito legal en la Biblioteca Nacional del Peru.
- Betanero et al. (2019). *El muestreo: una idea estocástica fundamental*. Suma, 41 - 47.
- Bougarme, L. (2019). *Carlson's Index and OECD Classification for the Assessment of Trophic Status of Bab Louta Dam*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 879.
- Bravo, J. (2021). *Diagnóstico de la condición trófica del lago villarrica utilizando imágenes satelitales*. Santiago de Chile : Universidad de Chile .
- Choque, R. y Jalisto, P. (2021). *Evaluación del grado de eutrofización de la laguna de Huatata - Chinchero, Cusco 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Continental]*. Repositorio Institucional Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10663>
- Correal Salgado, S. D. (2022). *Impacto ambiental de la eutrofización*. Neurunum .
- Cziesielski et al. (2019). *The past, present, and future of coral heat stress studies*. *Ecol. Evol.*, 9, 10055–10066. doi:10.1002/ece3.5576
- Diaz, L. y Perez, J. (2021). *Efectos de la actividad agrícola ribereña en el proceso de eutrofización de la laguna Pucush Uclo en Chupaca 2010-2020*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12160/2/IV_FIN_107_TE_Diaz_Perez_2021.pdf

Enríquez, C. y Vásquez, I. (2022). *Análisis y verificación del estado trófico en la laguna San Martín mediante teledetección y datos "In situ"*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Escobar, R. y Espinoza, C. (2021). *Nivel de eutrofización en la laguna de Choclococha, Huancavelica 2019*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/items/35e4b667-9273-4353-a4c9-f93f064f8fb5>

Fernández, L. (23 de octubre de 2022). *Lago Titicaca en riesgo de convertirse en una inmensa lenteja verde*. Obtenido de Lago Titicaca en riesgo de convertirse en una inmensa lenteja verde: <https://larepublica.pe/sociedad/2022/10/23/puno-lago-titicaca-en-riesgo-de-convertirse-en-una-inmensa-lenteja-verde-lrsd>

Govaert et al. (2016). *Eco-evolutionary partitioning metrics: assessing the importance of ecological and evolutionary contributions to population and community change*. *Ecol Lett.*, 19(8), 839-853.

Heino et al. (2021). *Lakes in the era of global change: moving beyond single-lake thinking in maintaining biodiversity and ecosystem services*. *Biol Rev.*, 96(1), 89–106.

Hernandez, O. (2021). *Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico*. *Ecimed*, 37.

Horváth et al. (2019). *Habitat loss over six decades accelerates regional and local biodiversity loss via changing landscape connectance*. *Ecol Lett.*, 22(6), 1019-1027.

- Hsueh-Han et al. (2021). *Eutrophication and Hypoxia in Tropical Negombo Lagoon, Sri Lanka*. *Front. Mar. Sci. Sec. Marine Ecosystem Ecology*, 8. doi:<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.678832>
- Janssen et al. (2021). *Shifting states, shifting services: linking regime shifts to changes in ecosystem services of shallow lakes*. *Freshwater Biol.*, 66(1), 1-12.
- Jeppesen et al. (2009). *Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations*. *J Environ Qual.*, 38(5), 1930-1941.
- Lefevre et al. . (2017). *Models projecting the fate of fish populations under climate change need to be based on valid physiological mechanisms*. *Global Change Biol.*, 23(9), 3449–3459.
- Leng et al. (2023). *Assessment of Water Eutrophication at Bao'an Lake in the Middle Reaches of the Yangtze River Based on Multiple Methods*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5). doi:[10.3390/ijerph20054615](https://doi.org/10.3390/ijerph20054615)
- Li et al. (2021). *Assessment of eutrophication and nitrogen and phosphorus carrying capacity before and after removing pen culture (2013–2018) in Lake Changhu, China*. *Environmental Science and Pollution*, 1-25. doi:<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-338223/v1>
- Mazor et al. (2022). *Eutrophication thresholds associated with protection of biological integrity in California wadeable streams*. *Ecological Indicators*, 142. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109180>
- Meerhoff et al. (2022). *Feedback between climate change and eutrophication: revisiting the allied attack concept and how to strike back*. *Inland Waters*, 1-19. doi:<https://doi.org/10.1080/20442041.2022.2029317>

- Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Lima : El Peruano .
- Moss et al. (2011). *Allied attack: climate change and eutrophication*. *Inland Waters*, 1(2), 101-105.
- Muñoz, M. y Paco, C. (2021). *Evaluación de los parámetros indicadores de eutrofización en las aguas del río Chillón de los años 2012 –2015*. Lima: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29770/Mu%C3%b1oz%20Ore%2c%20Maria%20Joaquina-Paco%20Alarcon%2c%20Christian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pinay et al. (2018). *Riparian corridors: a new conceptual framework for assessing nitrogen buffering across biomes*. *Front Environ Sci.*, 6(47).
- Poikane et al. (2021). *Estimating river nutrient concentrations consistent with good ecological condition: More stringent nutrient thresholds needed(Article)(Open Access)*. *Ecological Indicators*, 121(107017). doi:10.1016/j.ecolind.2020.107017
- Quiroz-Santos, R. & Mendoza-Caballero, W. (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), 149-164. doi:<https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i2.4988>
- Ramos, R. y Soto, J. (2021). *Evaluación del nivel de eutrofización en la laguna de Patacocha del centro poblado de Pueblo Libre, provincia de Huancavelica 2020*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/items/8e5288fb-66e9-4e1f-86cb-29c72d8a2eea>
- Robles, B. (2019). *Población y muestra*. Carta al Editor, 245 - 246.

- Rogrigues Maia, M. (2021). *Avaliação do índice de estado trófico do sistema de reservatórios em cascata que abastece a bacia metropolitana de fortaleza, ce. Fortaleza.*
- Soncco & Alvarez. (2020). *Estado del arte sobre los índices que determinan el nivel de eutrofización en lagunas altoandinas.* Juliaca.
- Yan et al. (2021). *Internal nutrient loading is a potential source of eutrophication in Shenzhen Bay, China.* Ecol. Indic., 127(107736).
doi:10.1016/j.ecolind.2021.107736
- Zambrano, A. (2018). *Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su situación con las épocas del año.* Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/798/1/TMA171.pdf>

IX. ANEXOS

ANEXO A

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Dependiente	<p>“El estado trófico es la correlación entre el estado de los nutrientes en un cuerpo de agua y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo”.</p> <p>Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO,1997)</p>	<p>Para determinar el estado trófico de la laguna Quiulacocha ubicada en el Centro Poblado de Muruhuay, se analizará los resultados de los índices numéricos obtenidos.</p>	<p>Clasificación del estado trófico</p>	Ultraoligotrófico	-
Estado Trófico				Oligotrófico	-
				Mesotrófico	-
				Eutrófico	-
				Hipertrófico	-
Independiente	<p>Temperatura: Es una medida del grado de calor del cuerpo del agua.</p>	<p>Para determinar los parámetros fisicoquímicos y biológicos en la laguna Quiulacocha se realizarán monitoreos en diciembre del 2023 y mayo del 2024, en 5 puntos establecidos.</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos</p>	Ph	-
Parámetros fisicoquímicos y biológicos	<p>Conductividad: Es una medida de las cargas iónicas que circulan dentro del agua.</p>			Temperatura	°C
	<p>Turbidez y materia en suspensión. Estos dos parámetros miden la cantidad total de partículas suspendidas en el agua.</p>			Conductividad	mS/cm
	<p>Oxígeno disuelto (OD). Es la medida de la concentración de oxígeno en el agua, usando como referencia el 100% de saturación</p>			DBO	mg/m3

<p>de oxígeno en el aire</p> <p>pH: Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.</p> <p>El Fósforo es un elemento esencial para la vida como un factor clave limitador de nutrientes, sin embargo contribuye junto con el Nitrógeno a la eutrofización de lagos y otros cuerpos de agua (UNEP, 2005).</p>			Turbidez	m
			Fosforo Total	mg/m3
			Nitrato	mg/l
			Parámetros biológicos	Clorofila "a"

ANEXO B

1. TEMPORADA DE LLUVIA

a. Punto de monitoreo número 1



b. Punto de monitoreo número 2



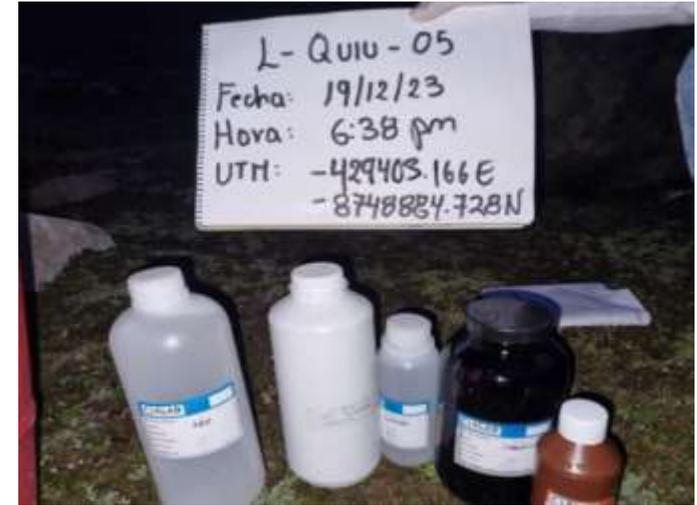
c. Punto de monitoreo número 3



d. Punto de monitoreo número 4

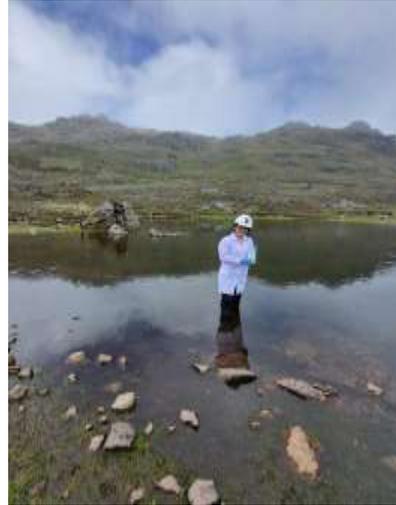


e. Punto de monitoreo número 5



2. TEMPORADA SECA

a. Punto de monitoreo número 1



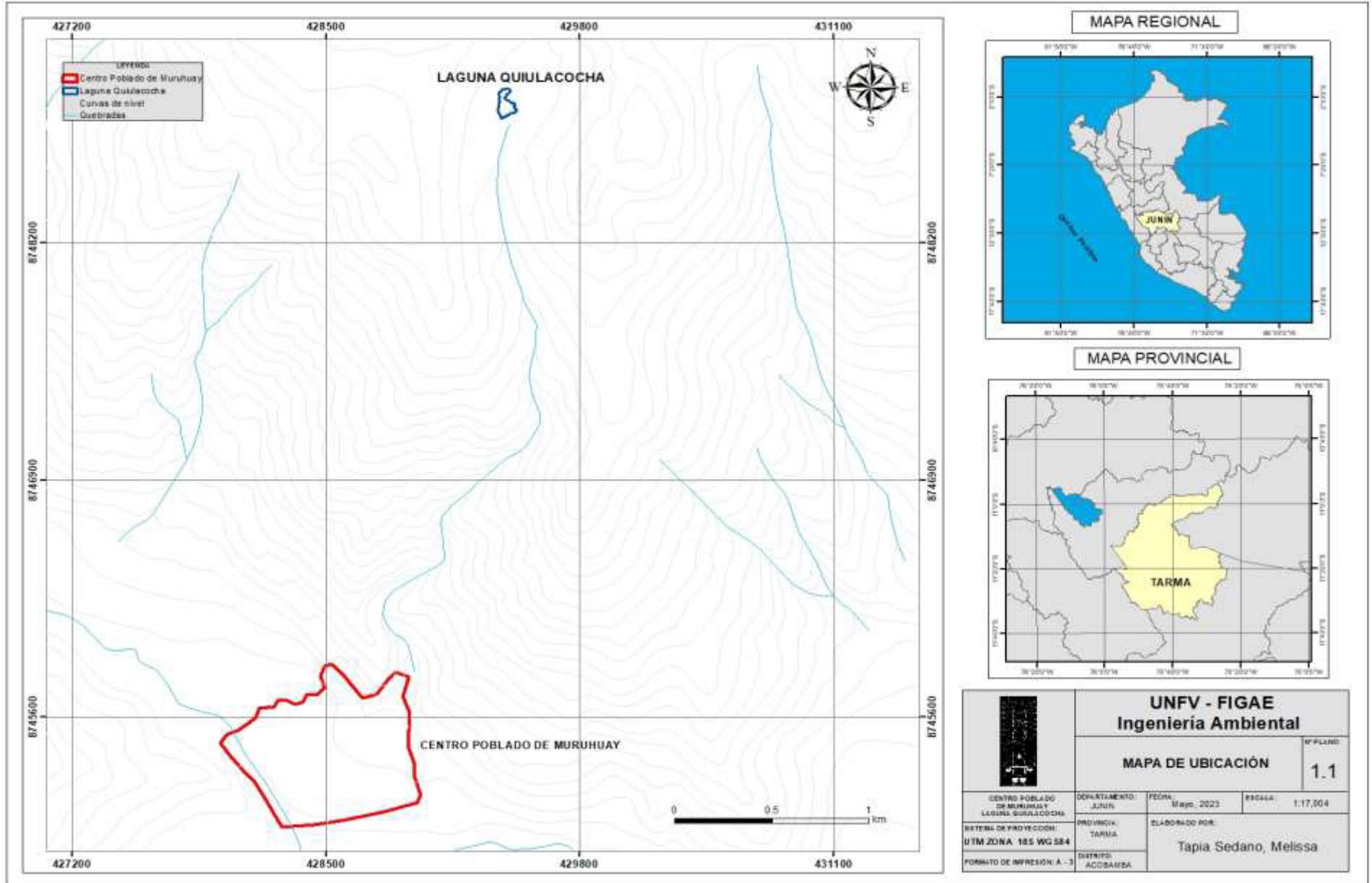
b. Punto de monitoreo número 2



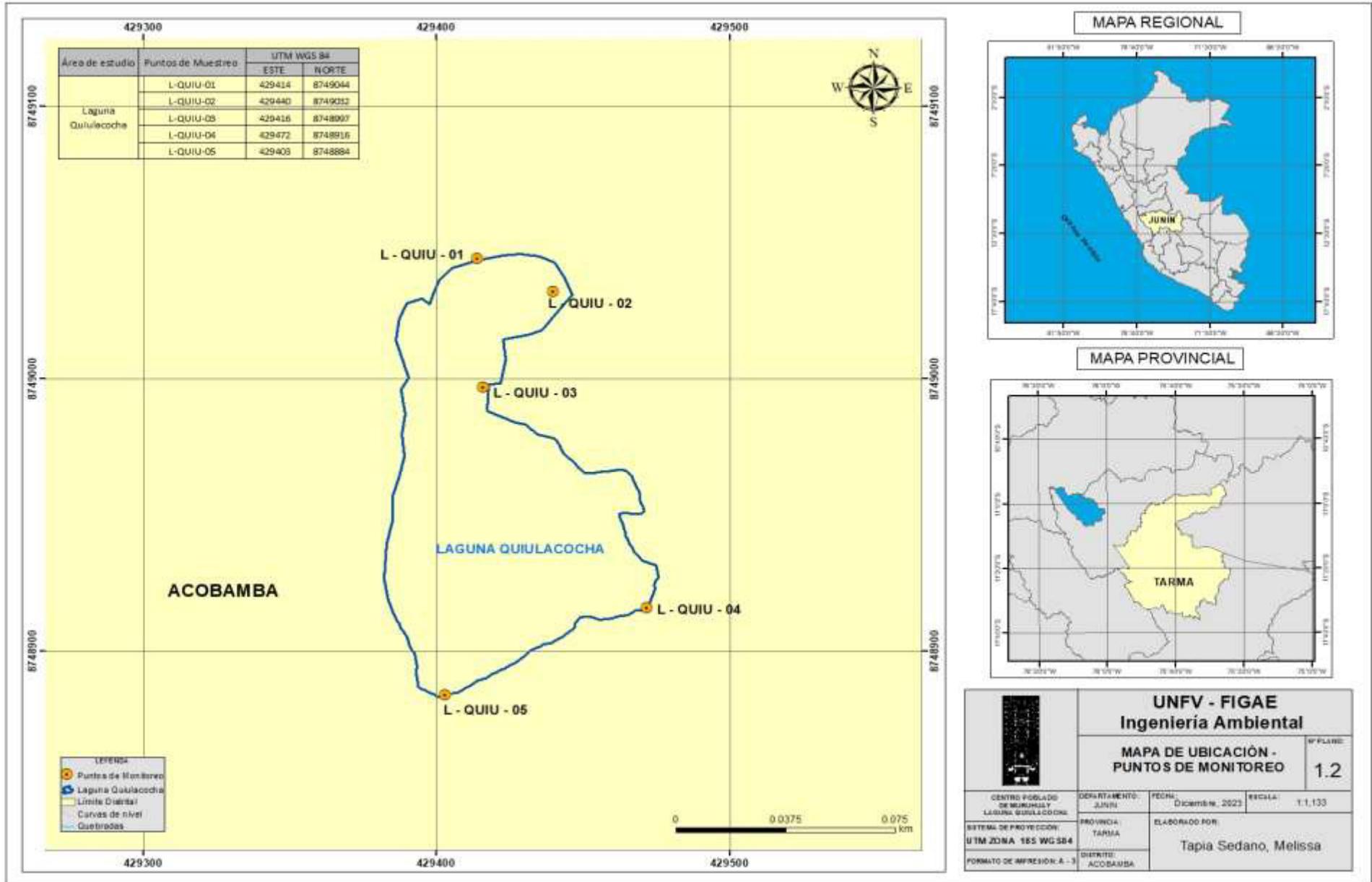
c. Punto de monitoreo número 3



ANEXO C



ANEXO D



ANEXO E



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 098



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-30051

N° IC: 202006216

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL	: TAPIA SEDANO MELISSA YAZMIN
2.-DIRECCIÓN	: Los Terrazas 2020 - S.L.
3.-PROYECTO	: LAGUNA QUELACOCHA
4.-PROCEDENCIA	: LAGUNA QUELACOCHA - MURUHUY - Tarma - JUNIN
5.-SOLICITANTE	: TAPIA SEDANO MELISSA YAZMIN
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 000007104-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-12-29

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua Natural
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 5
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-12-30
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-12-20 al 2023-12-29

Liz Y. Ocaspe Ocaspe
Jefe de Laboratorio
CP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos 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.

Su autorización o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

• SEDE LIMA

Av. Surco Chiriqui N° 1807
Santiago, Perú
Tel: (51) 717 71 900
Fax: (51) 717 71 700

• SEDE TUMBURA

Parque Industrial S.A. 20
Calle 2, Tumbura - Cusco
Tel: (51) 717 71 900
Fax: (51) 717 71 700

• SEDE ARIQUAY

COOP. SERVICIOS S.A. 4ta. A
Piscobambas
Tel: (51) 847 410 000
Fax: (51) 847 410 000

• SEDE PIURA

Av. Washington No. 2111-11
Lima - Piura
Tel: (51) 717 71 900
Fax: (51) 717 71 700

• SEDE TROYA

Av. Surco Chiriqui N° 1807
Arequipe - TROYA
Tel: (51) 717 71 900
Fax: (51) 717 71 700

Página 1 de 4



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-30051

N° M.: 000008216

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Clorofila ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10150 B, 24th Ed. 2023.	Plankton, Chlorophyll
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Fósforo Total ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B)(Item 5) y E, 24th Ed. 2023.	Phosphorus, Ascorbic Acid Method
Nitrógeno Total ²⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N Nitrogen C, 24th Ed., 2023.	C. Persulfate Method

¹⁾ "SMEWW": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

"APHA": American Public Health Association

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-30051

N° de: 000000216

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-07913	M-23-07914	M-23-07913	M-23-07914			
CÓDIGO DEL CLIENTE	L-0201-01	L-0201-02	L-0201-03	L-0201-04			
COORDENADAS	E:0429414	E:0429416	E:0429416	E:0429472			
UTM WGS 84	N:9766044	N:9766032	N:9766047	N:9766016			
PRODUCTO	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)			
INSTRUCTIVO DE REGISTRO	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTRO	19-12-2023 14:30	19-12-2023 17:15	19-12-2023 17:50	19-12-2023 18:18			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Biológica de Oxígeno (%)	mg/L	0.4	3.0	2.4	<0.0	<0.0	<0.0
Coloría (%)	mg/L	0.002	6.006	<0.002	<0.006	<0.006	<0.006
Fósforo Total (%)	mg/L	0.006	0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012
Nitrogeno Total ¹	mg/L	0.020	6.120	<0.120	<0.120	<0.120	<0.120

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

² Ensayo acreditado por el IAS.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método. *Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método. *Menor que el L.D.M.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-30051

N° de: 000000216

ITEM				3
CÓDIGO DE LABORATORIO				19-23-67817
CÓDIGO DEL CLIENTE				L-031109
COORDENADAS				E 8428402
UTM 1983 UTM				N 8748884
PRODUCTO				Agua Natural
SUB PRODUCTO				Agua Superficial (laguna)
INSTRUMENTO DE REGISTRO				NÓ APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO				19-12-2021 10:28
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0.4	2.0	<0.5
Oxígeno (*)	mg/L	0.052	0.056	>0.056
Fósforo Total (*)	mg/L	0.058	0.015	>0.015
Nitrogeno Total †	mg/L	0.081	0.125	>0.125

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

† Ensayo acreditado por el IAS.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *(*) Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *(*) Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

FIN DE DOCUMENTO

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-7614

N° M: 999101277

I- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

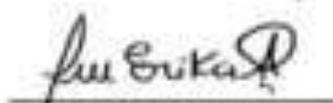
1- RAZÓN SOCIAL	: TAPIA SEDANO MELISSA YAZMIN
2- DIRECCIÓN	: Los Terrazos 2020 - S.J.L
3- PROYECTO	: LAGUNA QUILACCOCHA
4- PROCEDENCIA	: LAGUNA QUILACCOCHA - MURUHJAY - TARMA - JUNIN
5- SOLICITANTE	: TAPIA SEDANO MELISSA YAZMIN
6- PRODUCTO	: Agua Natural

II- DATOS DEL SERVICIO

1- ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000001445-2024-0000
2- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2024-04-15

III- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

1- MUESTREO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2- NÚMERO DE MUESTRAS	: 5
3- FECHA DE RECEPCIÓN	: 2024-03-27
4- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN	: En buen estado de conservación y preservación
5- PERÍODO DE ENSAYO	: 2024-03-27 al 2024-04-15


Erika Alaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100191



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos 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. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág. 1 de 4

• SEDE HUANUCAY

Av. División China N° 1471
Huanuco - Calle
Tel: (080) 211 2800
Tel: (080) 211 2800

• SEDE CAYUMAY

Provincia Zorongo del Sur
U. S. Sotomayor - Calle
Tel: (080) 211 2800
Tel: (080) 211 2800

• SEDE AREQUIPA

CDUP ORLANDO M. T. U. S.
Arequipa
Tel: (080) 211 2800
Tel: (080) 211 2800

• SEDE Tarma

Av. República del 1111 11
Calle 1111
Tel: (080) 211 2800
Tel: (080) 211 2800

• SEDE TIBULLO

Av. División China N° 1411 26
Av. División China
Tel: (080) 211 2800
Tel: (080) 211 2800

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aciones PACAL DA	EPA Method 300.0 Rev.2.1, 1993	Determination of inorganic anions by ion chromatography	SN ACREDITACION

EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analyses

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-20361	M-24-20362	M-24-20363	M-24-20364			
CÓDIGO FUENTE**	L-OURO-01	L-OURO-02	L-OURO-03	L-OURO-04			
COORDENADAS - UTM WGS 84**	E:0429614 N:9748964	E:0429640 N:9748932	E:0429616 N:9748996	E:0429673 N:9748916			
PRODUCTO**	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO**	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)			
FECHA y HORA DE MUESTREO**	19-12-2023 18:30	19-12-2023 17:15	19-12-2023 17:58	19-12-2023 18:18			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Amoños INACAL/DA							
Nitrato (**)	mg/L	0.20	0.20	0.60	0.60	0.42	0.68

(*) El ensayo indicado no ha sido acreditado.
 L.C.M.: Límite de cuantificación del método. **(*) Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método. **(*) Menor que el L.D.M.

(*) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-7614

N° M.: 000107277

ITEM				8
CÓDIGO DE LABORATORIO				IE-24-7614
CÓDIGO CLIENTE (*)				L-GU-05
COORDENADAS - UTM ENCS 84 **				E 949403 N 8748866
PRODUCTO **				Agua Natural
SUS PRODUCTO - FECHA y HORA DE MUESTREO -				Agua Superficial (Laguna) 18-03-2023 10:38
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aniones INCAAL-06				
nitrito (**)	mg/L	0.02	0.05	0.01

*) El Código indicado no ha sido acreditado
 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, ***) Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, ****) Menor que el L.D.M.

**) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-7618

N° SI - 000107281

I- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

1- RAZÓN SOCIAL	: TAPIA SEDANO MELISSA YAZMIN
2- DIRECCIÓN	: Los Terreros 2020 - S.R.
3- PROYECTO	: LAGUNA QUILACOCCHA
4- PROCEDENCIA	: LAGUNA QUILACOCCHA - MURUHUY - TAPSA - JUNIN
5- SOLICITANTE	: TAPIA SEDANO MELISSA YAZMIN
6- PRODUCTO	: Agua Natural

II- DATOS DEL SERVICIO

1- ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000001448-2024-0000
2- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2024-04-15

III- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

1- MUESTREO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2- NÚMERO DE MUESTRAS	: 5
3- FECHA DE RECEPCIÓN	: 2024-03-27
4- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN	: En buen estado de conservación y preservación
5- PERÍODO DE ENSAYO	: 2024-03-27 al 2024-04-15



Erika Añaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos 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.

Su utilización o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. - Pág. 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-7618

N° de: 000107281

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Amoníaco INACAL DA	EPA Method 300.0 Rev.2.1, 1993	Determination of nitrogen amonia by ion chromatography	INACAL LE - 086 CHALACA
Clorofila	SMCWW-APHA-AWWA-WGF Part 1010-B, 3rd Ed. 2022	Phaeonin, Chlorophyll	INACAL LE-086 ZARUMILLA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMCWW-APHA-AWWA-WGF Part 5210-B, 3rd Ed. 2022	Biological Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	INACAL LE - 086 CHALACA
Fósforo Total	SMCWW-APHA-AWWA-WGF Part 6050-P (Method E) y E, 3rd Ed. 2022	Phosphorus, Ascorbic Acid Method	INACAL LE-086 ZARUMILLA

EPA - U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemical Analysis

SMCWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

APHA - American Public Health Association

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-7618

N° M.: 2020121281

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-20206	M-24-20270	M-24-20271	M-24-20272			
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	L-0281-01	L-0281-02	L-0281-03	L-0281-04			
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(*)	E:042914 N:874808	E:042946 N:874822	E:042918 N:874807	E:042942 N:874816			
PROCESO ^(*)	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)	Agua Superficial (Laguna)			
FECHA y HORAS DE REGISTRO ^(*)	26-03-2024 12:11	26-03-2024 12:50	26-03-2024 14:25	26-03-2024 15:48			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (°)	mg/L	0.4	2.0	1.8	2.8	3.8	1.2
Clorofila (°)	mg/L	0.000	0.006	2.262	2.868	35.424	1.802
Fósforo Total (°)	mg/L	0.008	0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016
Antenas INACAL-DA							
Nitrato (°)	mg/L	0.02	0.03	0.42	0.62	0.81	0.64

^(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, ^(*) Menor que el L.D.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, ^(*) Menor que el L.D.M.

^(*) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente y/o solicitante puede afectar la validez de los resultados.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-7618

N° de: 000107281

ITEM		I		
CÓDIGO DE LABORATORIO		IE-24-20273		
CÓDIGO CLIENTE (*)		L-000-05		
COORDENADAS - UTM WGS 84 (*)		E 042903 N 874084		
PRODUCTO (*)		Agua Natural		
SUB PRODUCTO =		Agua Superficial (Laguna)		
FECHA y HORA DE MUESTREO =		20-03-2024 18:30		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0.4	2.0	2.0
Clorofila (*)	mg/L	0.002	0.005	26.107
Fosforo Total (*)	mg/L	0.058	0.012	<0.010
Aniones INACAL-DA				
Nitrosos (*)	mg/L	0.02	0.05	0.38

(*) Los resultados obtenidos corresponden a reactivos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

L.C.M. - Límite de cuantificación del método, (*) Mayor que el L.C.M.

L.D.M. - Límite de detección del método, (*) Menor que el L.D.M.

(*) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI - OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"