

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE ARAPA,

PROVINCIA DE AZÁNGARO – 2025

PRESENTADA POR:

RUTH ROSMERY PALLI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



17.06%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 22 AUG 2025, 3:10 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
1.58%

● CHANGED TEXT
15.48%

Report #28128301

RUTH ROSMERY PALLI QUISPE // DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE ARAPA, PROVINCIA DE AZÁNGARO – 2025 RESUMEN La present e investigación tuvo como objetivo: Determinar la calidad del agua de la Laguna de Arapa, provincia de Azángaro, 2025. Se aplicó un diseño descriptivo, no experimental y transversal, recolectando muestras en cuatro puntos de la laguna para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos . Los resultados muestran que el pH (7.38 U de pH) y el sulfuro (0.055 mg/L) se encuentran dentro de los rangos aceptables según los ECA, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), con un promedio de 101.25mg/L, supera drásticamente el ECA de 5 mg/L. Este elevado valor indica una alta presencia de materia orgánica biodegradable, lo que podría indicar contaminación por descargas de aguas residuales, puede llevar a una disminución del oxígeno disuelto en el agua, afectando la vida acuática. La Conductividad Eléctrica (CE), con un promedio de 0.94μS/cm es extremadamente bajo. El Cadmio Disuelto (0.00155 mg/L) excede el ECA de 0.00025mg/L , lo que representa un riesgo potencial de toxicidad para los organismos acuáticos y la salud humana. El plomo (0.0105 mg/L) también supera el ECA de 0.0025mg/L, indicando una contaminación por metales pesados que puede tener efectos adversos significativos en el ecosistema acuático. El Zinc (0.575 mg/L) está por encima del ECA de 0.12mg/L, lo que, al igual que el cadmio y el plomo, señala una

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE ARAPA,
PROVINCIA DE AZÁNGARO – 2025**

PRESENTADA POR:

RUTH ROSMERY PALLI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Líneas de investigación : Ciencias Ambientales

Puno, 18 de agosto del 2025.

DEDICATORIA

En primer lugar , deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios que ha fungido como mi brújula y pilar a lo largo de mi trayecto, posibilitando avanzar en mi esfera personal y profesional. Su guía ha sido fundamental para superar los desafíos, allanando el camino hacia el logro de mis metas.

A mis queridos padres , JOSÉ y MARGARITA , por su fuente inagotable de amor, a quienes agradezco profundamente por ser el apoyo más firme en mi vida.

A mi querida suegra, LUZ MARINA, quien me ha hecho sentir parte de su familia desde el primer día. gracias por su amor , comprensión.

Al amor de mi vida ERICK DIAZ, por sus sabios consejos, motivación y su fe inquebrantable, han sido la base de mi confianza y determinación en los momentos más difíciles. Su ejemplo de esfuerzo , dedicación ha sido fuerza impulsora hacia este logro.

A mi DOMINIC, mi fiel compañero, por su amor incondicional , mi ángel de cuatro patas , por ser mi fuente constante de alegría y motivación.

A los catedráticos de la escuela profesional por compartir su sabiduría, guiarme en el mundo de la ingeniería y despertar en mí la curiosidad por innovar y resolver problemas.

Por último, a todos aquellos que creyeron en mí , incluso en los momentos de incertidumbre. Esta tesis no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también el inicio de un futuro lleno de desafíos y oportunidades en el campo de la ingeniería y especializaciones.

RUTH ROSMERY PALLI QUISPE

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por ser el pilar fundamental en mi formación académica, brindando los conocimientos y herramientas necesarias para desarrollarme como profesional y contribuir al crecimiento sostenible de mi región
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por fomentar en mí la vocación de servicio y el compromiso con la preservación del medio ambiente. Gracias por el esfuerzo y dedicación de mis docentes quienes con su enseñanza y ejemplo han sido fuente de inspiración a lo largo de mi trayectoria universitaria.
- A los miembros del jurado calificador,
 - ❖ Presidente: Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda
 - ❖ Primer miembro: M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita
 - ❖ Segundo miembro: Dra. Marlene Cusi Montesinospor ser parte fundamental de esta investigación y aportar con sus valiosos conocimientos y sugerencias las cuales han enriquecido esta investigación.
- A mi Asesora, Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez, por su constante apoyo, orientación y dedicación, lo que hizo posible la culminación de este trabajo de investigación. Su guía experta y motivación me permitieron enfrentar cada desafío con determinación, asegurando que este proyecto se lleve a cabo con rigurosidad y compromiso.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	14
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	15
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	22
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	24
2.1.1. EL AGUA	24
2.1.2. CALIDAD DEL AGUA	24
2.1.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA	25
2.1.4. NUTRIENTES (NITRATOS Y FOSFATOS)	26
2.1.5. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA DE ARAPA	27
2.1.6. IMPORTANCIA DEL MONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL	30
2.3. MARCO NORMATIVO	31
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	31
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	31
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	33
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.2.1. POBLACIÓN	33
3.2.2. MUESTRA	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	34
3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	36

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 01	37
4.2. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 02	48
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: pH	37
Tabla 02: Temperatura	38
Tabla 03: Conductividad eléctrica	39
Tabla 04: Demanda Bioquímica de oxígeno	40
Tabla 05: Nitratos	41
Tabla 06: Sulfuros	41
Tabla 07: Arsénico	42
Tabla 08: Cadmio disuelto.	43
Tabla 09: Mercurio.	44
Tabla 10: Plomo	45
Tabla 11: Zinc.	46
Tabla 12: Coliformes termotolerantes	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Localización de la zona de Estudio	33
Figura 02: El pH	37
Figura 03: Temperatura	38
Figura 04: Conductividad eléctrica	39
Figura 05: Demanda Bioquímica de oxígeno	40
Figura 06: Nitratos	41
Figura 07: Sulfuros	42
Figura 08: Arsénico	43
Figura 09: Cadmio disuelto.	44
Figura 10: Mercurio.	45
Figura 11: Plomo.	46
Figura 12: Zinc.	47
Figura 13: Coliformes termotolerantes	48
Figura 14: Las aguas residuales del distrito de Arapa - Azangaro - Puno	57
Figura 15: situación del distrito de Arapa, vertimiento directo al Lago de las aguas residuales sin ningún tratamiento.	57
Figura 16: Primer Punto de recolección de muestra para el análisis fisicoquímico	58
Figura 17: Segundo Punto de recolección de muestra en recipientes esterilizados	58
Figura 18: Tercer Punto de recolección de muestra para el análisis en laboratorio	59
Figura 19: Cuarto Punto de recolección de muestra en recipientes esterilizados	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz De Consistencia	56
Anexo 02: Panel de figuras	57
Anexo 03: Resultados de Laboratorio	60

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo: Determinar la calidad del agua de la Laguna de Arapa, provincia de Azángaro, 2025. Se aplicó un diseño descriptivo, no experimental y transversal, recolectando muestras en cuatro puntos de la laguna para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados muestran que el pH (7.38 U de pH) y el sulfuro (0.055 mg/L) se encuentran dentro de los rangos aceptables según los ECA, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), con un promedio de 101.25mg/L, supera drásticamente el ECA de 5 mg/L. Este elevado valor indica una alta presencia de materia orgánica biodegradable, lo que podría indicar contaminación por descargas de aguas residuales, puede llevar a una disminución del oxígeno disuelto en el agua, afectando la vida acuática. La Conductividad Eléctrica (CE), con un promedio de 0.94 μ S/cm es extremadamente bajo. El Cadmio Disuelto (0.00155 mg/L) excede el ECA de 0.00025mg/L, lo que representa un riesgo potencial de toxicidad para los organismos acuáticos y la salud humana. El plomo (0.0105 mg/L) también supera el ECA de 0.0025mg/L, indicando una contaminación por metales pesados que puede tener efectos adversos significativos en el ecosistema acuático. El Zinc (0.575 mg/L) está por encima del ECA de 0.12mg/L, lo que, al igual que el cadmio y el plomo, señala una presencia elevada de metales que requiere atención. El Nitrato (0.08 mg/L) y el Mercurio (0.000) se encuentran dentro de los rangos establecidos por los ECA, lo cual es positivo. El promedio de coliformes termotolerantes se mantuvo dentro del rango aceptable, aunque sugiere contaminación fecal reciente. Se concluye que la calidad del agua de la Laguna de Arapa está comprometida, principalmente por la presencia de metales pesados y materia orgánica, lo que representa un riesgo para la salud pública y los ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: Calidad, Contaminación, Hídrica, Metales pesados.

ABSTRACT

The present investigation had as objective: To determine the water quality of the Arapa Lagoon, Azángaro province, 2025. A descriptive, non-experimental and cross-sectional design was applied, collecting samples at four points in the lagoon to analyze physicochemical and microbiological parameters. The results show that the pH (7.38) and sulfide (0.055mg/L) are within the acceptable ranges according to the ECA, the Biochemical Oxygen Demand (BOD), with an average of 101.25mg/L, drastically exceeds the ECA of 5 mg/L. This high value indicates a high presence of biodegradable organic matter, which could indicate contamination by wastewater discharges, can lead to a decrease in dissolved oxygen in the water, affecting aquatic life. The Electrical Conductivity (EC), with an average of 0.94 μ S/cm is extremely low. Dissolved cadmium (0.00155mg/L) exceeds the ECA of 0.00025mg/L, representing a potential toxicity risk to aquatic organisms and human health. Lead (0.0105mg/L) also exceeds the ECA of 0.0025mg/L, indicating heavy metal contamination that may have significant adverse effects on the aquatic ecosystem. Zinc (0.575mg/L) is above the ECA of 0.12mg/L, which, like cadmium and lead, indicates an elevated metal presence that requires attention. Nitrate (0.08mg/L) and Mercury (0.000mg/L) are within the ranges established by the ECAs, which is positive. The average thermotolerant coliform count remained within the acceptable range, although it suggests recent fecal contamination. It is concluded that the water quality of Arapa Lagoon is compromised, mainly due to the presence of heavy metals and organic matter, which represents a risk to public health and aquatic ecosystems.

Keywords: Quality, Pollution, Water, Heavy metals.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un pilar fundamental para la salud de los ecosistemas acuáticos y el bienestar humano. En la cuenca del lago Titicaca, los cuerpos de agua no solo sostienen una rica biodiversidad, sino que también son vitales para las comunidades circundantes, que dependen de ellos para diversas actividades económicas y domésticas. Sin embargo, factores como el crecimiento poblacional, las prácticas agrícolas y la falta de infraestructuras adecuadas pueden ejercer una presión considerable sobre estos recursos hídricos, comprometiendo su calidad.

En este contexto, la Laguna de Arapa, ubicada en el distrito del mismo nombre, Puno, no es ajena a estas dinámicas. A pesar de su importancia local, existe una necesidad imperante de evaluar el estado actual de su agua. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo determinar la calidad del agua de la Laguna de Arapa según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) vigentes para el agua, a fin de identificar posibles desviaciones y aportar información crucial para la toma de decisiones en cuanto a su gestión y conservación.

El presente estudio está conformado por los siguientes capítulos:

Capítulo I: planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación

Capítulo II: marco teórico, conceptual e hipótesis de la investigación

Capítulo III: metodología de la investigación

Capítulo IV: exposición y análisis de los resultados

Conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existen numerosos elementos causales tanto directos como indirectos que ocasionan y empeoran la situación creada por la carencia del recurso hídrico, tales como las variaciones climáticas, el calentamiento planetario, el incremento térmico de la superficie terrestre, provocado por las emanaciones de dióxido de carbono, que calientan el líquido vital y provocan la reducción de sus niveles de oxigenación, la eliminación de zonas boscosas, la extracción descontrolada de árboles, los procesos fabriles, cultivos y crianza de animales, los desechos químicos vertidos, los desperdicios y descargas de aguas negras; La Organización de las Naciones Unidas afirma que más del 80% de los efluentes residuales mundiales que desembocan en océanos y corrientes fluviales carecen de tratamiento. No obstante, para este estudio se abordaron los caudales acuíferos considerando la fragilidad de los entornos naturales que habitan en ambientes acuáticos y sufren impactos destructivos.

En la era contemporánea, globalmente los sistemas de procesamiento hídrico destinado al uso humano resultan fundamentales para la limpieza de aguas tratadas existentes en los manantiales acuíferos. La carencia de este elemento indispensable posee extraordinaria importancia para el ambiente natural y la población humana que pone en riesgo los variados ecosistemas haciendo crucial una administración apropiada de los

efluentes contaminados conlleva perturbaciones infecciosas que ocasionan dolencias habituales como afecciones intestinales, evacuaciones líquidas frecuentes, tifus entre otras. Ante tal panorama se justifica, resulta obligatorio efectuar análisis de impacto medioambiental para identificar los focos contaminantes.

En el territorio peruano, con la ratificación de Estándares de Calidad Ambiental para recursos hídricos en su inicial versión que comprende tres ediciones se determinaron magnitudes y/o niveles para diversos indicadores acuíferos adaptados a las potenciales aplicaciones, como son: utilización doméstica y recreativa; operaciones litorales y oceánicas; irrigación de vegetales y consumo pecuario, y la conservación de hábitats acuáticos. Las cantidades y/o expresiones detalladas conforme al límite de la excelencia medioambiental del líquido vital, no implica riesgos para la salubridad colectiva e individual.

La excelencia de los manantiales acuíferos, asegurando de este modo un porvenir perdurable para la totalidad, en consecuencia, la administración del elemento hídrico y prestaciones de líquido vital, depuración y limpieza constituye un componente fundamental para impedir y salvaguardar el bienestar humano y la multiplicidad biológica del globo terráqueo.

En Arapa, viene deteriorándose la calidad hídrica del Cuerpo Lacustre por múltiples elementos, como la práctica de cría de salmónidos, no obstante el inconveniente se inicia con la nutrición; el compuesto alimenticio que se emplea en la dieta procede de un método artificial, ocasionando la concentración de compuestos fosforados y nitrogenados en receptáculos diversas indagaciones documentan el impacto o consecuencia que origina la producción de truchas, siendo la sobresaturación nutritiva uno de los principales dilemas debido a las numerosas acciones humanas. Asimismo las evacuaciones de líquidos que son desechables en la localidad de Arapa de la demarcación de Azángaro donde se ejecuta el estudio carecen de un apropiado procesamiento y la problemática

general está íntimamente relacionada con los indicadores fisicoquímicos y orgánicos que se examinarán en la investigación. Estos parámetros servirán para valorar la calidad acuífera y cotejar con los criterios establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental del recurso hídrico.

En tal sentido con esta investigación se desea recomendar a la población Arapeña a tomar conciencia sobre el estado actual de lago de Arapa ya que el propósito de esta investigación es evaluar el estado de la calidad ambiental del agua a si mismo recomendar a la municipalidad del distrito de Arapa y las instituciones involucradas al lago a que puedan tomar medidas para la mitigación de la contaminación del lago de Arapa.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad del agua según los ECA de la laguna del distrito de Arapa - 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Arapa de la provincia de Azángaro 2025?
- ¿Cuál es la concentración de los parámetros biológicos del agua de la laguna del distrito de Arapa de la provincia de Azángaro 2025?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Arrieta et al., (2021) mencionan que las lagunas de alta montaña son ecosistemas frágiles sujetos a variaciones fisicoquímicas que influyen en su equilibrio ecológico. En Ecuador, la laguna Colta, ubicada en la provincia de Chimborazo a 3312 msnm, fue objeto de estudio durante dos años para analizar su dinámica estacional. Se midieron parámetros como pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y transparencia mediante un equipo multiparámetro y el disco Secchi. Los resultados indicaron un pH alcalino entre 8,36 y 9,20 (promedio de 8,87), temperaturas entre 16,4 y 18,9 °C

(promedio de 17,91 °C), alta conductividad eléctrica de 903 a 1253 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (promedio de 1085 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y sólidos totales disueltos entre 537 y 832 mg/L (promedio de 680 mg/L). La transparencia Secchi osciló entre 0,76 y 3,5 metros, con un promedio de 1,54 metros, indicando un ecosistema eutrófico. Se concluye que la laguna Colta presenta parámetros fisicoquímicos estables, manteniendo su condición eutrófica a lo largo del tiempo.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Gutierrez (2023) Señala que, los análisis fueron llevados a cabo durante los meses de agosto, setiembre y octubre. Se ubicaron seis puntos de muestreo. Para la caracterización fisicoquímica se analizaron los parámetros Físicos: Temperatura (T), conductividad eléctrica (C.E.), turbidez, sólidos totales disueltos (STD); Químicos: Ph, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y ORP (Potencial de Oxido-Reducción). Los resultados fueron comparados con la normativa vigente dada por el Ministerio del Ambiente (MINAM), el DS 004-2017-MINAM. Resultados. Se reportaron los siguientes valores promedios para la caracterización fisicoquímica: T de campo y laboratorio igual a 18,783°C y 20,73°C respectivamente; turbidez = 39,203 NTU; C.E. = 15,077 mS/cm; STD = 8,277 ppm; pH de campo y de laboratorio igual a 8,713 y 8,740 respectivamente; ORP = 132,113 mV; OD = 6,930 mg/L y DBO5 = 21,410 mg/L. Conclusión. De acuerdo con los resultados obtenidos y haciendo la comparación con los valores dados por el MINAM (DS 004-2017-MINAM) se puede concluir que las aguas de la laguna “La Encantada” en su mayoría no cumplen con los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Verde y Bazán (2022), tuvieron como objetivo evaluar la calidad del agua del efluente principal de la laguna La Encantada, en sus parámetros físicos, químicos y biológicos, con fines acuícolas. Se establecieron 4 estaciones para los análisis, se realizaron 2 muestreos con un intervalo de 2 meses y 22 días. Los análisis físicos y químicos se realizaron en las mismas estaciones con el apoyo de un laboratorio portátil y las

evaluaciones de los factores biológicos se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Pesquera. Los resultados en promedio de los parámetros físicos fueron de 22,2 °C para la temperatura del medio ambiente, de 21,2 °C para la temperatura del agua, el color aparente del agua fue un verde oscuro y una transparencia de 20,5 cm. Con respecto a los parámetros químicos se obtuvieron un promedio de 5,6 ppm de oxígeno disuelto, 7,5 como valor del pH, 7,7 ppm de CO₂, 126 ppm de dureza, 2,5 ppm de nitratos y 0,02 ppm de nitritos. En lo referente a los factores biológicos se lograron identificar la existencia de charcoas y cachuelas como especies hidrobiológicas, a los *rotíferos*, protozoos, *cladoceras* y *copépodos* como organismos *zooplanctónicos* y a los *Spirogyra sp.*, *Scenedesmus quadricauda* y *Volvox aureus* como organismos *fitoplactónicos*. Los resultados obtenidos nos permiten proponer el desarrollo de una acuicultura de producción con especies como la tilapia nilótica, carpa común, peces ornamentales entre otros.

Alva (2019), su investigación se titula: “Determinación de la calidad del agua de la laguna azul de Sauce para su uso según Estándares de Calidad Ambiental (ECAS)”, podemos decir que actualmente el Agua de la Laguna Azul no ha sido identificada específicamente para su uso y aprovechamiento, son poco los datos que se cuentan en relación con las características fisicoquímicas y biológicas de esta Laguna y por ende de su calidad. Cuyo objetivo principal es determinar la calidad del agua de la laguna Azul para su uso según los Estándares de Calidad Ambiental, esto conforme a un conjunto de procedimientos para lograr los objetivos específicos propuestos; Se recopiló la información de cada punto en un plazo de treinta (30) días, por un espacio de tres (3) meses; en cuatro (4) puntos, con un total de doce (12) muestreos. Y se realizó los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en el laboratorio de análisis de la Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ecología, y en el laboratorio de Anaquímicos; teniendo en cuenta los procedimientos pautados para la determinación de parámetros como: el oxígeno disuelto,

Coliformes fecales, pH, Demanda bioquímica de oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbiedad y Sólidos totales disueltos. Concluyendo así que la calidad del agua de la Laguna Azul, para su uso según los Estándares de Calidad Ambiental, determinada en el DS 004- 2017 MINAM, es de categoría 1, subcategoría B, calificadas como aguas de uso recreacional, pudiendo calificar como aguas de contacto primario y de contacto secundario. Pero esto no implica que se encuentre totalmente libre de cualquier contaminante debido a que se determinó que existe contaminación en la laguna de Sauce: los Coliformes termotolerantes o los llamados fecales, se encuentran alterados en su valor hasta en un 180 % mayor, pasando excesivamente el valor de los ECAs, el valor más alto fue 360 UFC/ 100 ml.

Rivera (2021) manifiesta que, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la concentración de metales totales disueltos en el agua de la Laguna de Patón, provincia de Oyón, departamento de Lima. Los metales pesados encontrados en las aguas superficiales de la Laguna Patón son una fuente de contaminación para la población, animales y ecosistema. El objetivo es evaluar la concentración de metales pesados Arsénico (As), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) en las aguas superficiales y contrastarlas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua 2017, para lo cual se tomaron muestras de agua superficiales en las temporadas de avenida y estiaje en cuatro puntos de control (LPAT1,LPAT2,LPAT3 Y LPAT4) dentro de la Laguna Patón (Oyón, Perú), dichas muestras se evaluaron mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS EPA 200.8) en cada punto seleccionado. Según este análisis se encontraron concentraciones máximas de Arsénico 0.0161 mg/L, Plomo 0.0094 mg/L, Zinc 0.0147 mg/L, donde el metal que superó los límites establecidos por los ECA, emitidos por el Ministerio del Ambiente, fue el Pb.

Montañez y Vilcas (2022), la investigación titulada “Contaminación por metales pesados (As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb) en sedimentos superficiales de la laguna de Choclococha

–Huancavelica”, donde el objetivo general fue “Evaluar la concentración de metales pesados arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en sedimentos superficiales de la laguna de Choclococha – Huancavelica.”. La metodología empleada fue del tipo de investigación básica, el nivel descriptivo, el método general científico, el diseño descriptivo simple, la población fue la laguna de Choclococha, muestra de 5 puntos con muestreo, para la recolección de datos empleó análisis fisicoquímicos. Los resultados fueron: Arsénico (As), el valor fluctúa de 0.036 mg/L a 0.040 mg/L, el parámetro de Cadmio (Cd), el valor fluctúa de 0.076 mg/L a 0.083 mg/L, el parámetro de Cobalto (Co), el valor fluctúa de 0.004 mg/L a 0.007 mg/L, el parámetro de Cromo (Cr), el valor fluctúa de 0.006 mg/L a 0.009 mg/L, el parámetro de Mercurio (Hg), el valor fluctúa de 0.037 mg/L a 0.041 mg/L, el parámetro de Plomo (Pb), valor fluctúa de 0.037 mg/L a 0.040 mg/L. Las conclusiones son: los parámetros evaluados superan los límites permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4 a excepción del cromo.

Vilca et al. (2020), manifiestan que, los Pantanos de Villa es un importante humedal que alberga una gran diversidad biológica y brinda servicios ecosistémicos, pero su calidad de agua se ve afectada por el crecimiento urbano y las actividades productivas circundantes. Este estudio evaluó la calidad del agua de la laguna Marvilla mediante la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y la determinación del Índice de Calidad de Agua del Perú (ICA-PE) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se analizaron datos anuales de 2019-2020, como resultados obtuvieron promedios de pH de 8,8, conductividad eléctrica de 4644,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y sólidos disueltos totales de 3413,9 ppm. Además, un muestreo puntual de nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos reveló que cinco de ellos (nitratos, fósforo total, amoníaco total, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes) no cumplen con la categoría 4 del ECA para agua. El ICA-PE calculado fue de 46,3, lo que indica que la calidad del agua de la laguna Marvilla es regular, estando ocasionalmente amenazada o dañada.

Lozano (2020) menciona en su estudio “Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar las condiciones ambientales de la laguna Sauce, San Martín – 2020” tuvo como objetivo analizar la calidad del agua de la laguna Sauce a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, bajo los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 4: conservación del ambiente acuático. Se realizó una investigación no experimental con diseño descriptivo, recolectando muestras de 7 litros de agua en diferentes puntos de monitoreo. Se emplearon técnicas de análisis documental, observación directa y recolección de datos mediante cadena de custodia y ficha de campo. Los resultados indicaron que la concentración de Coliformes termotolerantes fue de 49 NMP/100 ml en el punto uno y 130 NMP/100 ml en el punto dos, mientras que para *Escherichia coli* se encontraron 23 NMP/100 ml y 49 NMP/100 ml respectivamente. . Se concluye que los niveles de Coliformes termotolerantes están por debajo de los límites establecidos en la normativa ambiental nacional y que la presencia de *Escherichia coli* es muy baja, por lo que no representa un riesgo significativo para la categoría de conservación del ambiente acuático según el DS. N° 004-2017-MINAM.

Aguirre (2020) menciona que el agua es el recurso hídrico más importante para el desarrollo de la vida; por ello la presente tesis tiene como objetivo, comparar la variación de la calidad física, química y microbiológica del agua de La Laguna de Paca - Región Junín, 2020; teniendo como base de datos resultados de los monitoreos participativos de La Autoridad Nacional del Agua. Para evaluar la variación de calidad de agua, se realizó la prueba estadística T de student, que permite comparar estadísticamente los resultados; donde se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa de los parámetros (temperatura, sólidos totales en suspensión, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica), durante los años 2015, 2017 y 2018, con un nivel de confianza del 95%, asimismo el parámetro potencial de hidrógeno, que en el año 2017 superó los ECA, en los puntos de monitoreo LPACA2, LPACA5 y LPACA6, presentando

características alcalinas y finalmente se diseñó un sistema eco amigable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, provenientes de los restaurantes en la Laguna de Paca, Región Junín como propuesta para la conservación del recurso hídrico, el cual fue validado por un experto en el tema de tratamiento de aguas residuales.

Junior (2023), menciona en su investigación que evaluó los parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad del agua en la laguna de Yarinacocha, en la Amazonía peruana, entre mayo y agosto de 2021. Se tomaron muestras en dos puntos: ME-1 (entrada de la laguna) y MS-2 (salida), siguiendo el protocolo de monitoreo de calidad de agua de la ANA. Los resultados indicaron que el pH, aceites y grasas, conductividad y nitrógeno amoniacal cumplieron con los estándares del DS 004-2017-MINAM en ambos puntos. Sin embargo, el oxígeno disuelto y los sólidos suspendidos totales solo cumplieron en MS-2, mientras que el fósforo total, el nitrógeno total y la demanda bioquímica de oxígeno no alcanzaron los estándares en ninguno de los puntos. En consecuencia, la calidad del agua en ME-1 fue clasificada como "regular" (ICA=64), mientras que en MS-2 se demostró "favorable" (ICA=78.73), lo que indica que la laguna presenta variaciones en su calidad de agua según el sector analizado.

Chuquizuta (2024), menciona que los cuerpos de agua como las lagunas desempeñan un papel fundamental para la humanidad, ya que son fuentes de agua que nos proporcionan una serie de servicios ecosistémicos. Por tal razón, el presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua y el sedimento de la laguna Tabla Rumi en función a su dinámica espaciotemporal. Los parámetros fueron estudiados durante los períodos seco y lluvioso en 4 estaciones de muestreo, en donde se analizaron las variables de pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, alcalinidad, cloruros, dureza, sulfatos, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales; elementos como aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, hierro, níquel, plomo y zinc. A nivel de sedimento

se evaluaron elementos de arsénico, cadmio, cobre, hierro, níquel y plomo. La laguna evidenció que la calidad del agua empeora en la estación húmeda, mostrando una variación temporal más no espacial, para los parámetros medidos en el agua; mientras que los parámetros evaluados en el sedimento no presentaron diferencias significativas entre épocas estacionales, pero sí mostró una variación espacial.

Cajaleón (2021) menciona en su trabajo de investigación que tuvo por objetivo determinar la Calidad del Agua en sus análisis si es apto o no para el consumo humano, de la laguna Mancapozo, empleó la metodología de tipo mixto, alcance descriptivo y de diseño no experimental transversal. Para determinar los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de laguna Mancapozo, se tomó diez (10) muestras en el mes de octubre del año 2019 (05) cinco microbiológicos y (05) fisicoquímicos, las que luego fueron transportadas y analizadas en la DIRESA Huánuco (Laboratorio de microbiología de agua y alimentos), los resultados fueron comparados con el D.S. 004-2017-MINAM – ECA (Estándar de calidad del agua). Al respecto se determinó que los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos están dentro de lo establecido del estándar de calidad del agua (ECA); para el contraste de hipótesis se empleó el método estadístico de prueba - análisis de varianza ANOVA, apoyándonos en el SPSS V25; se demostró que los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de la laguna Mancapozo cumple con lo establecido en el Estándar de calidad ambiental del agua, para consumo humano, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0.04, y por el cual es menor a 0.05; por tanto, se rechaza la hipótesis Nula, por tal se acepta hipótesis alterna de la investigación.

Huaranca (2023) menciona en su investigación que evaluó la calidad del agua de la laguna de Matara en noviembre de 2020 mediante el análisis de 35 parámetros para la categoría 3 (riego de vegetales y bebidas de animales) y 19 parámetros para la categoría 4 (conservación del ambiente acuático). Se monitorearon cuatro puntos de la laguna, analizando parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos. Los resultados

indicaron que la mayoría de los parámetros cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, excepto la demanda química de oxígeno (DQO), que superó el límite en la categoría 3, y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), que excedió el valor en la categoría 4. Además, el manganeso superó el límite permitido en la categoría 3. A pesar de estas excepciones, la evaluación mediante el Índice de Calidad Ambiental (ICA) determina que la calidad del agua de la laguna de Matara es excelente.

Sigüenza & Loja (2022), menciona que la eutrofización representa una de las principales amenazas para los ecosistemas lacustres, por lo que este estudio evaluó la calidad del agua y el estado trófico de la laguna San Martín mediante diversos índices cuantitativos. Se realizaron seis muestreos en dos temporadas (verano e invierno) en seis puntos de la laguna, analizando parámetros como fósforo, nitrógeno, clorofila-a, oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO, turbidez, entre otros. Los resultados indicaron que, según el índice CCME, la laguna presenta una calidad de agua regular, con baja concentración de oxígeno disuelto como factor determinante. El índice NSF la clasificó con calidad media, mientras que el índice de Oregon la calificó como muy pobre. Respecto al estado trófico, los índices de Carlson y TRIX coincidieron en que la laguna es hipereutrófica, mientras que el OCDE y el IETPT señalaron que la concentración de fósforo, la profundidad y la luz influyen en su estado trófico. Estos hallazgos resaltan la importancia de estrategias de gestión para mitigar la eutrofización en la laguna San Martín.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Ccoya (2024), menciona en su estudio que evaluó la calidad del agua superficial de la laguna Bahía de los Incas mediante un diseño descriptivo y no experimental, con muestras en cuatro puntos asociados a descargas de efluentes en tres fechas distintas, totalizando 12 muestras. Se analizaron parámetros físicos (temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, transparencia), químicos (pH, sulfatos, nitratos) y microbiológicos (coliformes termotolerantes), contrastándolos con los Estándares

Nacionales de Calidad Ambiental del Agua para uso recreacional. Los resultados mostraron que la mayoría de los parámetros físicos y químicos cumplieron con los estándares permitidos, indicando condiciones apropiadas para actividades recreativas. Sin embargo, se detectan concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes en puntos con descargas de efluentes domésticos, lo que representa un riesgo sanitario. Se concluye que, pese a la buena calidad fisicoquímica del agua, la contaminación microbiológica es un factor de preocupación para el uso recreacional de la laguna.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad del agua de la Laguna de Arapa , provincia de Azángaro, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de la Laguna de Arapa, 2025.
- Evaluar la concentración de los parámetros biológicos del agua de la Laguna de Arapa, 2025.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de todos los ecosistemas, esencial para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que forma parte indispensable del desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. El recurso hídrico resulta por lo tanto crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos. La contaminación del agua y su escasez plantean amenazas para la salud humana y la vida de los hábitats del planeta. Tiene propiedades únicas, por ello contribuye a la estabilidad del funcionamiento del entorno y de los seres y organismos que lo habitan, debido a esto se convierte en un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta. En este aspecto, este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que realizan los seres vivos. Además, interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran cantidad de seres vivos.

2.1.2. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o

después de ser alteradas por el accionar humano. La calidad del agua, en general, se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. Este concepto ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, sin embargo, dependiendo de otros usos también se puede definir la calidad del agua en función de ello. (Baeza 2019)

2.1.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

▪ Temperatura

(Gutierrez, 2023) La temperatura juega un papel muy importante en la solubilidad de los gases, en la disolución de las sales y por lo tanto en la conductividad eléctrica, en la determinación de pH, en el conocimiento del origen de agua y de las eventuales mezclas, etc. Las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización. (SINIA)

▪ pH

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática. Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática. En el campo de abastecimiento de agua el pH tiene importancia en la coagulación química, desinfección, ablandamiento del agua y control de corrosión. (Sáenz, 2019)

▪ Oxígeno disuelto (OD):

Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática. La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc. afectan sus niveles. La baja

concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales. Las fuentes de oxígeno en el agua son la aireación y la fotosíntesis de las algas, su concentración depende fundamentalmente de la temperatura, presión y salinidad. (Sáenz, 2019)

- **Conductividad eléctrica:**

La conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. Se debe tener en cuenta que las sales minerales son buenas conductoras y que las materias orgánicas y coloidales tienen poca conductividad. (Sáenz, 2019)

- **Turbidez**

La turbidez del agua es provocada por la materia insoluble, en suspensión o dispersión coloidal. Es un fenómeno óptico que consiste esencialmente en una absorción de luz combinado con un proceso de difusión. (Sáenz, 2019)

2.1.4. NUTRIENTES (NITRATOS Y FOSFATOS)

- **NITRATOS**

El nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas. Por esta razón su uso predominante es como fertilizante y se produce en grandes cantidades industrialmente. Si bien es cierto, estos compuestos forman parte del ciclo natural del nitrógeno, las actividades humanas incrementan sus niveles principalmente en el suelo, y es debido a su solubilidad en agua, por lo que llega a alcanzar concentraciones importantes en ríos o lechos profundos, de acuerdo al Reglamento para la Calidad del Agua Potable N.º 38924-S el valor alerta para el nitrato es de 25 mg/L y su valor máximo admisible es de 50 mg/L, se puede presumir entonces que valores que superen los 25 mg/L de nitrato denotan concentraciones de origen no natural en el agua y que por ende son perjudiciales para la salud del ser humano. (Bolaños et al., 2019)

▪ FOSFATOS

El fosfato se forma a partir del fósforo inorgánico que existe como mineral y contribuye directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente. También puede existir en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede contener distintas cantidades de fosfatos que se filtran de los suelos agrícolas a los cursos de agua próximos. El fosfato suele operar como un nutriente del crecimiento de algas, esto quiere decir que, al existir mayor concentración de fosfatos, crecen las algas de manera desmedida, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua y, por ende, el crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, situación que conlleva una mayor tasa de descomposición, que finalmente conduce a un proceso franco de eutrofización. El Decreto N.º 38924-SE estima como valor alerta para el ion, 10 mg/L, y su valor máximo admisible en 25 mg/L, para garantizar la calidad de potabilidad del agua. La contaminación de lechos acuáticos con fosfatos entonces, no es con implicaciones en la salud humana, sino en el equilibrio ambiental que genera el lixiviado. (Bolaños et al., 2019)

2.1.5. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA DE ARAPA

La bahía interior del lago sufre una contaminación orgánica y bacteriológica producida por las aguas residuales de los distritos de Arapa y Chupa, es por descuido de nuestras autoridades, el color del agua está cambiando cada vez más, la contaminación del lago es también provocada por descarga de aguas residuales y productos agroquímicos que son utilizados por los agricultores como: fertilizantes, fungicidas e insecticidas para el control de plagas que atacan a los cultivos, estos son arrasadas por las aguas de lluvia hacia lago. El río Karimayo (Chupa), es la principal cuenca del lago Arapa que vierte directamente, es uno de los puntos de mayor contaminación hídrica. Ya que los pobladores del área fluyen sus aguas residuales al río. La contaminación y el deterioro de la calidad de las aguas de la bahía del lago Arapa ya se manifiesta en la pérdida de

especies vegetales y la mortalidad de los peces en la zona, aspectos que han impactado a la población que es muy preocupante. Rescatar la integridad ecológica del lago y proteger a las especies que están en peligro de extinción, cuidando nuestra hidrografía del lago Arapa. (Hanco, 2019)

- **Investigaciones sobre la Influencia de actividades humanas (agricultura, ganadería e industrial) en la calidad del agua**

La investigación se realizó en la laguna Arapa, ubicada en Puno, se determinaron parámetros físico químicos y un modelo matemático simplificado para el fósforo. Se utilizó el diseño experimental "BACI" (Before-After-Control-Impact) para evaluar el impacto en la calidad del agua. Durante la etapa "Después-Impacto", se realizaron cinco siembras de 70 000 truchas cada tres meses, registrándose consumo de alimento e incremento de biomasa, en este periodo se manifestaron diferencias significativas en acidez, dióxido de carbono, fosfatos y conductividad eléctrica. Los sólidos suspendidos totales demostraron una disminución. La alcalinidad, pH y oxígeno disuelto permanecieron constantes. Se calculó que 611 kg de fósforo fueron vertidos a la laguna, producto de la digestión del alimento, posteriormente se estableció el modelo matemático simplificado para determinar la evolución del fósforo disuelto en la columna de agua en función del tiempo; se determinó que, de 611 kg vertidos a la laguna, 246 kg se destinó a acumularse en los sedimentos y 365 kg se fueron disolviendo en todo el volumen de agua. La concentración de fósforo en la laguna Arapa se incrementó con la actividad de crianza de truchas, alcanzando valores de 32,79 mg/m³ de PO₄-P que lo clasifican como lago eutrófico según la clasificación de Vollenweider. (Quispesivana, Núñez, y Guevara, 2016)

- **Agricultura**

Los contaminantes del agua y el suelo son un tema polémico por los problemas que ocasionan a la agricultura moderna. El crecimiento de la población ha provocado la expansión de las áreas de cultivo, sobreexplotación de los recursos naturales, así como

problemas de disponibilidad y degradación de los recursos. Esta situación se agrava debido al manejo inapropiado de los residuos industriales, de los pesticidas y los fertilizantes que contaminan con elementos orgánicos e inorgánicos persistiendo en el ambiente y dispersándose por medio de los procesos de bioacumulación en especies animales y vegetales, lo que contribuye al desequilibrio de los ecosistemas. (Chávez et al., 2022)

2.1.6. IMPORTANCIA DEL MONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

El monitoreo orientado a la elevación de la calidad de los recursos hídricos conlleva a un diagnóstico de sus estados a través de la elevación de indicadores químico -físicos de la calidad de agua, obtenidos a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables de las aguas continentales y marino-costeras. Estas mediciones se desarrollan a través de una metodología y procedimientos estandarizados que involucran la toma de muestras de agua con criterios establecidos en el protocolo de monitoreo. La aplicación de los procedimientos estandarizados en toda las fases del monitoreo de la calidad del agua permite minimizar y eliminar errores y garantizar la generación de datos e información consistente y confiable para determinar la línea de base y las proyecciones de medidas de recuperación y control de la calidad de agua, las cuales permitirán a los diferentes niveles de gobierno tomar decisiones de forma informada y desarrollar los planes de gestión de recursos hídricos y otros instrumentos de gestión hídrica.

(SINIA)

Con respecto al periodo de monitoreo, este dependerá del cuerpo de agua y sus características específicas. Algunos ecosistemas acuáticos se consideran intermitentes, debido a que su curso o parte del mismo se seca durante los períodos poco lluviosos. Esta característica, debe tenerse en cuenta a la hora de establecer el periodo y la frecuencia de muestreo. De igual forma, en aquellas regiones donde existan marcadas diferencias entre las estaciones del año, estas deben ser consideradas. Por ejemplo, en

Cuba existen dos estaciones marcadas: periodo lluvioso (mayo-octubre) y período poco lluvioso (noviembre-abril) (INSMET, 2022), por lo que se deben tener en cuenta estos periodos a la hora de llevar a cabo un monitoreo de la calidad de agua. Hossen et al. (2018) y Sukanya y Joseph (2020) muestrearon los ríos Halda y Karamana respectivamente, en la India, durante los periodos de monzón y periodos de no-monzón, observando diferencias significativas entre ambas estaciones. De igual forma, Matta et al. (2020) tomaron muestras del río Ganga al norte de la India en la región del Himalaya durante las cuatro estaciones (invierno, verano, monzón y post-monzón), apreciando el impacto de la contaminación, particularmente en los meses de monzón con el arrastre de los suelos producto de la lluvia, con la consiguiente acumulación de basura en el río. Para lograr una buena representatividad en el muestreo y que luego se puedan brindar conclusiones válidas sobre la calidad de un ecosistema acuático, se deben realizar análisis espaciales y temporales a lo largo del ecosistema, lo que permitirá evaluar los parámetros de calidad de agua más significativos, teniendo en cuenta las actividades que puedan afectar la salud del ecosistema acuático y los principales contaminantes presentes, de acuerdo a las actividades que se realicen (ej: agrícola, industrial, recreativas, etc.). (Murrell et al., 2022)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Calidad del agua.** La excelencia hídrica, según la Entidad Sanitaria Mundial y otras instituciones globales, puede sintetizarse como las circunstancias en que se halla el elemento acuífero respecto a propiedades físicas, químicas y biológicas, en su condición primigenia o tras ser modificada por intervención antrópica.
- **ECA:** Constituye un recurso administrativo ambiental que se establece para cuantificar el estado cualitativo del entorno en la jurisdicción nacional. El ECA determina los niveles de concentración de componentes o sustancias presentes en el ambiente que no implican peligros para la salubridad y el ecosistema. La Gradación

de Calidad Hídrica representa un sistema clasificatorio que permite valorar la idoneidad de un cuerpo acuífero según sus aplicaciones.

- **Parámetro.** El indicador de medición, sea de naturaleza física, química o biológica, constituye un componente integral de un Estándar de Calidad Medioambiental. Por ejemplo, en el contexto del ECA para Recursos Hídricos algunos de sus parámetros evaluativos comprenden el arsénico, el cadmio o el cianuro, entre diversos elementos.

2.3. MARCO NORMATIVO

- Ley 29338 .- Ley de Recursos Hídricos, regula el uso y gestión de los recursos hídricos. El Gobierno impulsa e inspecciona el aprovechamiento y preservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la amaneramiento de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran.
- Ley 28611 .- Ley General del Ambiente. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente
- Decreto Supremo 004-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. El ECA establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente.
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por el *cual* se aprueban los Límites Máximos Permisibles.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la laguna de Arapa exceden el ECA del agua 2025

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros fisicoquímicos exceden los valores establecidos en el ECA del agua
- Los parámetros microbiológicos exceden los valores establecidos en el ECA del agua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio es la Laguna de Arapa está ubicada en el Distrito de Arapa, perteneciente a la Provincia de Azángaro, Región Puno.



Figura 01: Localización de la zona de Estudio

Fuente: GOOGLE EARTH PRO ELABORACIÓN PROPIA

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio se define por la extensión de la laguna dentro de los límites del distrito, con un área aproximada de 2.0 km².

3.2.2. MUESTRA

De la población, se seleccionaron estratégicamente los puntos de muestreo. En cada punto, se recolectó 1 litro de agua para el análisis fisicoquímico y microbiológico. El método de muestreo utilizado fue no probabilístico y por conveniencia.

PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS	
	UTM	UTM
P1	380586.84 m E	8324976.31 m S
P2	380748.157 m E	8325070.832 m S
P3	381102.964 m E	8325391.120 m S
P4	381469.82 m E	8325165.26 m S

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Diseño de investigación: No experimental.

Tipo de investigación: Descriptivo-transversal.

Método: Deductivo-analítico.

Materiales a utilizar para el muestreo de agua.

Toma de muestra: (referencia Protocolo Nacional para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales: RJ 010-2026-ANA), será de tipo simple o puntual, porque será para el análisis individual de cada muestra.

- **Accesibilidad:** Asegurar un acceso seguro y adecuado al punto de muestreo.
- **Profundidad:** se tomará la muestra a una profundidad de 30-50 cm.
- **Etiquetado:** serán identificadas cada muestra con fecha y hora, lugar de toma, profundidad y parámetros a analizar.
- **Preservación:** las muestras serán preservadas en una cadena de custodia.
 - a. Transporte y almacenamiento, se tendrá todos los cuidados de la muestra hasta llegar al laboratorio, según los cuidados de preservación; en cuanto al tiempo desde

el distrito de Arapa hasta la ciudad universitaria de la UNA-Puno será de 1 hora con 30 minutos.

b. Análisis de laboratorio

3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico 01: Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Arapa

Para el desarrollo del objetivo, se procedió según el protocolo de muestreo (RD N°160-2015-DIGESA/SA), para lo cual se tomó la muestra en recipientes esterilizados previamente, la muestra de agua se tomó a una profundidad de 20 a 30 cm, para luego trasladar al laboratorio, para el análisis respectivo.

Segundo objetivo específico: Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de la laguna de Arapa

Para el desarrollo del objetivo, se procedió igualmente como para el primer objetivo, con la diferencia que la muestra se tomó en recipiente de vidrio esterilizado, con todos los cuidados según el protocolo de muestreo, se utilizó un cooler para luego trasladar al laboratorio.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 001: Operacionalización de Variables

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
	FÍSICO QUÍMICO	Temperatura	Continua
VI:		pH.	Discreta
Paramentos fisicoquímico y microbiológico	MICROBIOLÓGICO	Conductividad eléctrica:	
		Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):	
VD: Calidad de agua de laguna		Nitratos	Ordinal
		Metales pesados: Arsénico, Cadmio, plomo. mercurio, Zinc	

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Determinar la concentración de los parámetros físico químicos del agua de la laguna de Arapa.

Tabla 01 : pH

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA DE AGUA
pH	7.	7.4	7.4	7.2	7.38	6.5-9.0

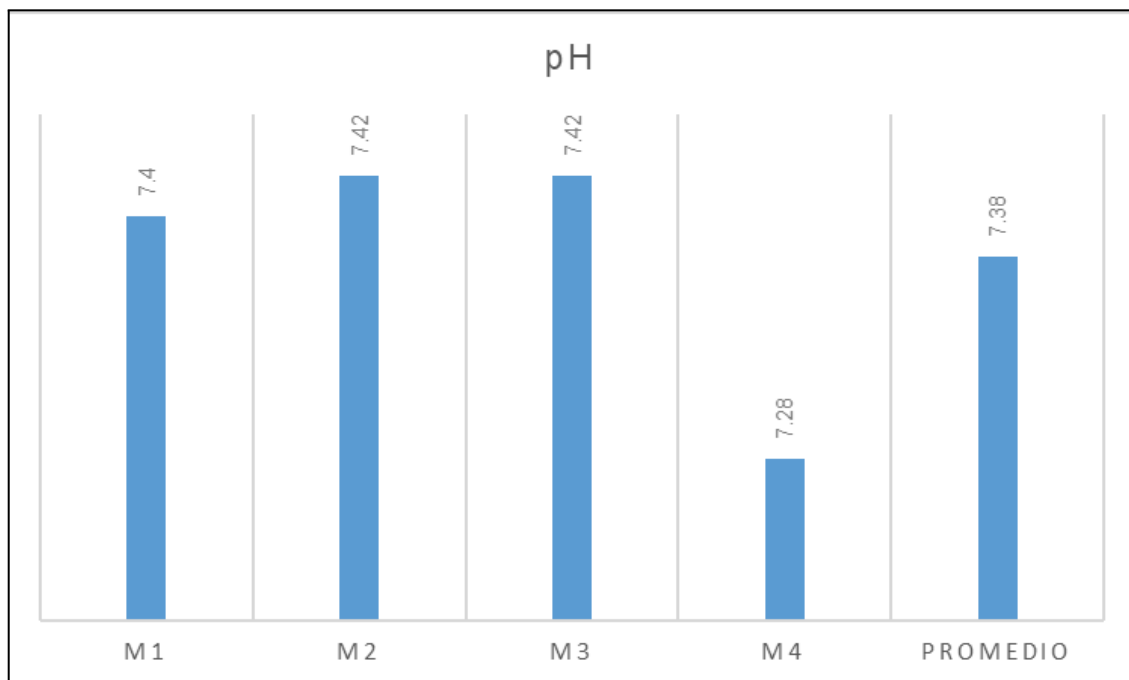


Figura 02: El pH

INTERPRETACIÓN:

El pH promedio de la muestra fue de 7,38 (Figura 02). Al compararlo con el valor de referencia establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, cuyo rango aceptable es de 6,5 a 9,0, se concluye que el pH se encuentra dentro del rango permitido. Esto indica que el agua presenta una alcalinidad adecuada para la mayoría de los organismos acuáticos y para usos generales. Por otro lado, Maycol y Cerna (2021) reportaron un valor de pH de 7,7, el cual es coincidente con el resultado obtenido en este estudio, mostrando una diferencia mínima de 0,32 unidades. Cabe destacar que el pH es un parámetro primordial en el análisis de la calidad del agua.

Tabla 02 : Temperatura

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
T°	14.5	14.4	14.5	14.4	14.49	Δ 3

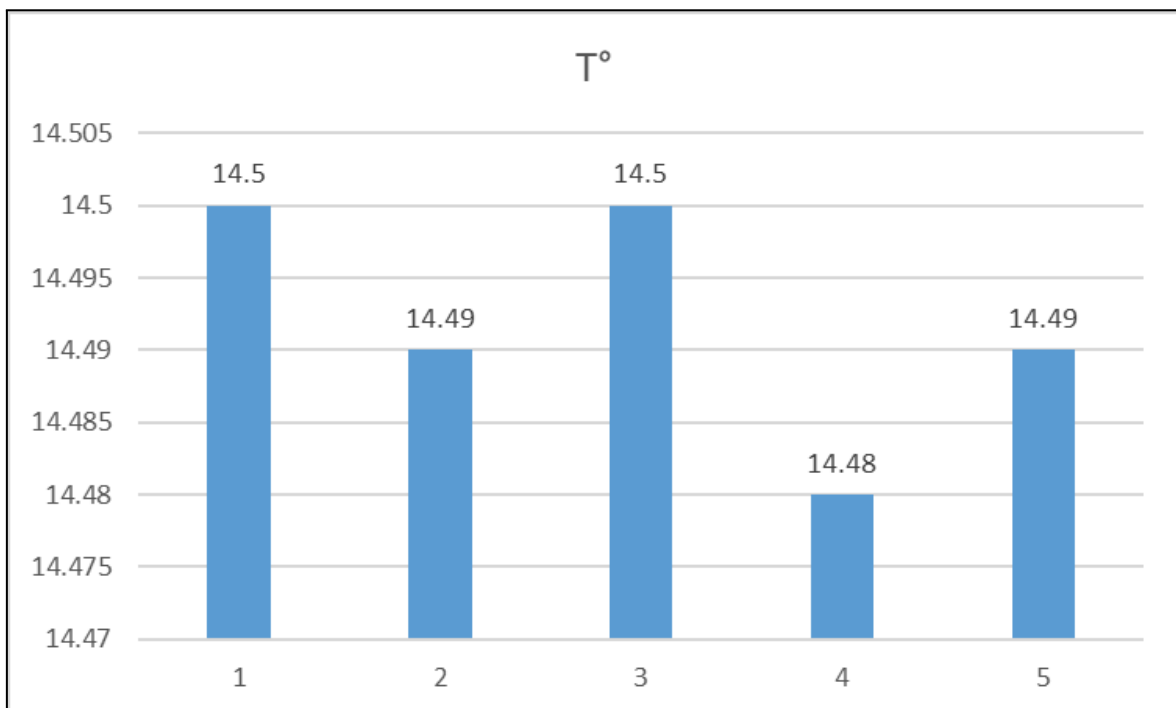


Figura 03: Temperatura

Interpretación. La temperatura del agua se encuentra dentro del rango de variación permitido con respecto a la media histórica de 14 °C (Figura 03). Sin embargo, este valor

no coincide con el reportado por Maycol y Cerna (2021), quienes obtuvieron una temperatura de 21,2 °C, lo que representa una diferencia significativa respecto al valor observado en este estudio.

Tabla 03: Conductividad eléctrica

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA DE AGUA
Conductividad	0.9	0.8	1.0	0.9	0.94	1000

eléctrica

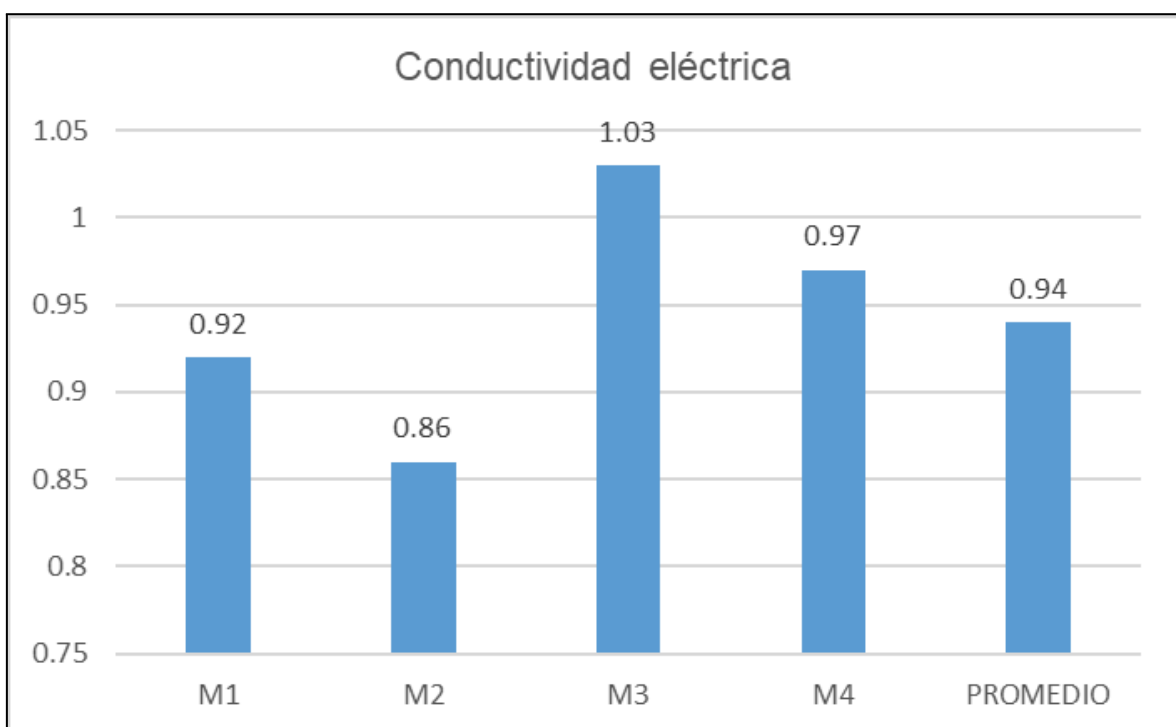


Figura 04: Conductividad eléctrica

Interpretación: La conductividad eléctrica del agua del lago (Figura 04) es muy baja, lo que indica una baja concentración de sales y minerales disueltos. En contraste, el estudio realizado por Gutiérrez y Del Rosario (2023) reportó una conductividad eléctrica de 15,077 mS/cm, lo cual evidencia una discrepancia significativa entre ambos resultados.

Tabla 04: Demanda Bioquímica de oxígeno

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA
						AGUA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	90	10	11	10	101.25	5

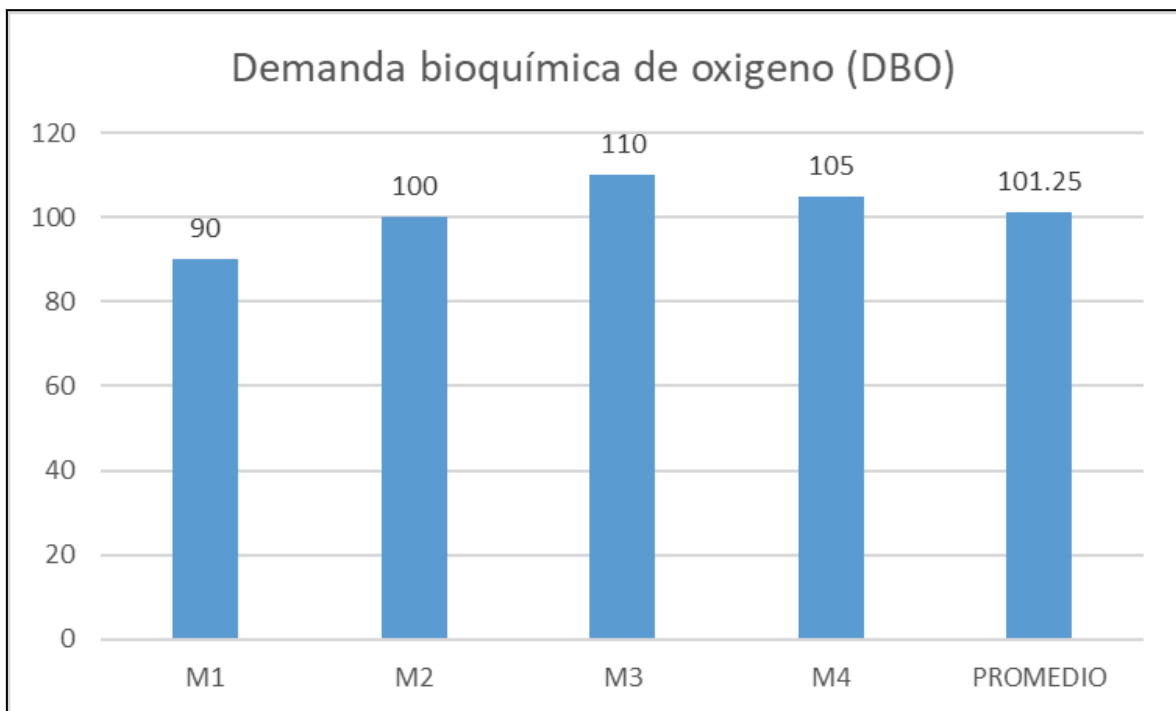


Figura 05: Demanda Bioquímica de oxígeno

Interpretación: El valor obtenido de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) indica una grave contaminación orgánica biodegradable en el agua del lago (Figura 05), lo que representa un riesgo significativo para el equilibrio del ecosistema acuático. En comparación, (Gutiérrez y Del Rosario 2023) reportaron un valor de DBO de 21,410 mg/L, por lo que los resultados no coinciden, evidenciando posibles variaciones en las condiciones del cuerpo de agua.

Tabla 05: Nitratos

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Nitratos	0.0	0.0	0.1	0.0	0.08	13

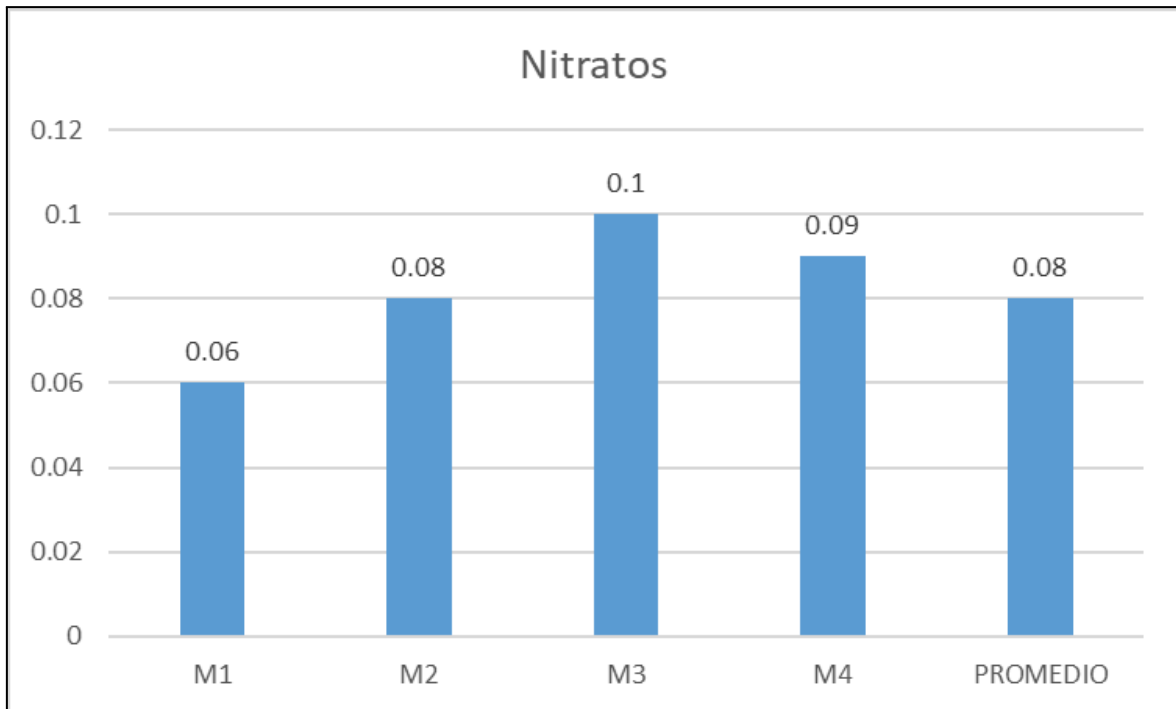


Figura 06: Nitratos

Interpretación: Esto sugiere bajos niveles naturales de nitrato y la ausencia de fuentes significativas de contaminación por nitratos en el lago. Si bien los nitratos son nutrientes esenciales, este nivel bajo podría indicar una limitación de nutrientes para la productividad primaria, no coincide con el resultado de 2,5 ppm de nitratos según (Maycol y Cerna 2021).

Tabla 06: Sulfuros

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Sulfatos	20	25	23	25	235.50	0.002

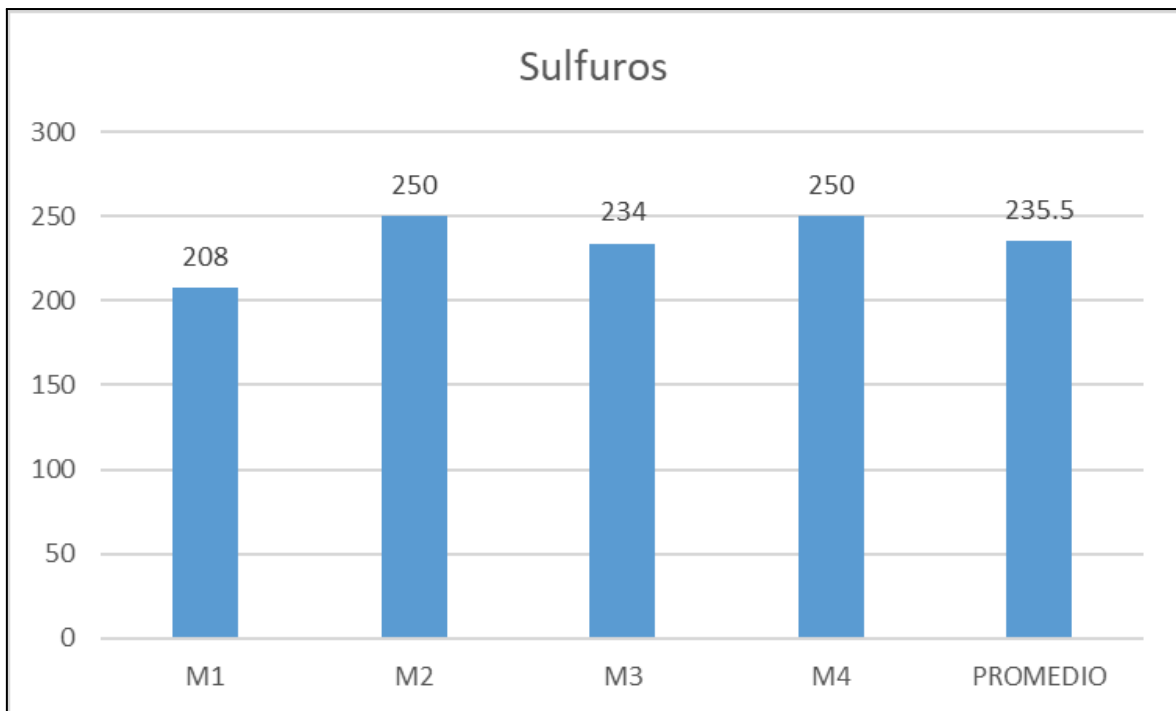


Figura 07: Sulfuros

Interpretación: Las concentraciones de sulfuros están dentro del parámetro del ECA. del agua.

Tabla 07: Arsénico

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Arsénico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.055	0.15

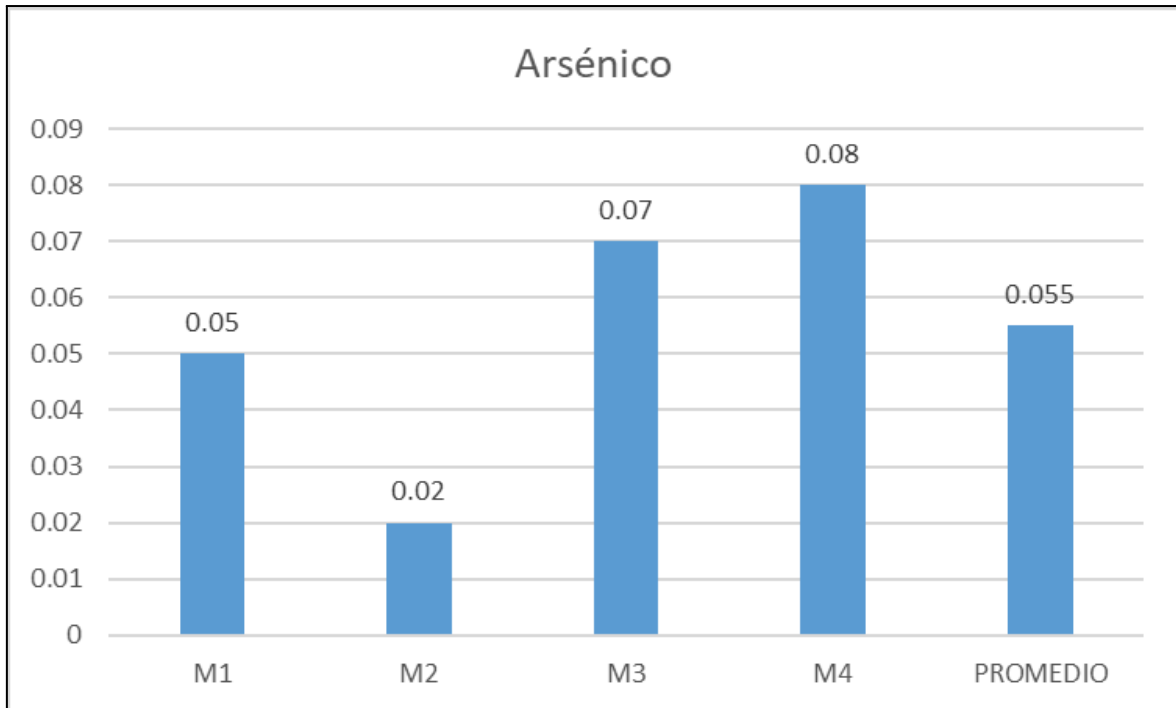


Figura 08: Arsénico

Interpretación: La concentración de arsénico en el agua fue de 0,055 mg/L, valor que se encuentra por debajo del límite máximo permitido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), establecido en 0,15 mg/L. Este resultado es positivo, ya que el arsénico es un metaloide tóxico que, en concentraciones elevadas y con exposición prolongada, puede causar graves problemas de salud. Rivera (2021) reportó una concentración de 0,0161 mg/L, por lo que ambos resultados coinciden al estar dentro del rango permitido.

Tabla 08: Cadmio disuelto.

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Cadmio disuelto	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00155	0.00025

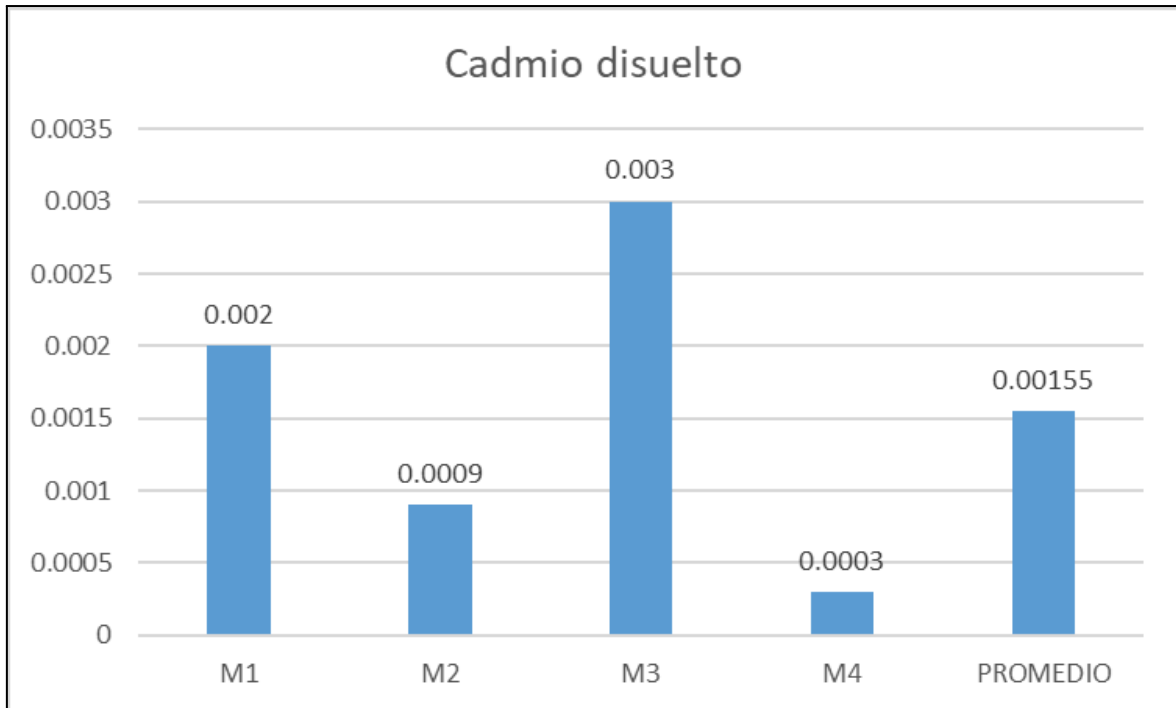


Figura 09: Cadmio disuelto.

Interpretación: La concentración de cadmio fue de 0,00155 mg/L, valor que supera significativamente el límite máximo establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), que es de 0,00025 mg/L. Este resultado representa una seria preocupación debido a la alta toxicidad del cadmio, incluso en concentraciones muy bajas, ya que puede causar efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. En contraste, Montañez y Vilcas (2022) reportaron concentraciones más elevadas, que oscilaron entre 0,076 mg/L y 0,083 mg/L, por lo que los valores no coinciden, aunque todos indican niveles por encima del estándar permitido.

Tabla 09: Mercurio.

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Mercurio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0001

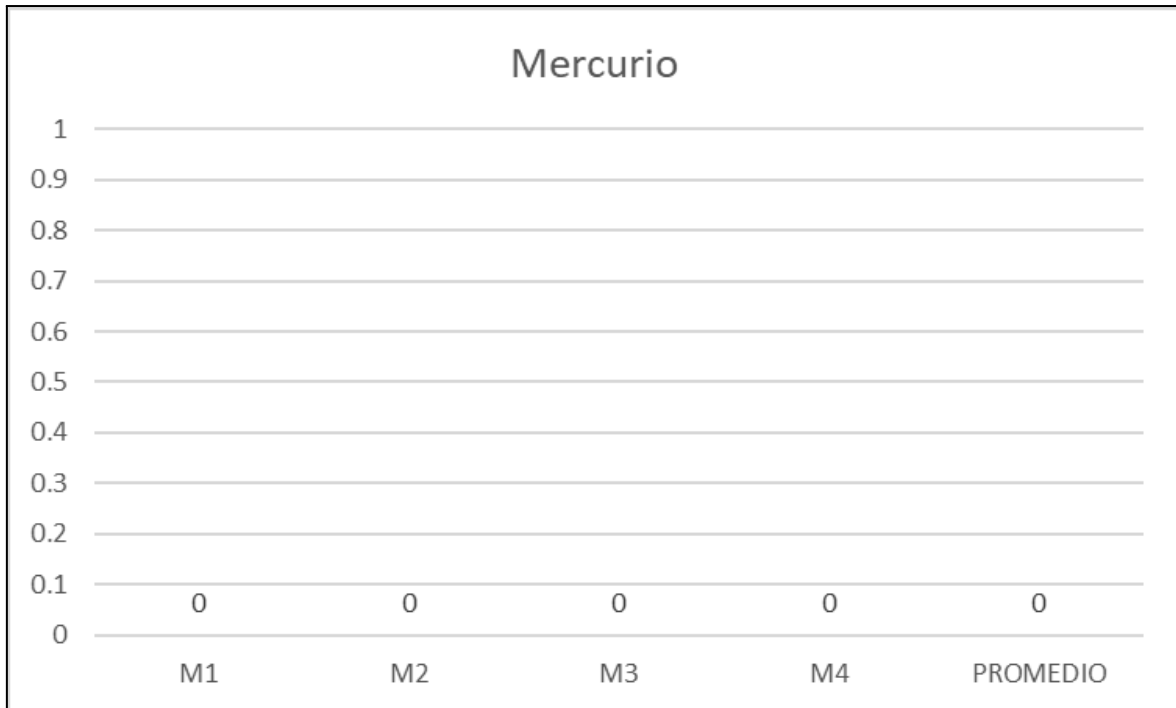


Figura 10: Mercurio.

Interpretación. 0.000 mg/L está por debajo del ECA de 0.0001 mg/L, resultados obtenidos por (Montañez y Vilcas 2022) el parámetro de Mercurio (Hg) fluctúa de 0.037 mg/L a 0.041 mg/L, lo que indica que estos valores no coinciden.

Tabla 10: Plomo

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Plomo	0.00	0.00	0.01	0.01	0.0105	0.0025

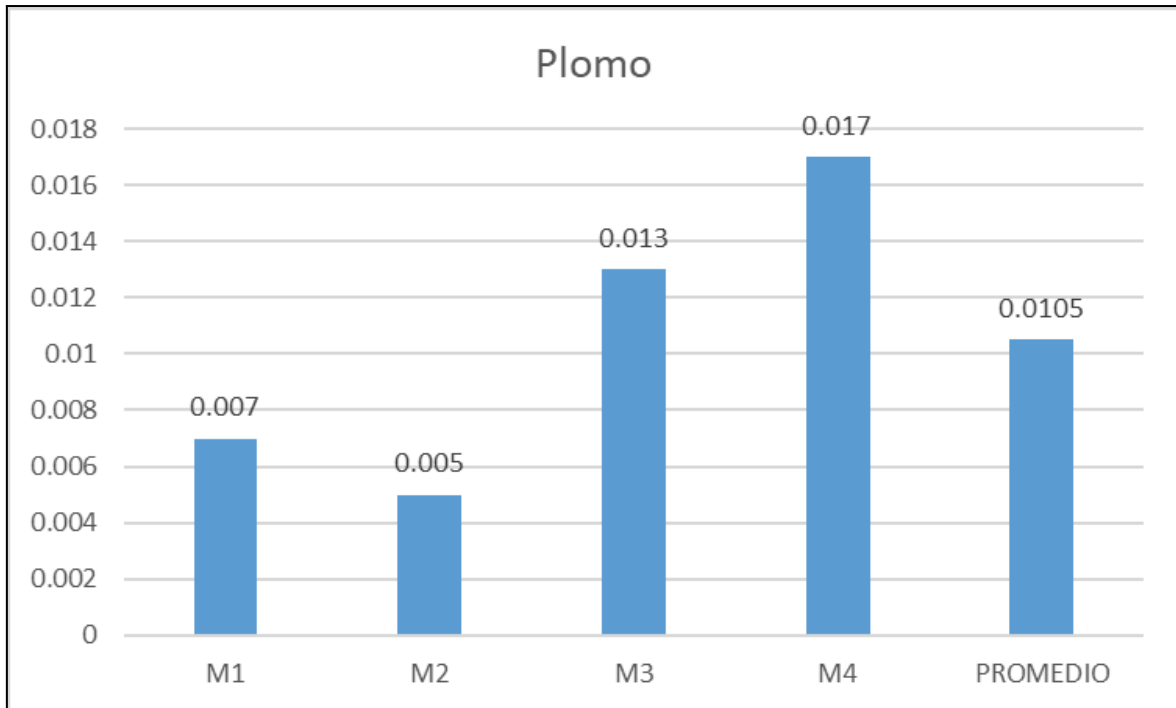


Figura 11: Plomo.

Interpretación. La concentración de plomo fue de 0,0105 mg/L, lo cual excede el límite máximo permitido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), establecido en 0,0025 mg/L. Este resultado representa una preocupación importante debido a la alta toxicidad del plomo, que puede generar efectos adversos en la salud humana, especialmente en niños, así como impactos negativos en los ecosistemas acuáticos. Rivera (2021) reportó un valor de 0,0094 mg/L; aunque ligeramente menor, ambos resultados indican niveles por encima del estándar, por lo que no coinciden completamente, pero reflejan una situación similar de riesgo.

Tabla 11: Zinc.

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Zinc	0.5	0.3	0.7	0.8	0.575	0.12

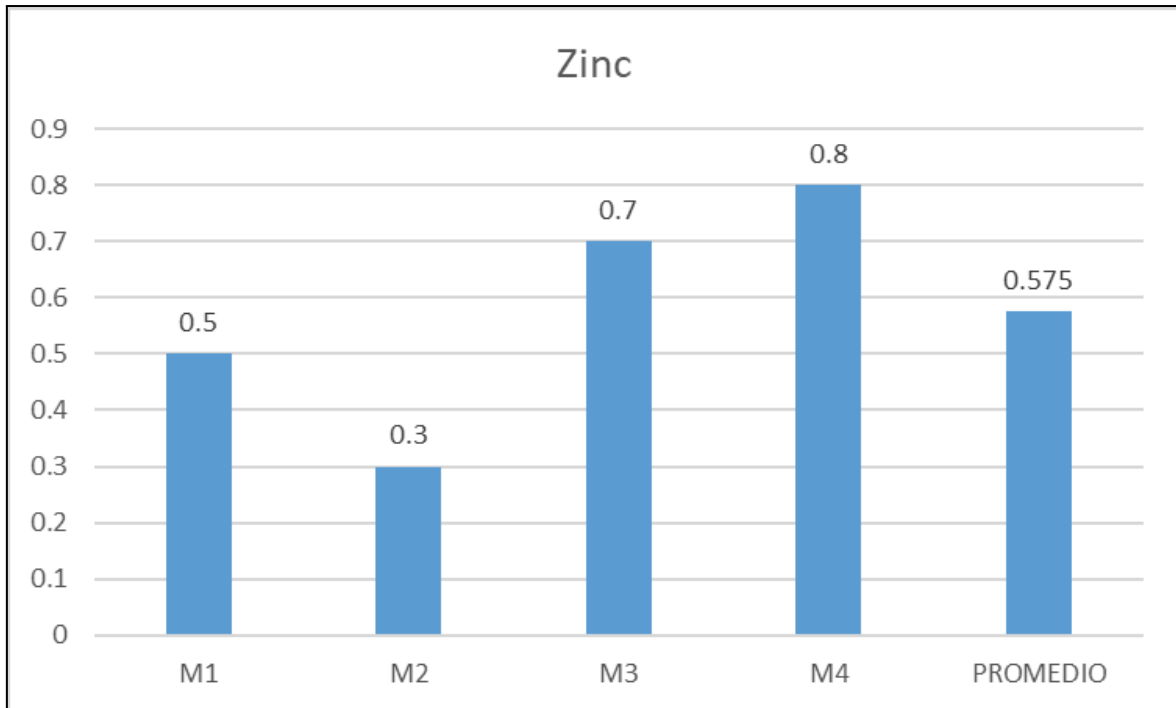


Figura 12: Zinc.

Interpretación. La concentración de zinc fue de 0,575 mg/L, superando ampliamente el valor máximo permitido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), que es de 0,12 mg/L. Esta concentración elevada puede afectar negativamente la vida acuática, alterar el sabor del agua y ejercer efectos tóxicos sobre diversos organismos acuáticos. Aunque el zinc es un micronutriente esencial en pequeñas cantidades, en concentraciones elevadas se vuelve perjudicial. En comparación, Rivera (2021) reportó una concentración de 0,0147 mg/L, por lo que los resultados no coinciden, evidenciando una diferencia significativa entre ambos estudios. se debe al lugar de estudio y los puntos de muestreo.

4.2. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 02

Determinar la calidad de los parámetros microbiológicos del agua de la laguna de Arapa.

Tabla 12: Coliformes termotolerantes

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO	ECA AGUA
Coliformes termotolerantes	32	54	78	80	610.00	1 000

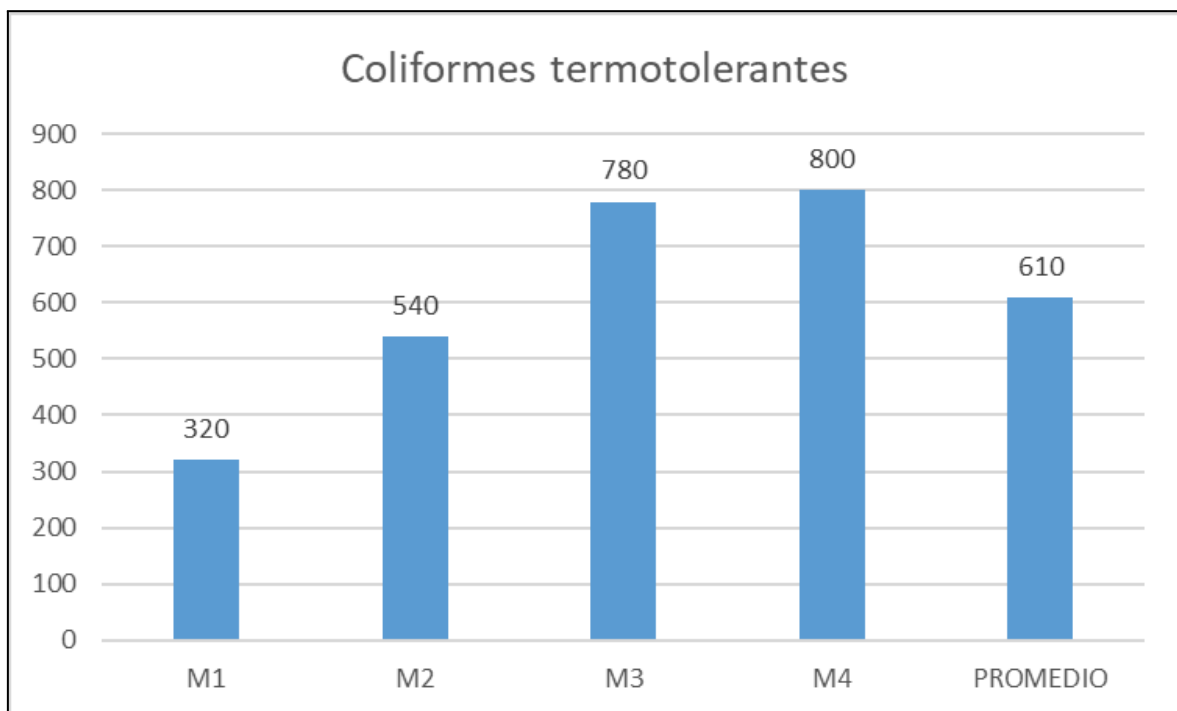


Figura 13: Coliformes termotolerantes

Interpretación: Indica una contaminación fecal significativa en el agua del lago (Figura 13), a pesar de estar por debajo del parámetro de referencia de 1000. Esto representa un riesgo potencial para la salud humana, especialmente para actividades recreativas con contacto primario, y sugiere la necesidad de identificar y controlar las fuentes de contaminación, según (Alva 2018) menciona que los Coliformes termotolerantes o los llamados fecales, se encuentran alterados en su valor hasta en un 180 % mayor, pasando excesivamente el valor de los ECAs, el valor más alto fue 360 UFC/ 100 ml. por lo que coincide en la contaminación fecal significativa.

CONCLUSIONES

PRIMERA. Los resultados señalan una problemática significativa relacionada con la contaminación orgánica y por metales pesados en la Laguna de Arapa. La alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y las concentraciones elevadas de cadmio, plomo y zinc son los principales indicadores de que la calidad del agua no cumple con los estándares para mantener un ecosistema saludable y para posibles usos del recurso. Por lo tanto, en cuanto a la hipótesis, no es una aceptación total de que todos los parámetros exceden, pero sí de que la condición general del agua no cumple con los estándares debido a la superación de varios contaminantes importantes.

SEGUNDA. El pH (7.38) y el sulfuro (0.055mg/L) se encuentran dentro de los rangos aceptables según los ECA, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), con un promedio de 101.25mg/L, supera drásticamente el ECA de 5 mg/L, Conductividad Eléctrica (CE), con un promedio de 0.94 μ S/cm es extremadamente bajo. El Cadmio Disuelto (0.00155mg/L) excede el ECA de 0.00025mg/L, el Plomo (0.0105mg/L) también supera el ECA de 0.0025, indicando una contaminación por metales pesados, el Zinc (0.575mg/L) está por encima del ECA de 0.12mg/L, lo que, al igual que el Cadmio y el Plomo, señala una presencia elevada de metales que requiere atención. El Nitrato (0.08mg/L) y el Mercurio (0.000mg/L) se encuentran dentro de los rangos establecidos por los ECA.

TERCERA. El promedio de Coliformes Termotolerantes en la Laguna de Arapa, con un valor de 610 NMP/100 mL, se encuentra dentro del rango aceptable según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, que establece un límite de hasta 1000 NMP/100 mL.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Elaborar programas de educación ambiental dirigidos a las comunidades locales, agricultores y otros actores de la cuenca sobre la importancia de la calidad del agua de la Laguna de Arapa, porque los resultados demuestran que el agua de la laguna no es de calidad.

SEGUNDA. Mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales que están cercanas a la laguna. También es fundamental la educación y sensibilización de la población sobre la importancia de cuidar el lago

TERCERA. A los investigadores: Elaborar proyectos sobre la posible influencia de la actividad minera (legal e ilegal) en la cuenca de la laguna, incluyendo relaves y vertidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alva Pinedo, L. J. (2018). Determinación de la calidad del agua de la laguna azul de sauce para su uso según estándares de calidad ambiental (ECAS). *Repositorio - UNSM*. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1055963>
- Arrieta et al (2021) calidad fisicoquímica del agua de la laguna colta. chimborazo, ecuador <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/3135/378>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2019). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Cajaleón Chuquiyauri, L. E. (2021). Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua en la laguna mancapozo, para consumo humano, La Esperanza, Amarilis – Huánuco agosto – noviembre 2019. *Universidad de Huánuco*. Recuperado de <https://repositorio.udh.edu.pe/xmlui/handle/123456789/2667>
- Ccoya Jorge, B. M. (2024). Evaluación de la calidad del agua superficial de la laguna confinada bahía de los incas del lago titicaca, Puno, 2023. *Universidad Privada San Carlos*. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/900>
- Eduardo Baeza Gómez. (s. f.). Recuperado de <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Gutierrez Nazario, Z. D. R. (2023a). *Evaluación de la calidad fisicoquímica de las aguas de la laguna la encantada en Santa María, Huaura*. Recuperado de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7475>
- Gutierrez Nazario, Z. D. R. (2023b). *Evaluación de la calidad fisicoquímica de las aguas*

- de la laguna la encantada en Santa María, Huaura. Recuperado de <https://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7475>
- Gutiérrez, P. V. J., Vallejo, M. R., y Cedillo, J. D. V. (s. f.). *LICENCIADO EN DERECHO*.
- Hanco, G. P. (2019, octubre 8). Contaminación del Lago Arapa. Recuperado 3 de octubre de 2024, de Monografias.com website: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/contaminacion-del-lago-arapa/contaminacion-del-lago-arapa>
- Huaman Vilca, S., Lucen, M., Paredes Vite, M., y Changanqui Alfaro, D. (2020). Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima – Perú). *South Sustainability*, e019. <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-019>
- Huaranca Pumacayo, Y. (2023). *Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Matara, Distrito de Huaquirca, Provincia de Antabamba- Apurímac, 2020*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14512/528>
- Junior, M. I. E. (2023). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua, en la laguna de Yarinacocha, en la Amazonia Peruana*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14646/469>
- Kare Mabel Aguirre Horna, C. (2020). *CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LA LAGUNA DE PACA – REGIÓN JUNÍN 2020*. (2020).
- Larrea Murrell, J. A., Romeu Alvarez, B., Lugo Moya, D., Rojas Badía, M. M., Larrea Murrell, J. A., Romeu Alvarez, B., ... Rojas Badía, M. M. (2022). Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: El río almendares como caso de estudio. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 53(2), 148-159.
- Montañez Arquíñiva, M., y Vilcas Matamoros, J. (2022). *Contaminación por metales pesados (as, cd, co, cr, hg, pb) en sedimentos superficiales de la laguna de Choclococha – Huancavelica*. Recuperado de

<https://hdl.handle.net/20.500.14597/5422>

PROCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES | SINIA. (s. f.). Recuperado 3 de octubre de 2024, de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>

Quispesivana, W. V., Núñez, M. T., y Guevara, M. I. (2016). EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA CALIDAD DE AGUA DEBIDO A LA PRODUCCIÓN SEMI INTENSIVA DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(1), 15-28. (2015). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i1.41>

Reátegui Lozano, W. A. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar las condiciones ambientales de la Laguna Sauce, San Martín—2020. *Repositorio Institucional - UCV*. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63367>

Reyna Chuquizuta, W. A. (2024). *Evaluación de la calidad del agua y el sedimento de una laguna de uso recreacional en la selva alta del nor oriente peruano*. Recuperado de <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3831>

Rivera Carrasco, I. G. (2021). Evaluación de la concentración de los metales pesados (arsénico, plomo y zinc) en las aguas superficiales de la Laguna Patón, (Oyón, Perú). *Repositorio Institucional – UCS*. <https://doi.org/10.21142/tl.2021.2072>

Rosario Verde, M. J., y Cerna Bazán, J. W. (2022). *Evaluación de la calidad de agua del efluente principal de la laguna la encantada, para su utilización en Acuicultura – Barrio Pampa de Animas, Distrito de Santa María, Provincia de Huaura Región Lima 2019*. Recuperado de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6640>

Sáenz, P. B. (2019). *PROTOCOLO DE MONITOREO DE AGUA*. (01).

Sigüenza Jetón, C. N., y Loja Suco, P. A. (2022). *Evaluación de la calidad del agua de la laguna San Martín, parroquia San Gerardo – Girón, utilizando diferentes enfoques cuantitativos*. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/40596>

Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., Pereda-Solís, M. E., ... Pereda-Solís, M. E. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz De Consistencia

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE ARAPA , PROVINCIA DE AZÁNGARO - 2025

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
¿Cuál es la calidad de agua según la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Arapa provincia de Azángaro - 2025?	Evaluar la calidad del agua de la laguna de Arapa, provincia de Azángaro - 2025	Los parámetros físico químicos y biológicos del agua de la laguna de Arapa exceden el ECA del agua para consumo humano.	VI: parámetros fisicoquímico y biológico VD: calidad de agua de la Laguna de Arapa	Temperatura pH conductividad eléctrica turbidez oxígeno disuelto demanda bioquímica de oxígeno (DBO) demanda química de oxígeno (DQO) nitratos y nitritos fosfatos: metales pesados compuestos orgánicos persistentes	ECA del agua DS 004- 2017-MINAM Laboratorio	Enfoque: cuantitativo Diseño: No experimental Tipo: Descriptivo transversal Población/muestra: 2.0 km, muestreo no probabilístico Método estadístico: Estadística descriptiva
PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Arapa, provincia de Azángaro - 2025 ? ¿Cuál es la concentración de agua según los parámetros biológicos de la laguna de Arapa provincia de Azángaro - 2025?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Arapa provincia de Azángaro - 2025. Determinar la calidad de los parámetros biológicos del agua de la laguna de Arapa provincia de Azángaro - 2025.	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS Los parámetros fisicoquímicos exceden los valores establecidos en el ECA para consumo humano. La calidad del agua según los valores biológicos exceden los valores establecidos en el ECA para consumo humano.				

Anexo 02: Panel de figuras

Registro de figuras :

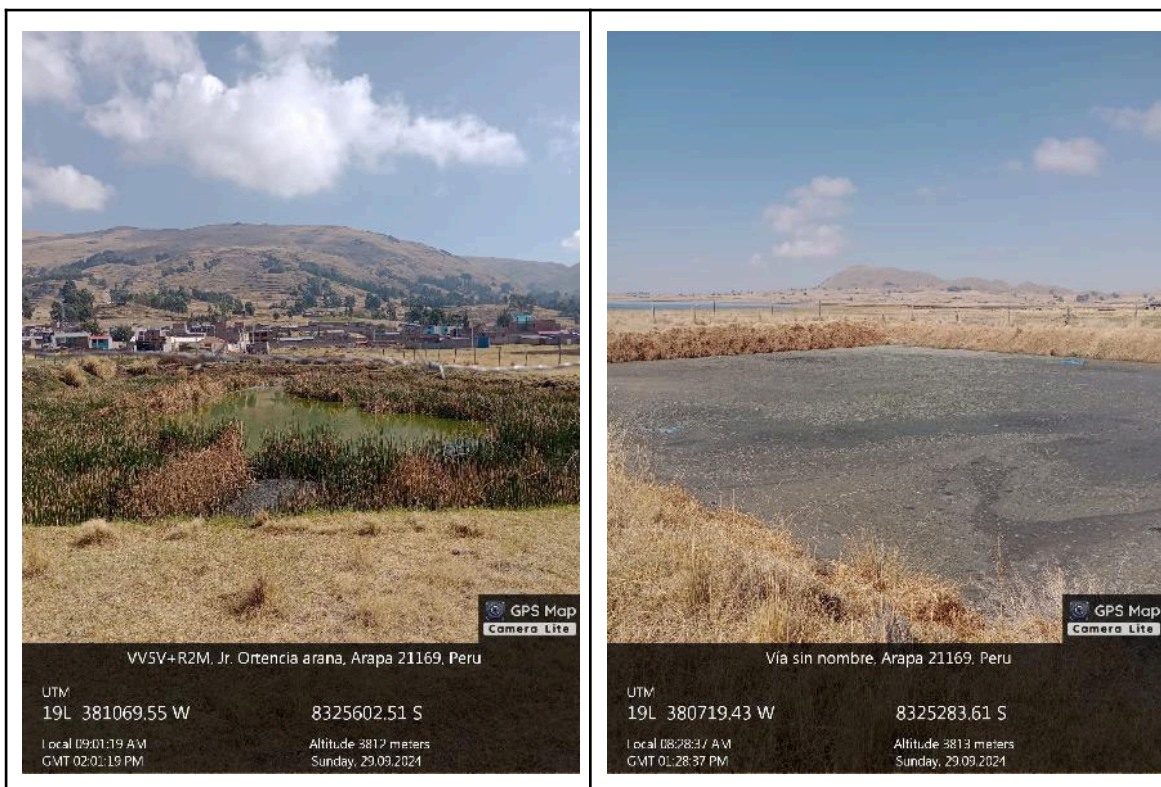


Figura 14: Las aguas residuales del distrito de Arapa - Azangaro - Puno

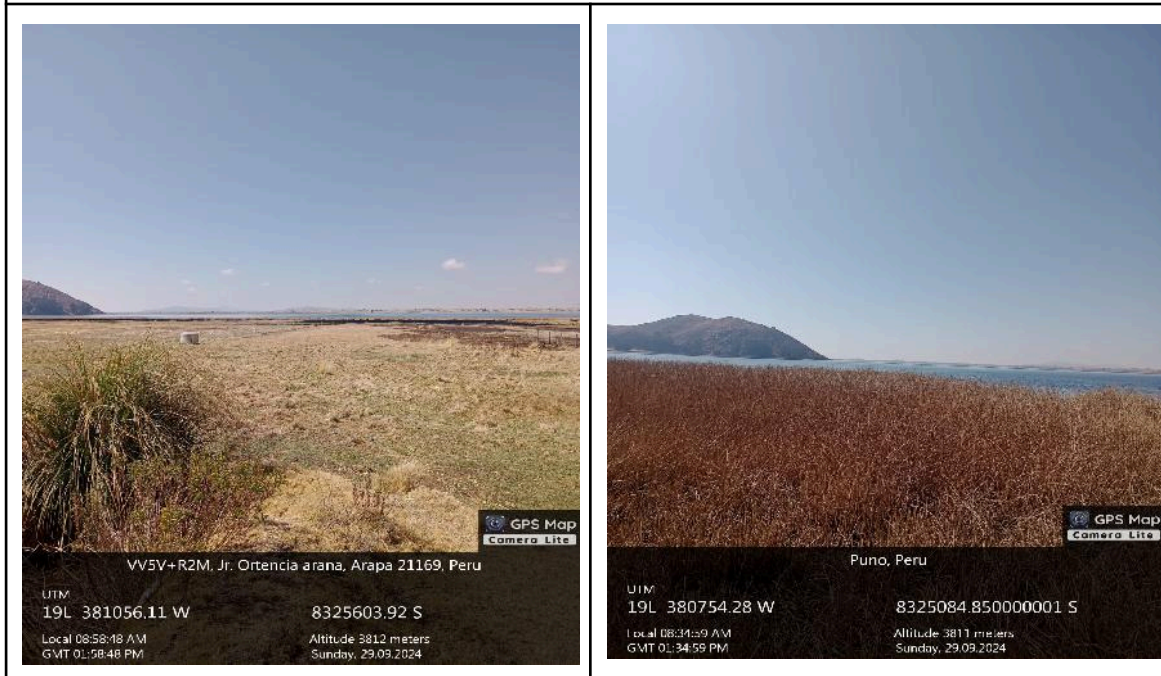


Figura 15: situación del distrito de Arapa, vertimiento directo al Lago de las aguas residuales sin ningún tratamiento.

Registro fotográfico de recolección de muestra de agua

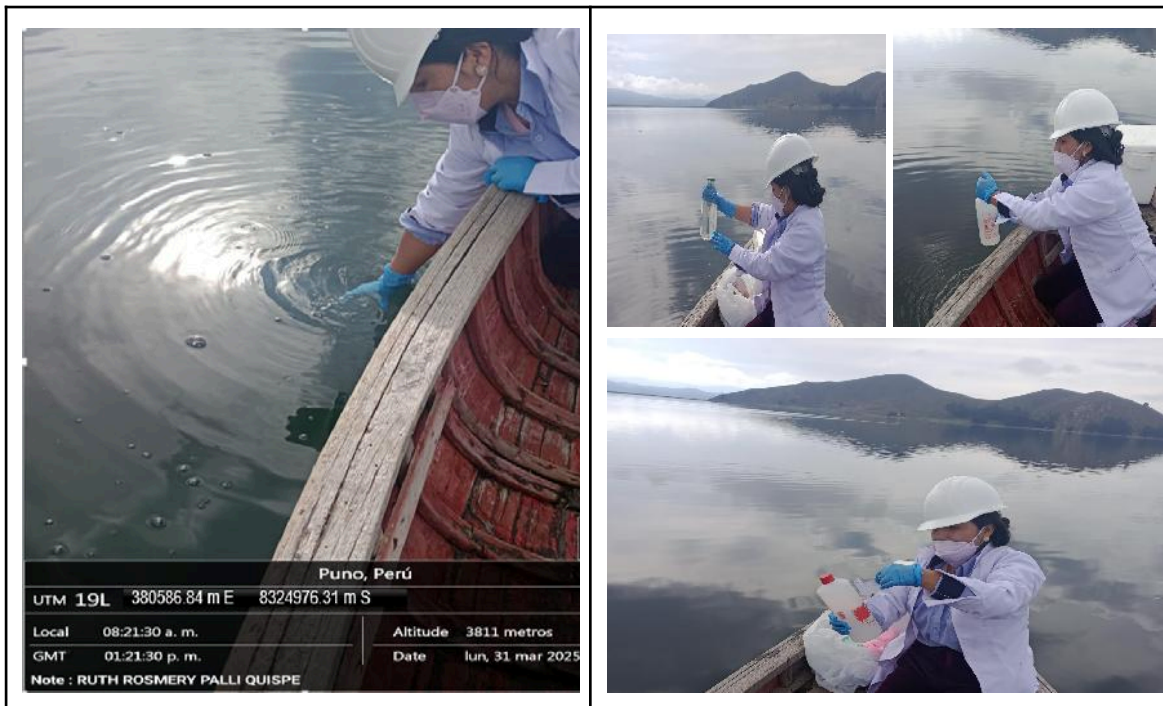


Figura 16: Primer Punto de recolección de muestra para el análisis fisicoquímico



Figura 17: Segundo Punto de recolección de muestra en recipientes esterilizados

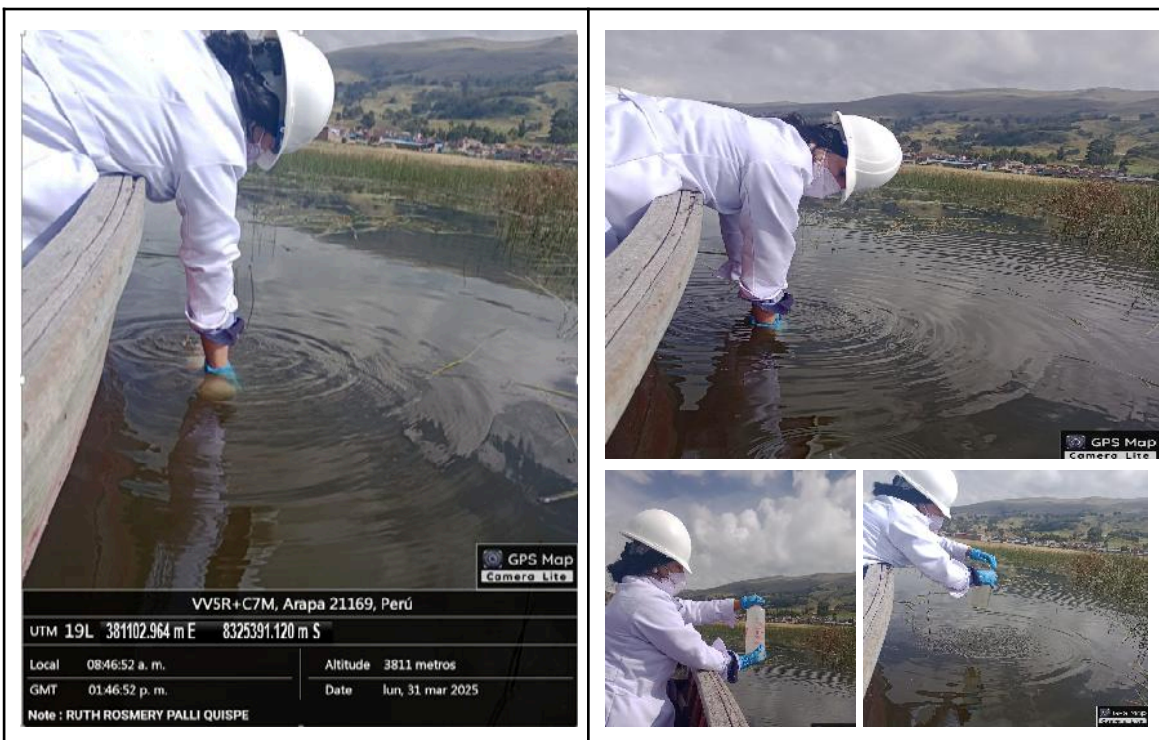


Figura 18: Tercer Punto de recolección de muestra para el análisis en laboratorio

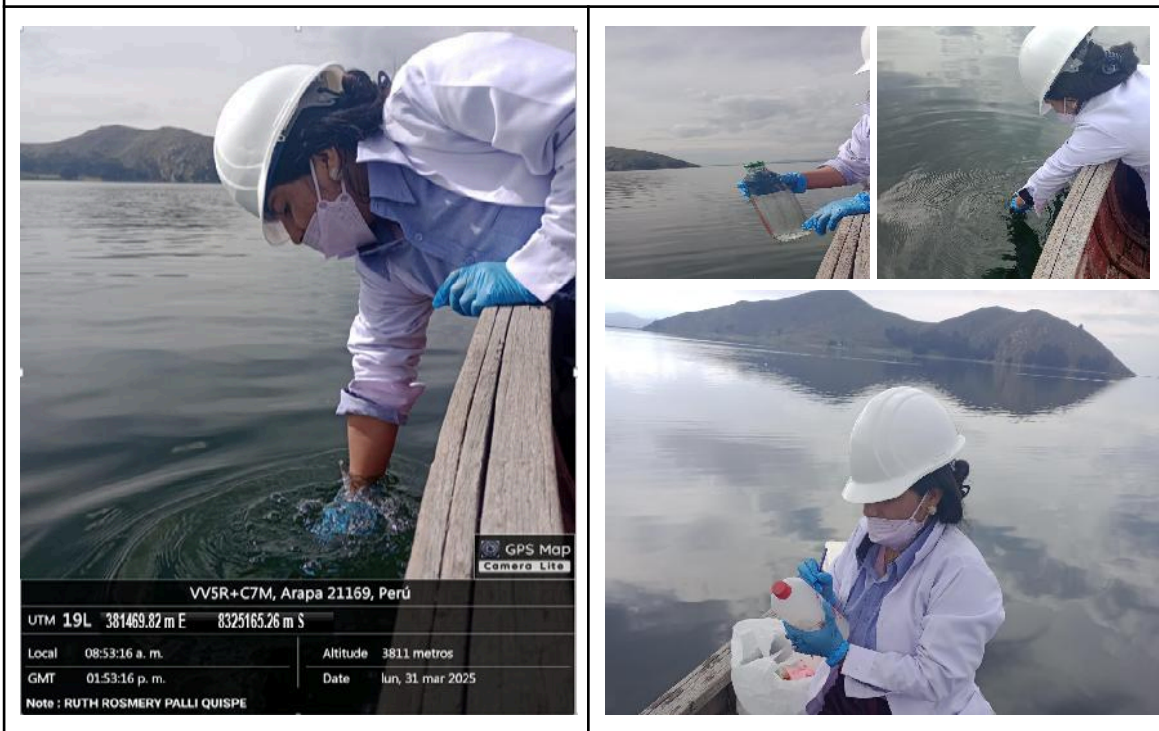



Figura 19: Cuarto Punto de recolección de muestra en recipientes esterilizados

Anexo 03: Resultados de Laboratorio



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN
DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741.

INFORME DE ENSAYO 0047/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA LAGO DE ARAPA

PROCEDENCIA : LAGO ARAPA - PUNO.
INTERESADO : RUTH ROSMERY PALLI QUISPE.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 31/ 03/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 31/ 03/2025

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M - 5 HORA 9:23 AM	M-6 HORA 9:25	M-7 HORA 9:29	M-8 HORA 9:31	METODOLOGÍA
pH		7.35	7.09	7.46	7.23	Potenciometría
C.E	ms/cm	1.09	0.95	0.86	0.90	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.50	14.49	14.50	14.48	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.46	0.47	0.43	0.45	Evaporación y pesaje
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	0.0096	0.0098	0.0094	0.0090	Evaporación y pesaje

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

	UNIDAD	M-5	M-6	M-7	M-8	METODOLOGÍA
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	760.00	714.40	741.00	699.20	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	210.71	177.44	155.26	110.90	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl)	mg/l	189.00	153.19	119.14	121.98	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄)	mg/l	256	244	260	228	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃)	mg/l	0.09	0.08	0.08	0.07	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	150.48	112.48	133.76	107.92	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	92.62	104.53	98.12	103.62	Titulación con EDTA
Demanda Química de Oxígeno (Como DQO)	mg/l	262	237	225	230	Digestión cerrada.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	105	95	90	92	Digestión cerrada.
Fosforo Total.	mg/l	0.40	0.45	0.30	0.55	seguida de espectrofotometría

ANÁLISIS METALES PESADOS:


	UNIDAD	M-5	M-6	M-7	M-8	METODOLOGÍA
Arsénico (As)	ppm	0.08	0.09	0.06	0.11	Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)
Cadmio Disuelto (Cd)	ppm	0.004	0.0034	0.0016	0.006	"
Mercurio (Hg)	ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	"
Piomo (Pb)	ppm	0.014	0.019	0.011	0.023	"
Zinc (Zn)	ppm	0.80	0.90	0.60	0.70	"

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

	UNIDAD	M-5	M-6	M-7	M-8	METODOLOGÍA
Coliformes totales	NMP/100ml	1100	1000	950	1000	APHA 9221B / EPA 1680
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	450	400	370	390	APHA 9222D / EPA 1603

INTERPRETACION:
El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

- **NOTA:** La muestra se recibió en el laboratorio.



Denita Fernández Calleja
RUC: 20612800741
GERENTE

Jr. Esmeralda N°193-URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno
Cel. 973296546 - 983003185