

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DE AGUA
FRENTE A LA CAPTACIÓN DE CHIMÚ EN EL LAGO TITICACA, PUNO 2023.**

PRESENTADA POR:

ACELA VELASQUEZ PACHO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2024



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/)



9.51%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 1 FEB 2024, 11:27 AM

Similarity report

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

● IDENTICAL
1.01%

● CHANGED TEXT
8.5%

Report #19515927

VELASQUEZPACHO DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DE AGUA FRENTE A LA CAPTACIÓN DE CHIMÚ EN EL LAGO TITICACA, PUNO 2023.

RESUMEN El agua es un compuesto con características únicas, importante para la vida, un recurso limitado y escaso, por lo que su mantenimiento y uso sostenible es responsabilidad de todos. Se realizó la determinación de la variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de chimú en el lago Titicaca, Puno en los periodos 2018-2023. En donde el objetivo busca determinar la variación temporal de la calidad del agua teniendo en consideración los parámetros físicos y químicos. La investigación fue de tipo descriptivo, diseño no experimental - longitudinal, la población constituida por el lago Titicaca del centro poblado de Chimú, como muestra se tomó un punto de monitoreo con un muestreo no probabilístico, se utilizó las técnicas de análisis documental. Resultados, los parámetros fisicoquímicos determinados reflejan la variación de la calidad de agua del lago, en este contexto los resultados mostraron que no hubo muchas variaciones según parámetros fisicoquímicos entre los años de investigación si bien algunos parámetros físicos en el caso de temperatura, es importante destacar que la mayor disparidad se observa entre los años 2020 (17.10) y 2023 (13.00), conductividad eléctrica se destaca que los valores registrados superan de manera significativa el umbral establecido por el ECA y oxígeno disuelto se destaca una

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

**DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DE AGUA
FRENTE A LA CAPTACIÓN DE CHIMÚ EN EL LAGO TITICACA, PUNO 2023.**

**PRESENTADA POR:
ACELA VELASQUEZ PACHO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

: 
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias ambientales

Puno, 07 de febrero del 2024.

DEDICATORIA

A mis queridos padres CESAR A. VELASQUEZ CRUZ
HILDA PACHO CRUZ, en honor a su apoyo y consejos
desplegados, por haberme apoyado a cumplir una de mis
metas y haber estado siempre alentando en todo momento a
favor de mi formación personal y profesional.

Acela Velasquez Pacho

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a Dios, por regalarme esta vida y guiarme espiritualmente por el camino correcto para salir adelante y cumplir con mis objetivos personales y profesionales..
- A la Universidad Privada San Carlos, a la escuela profesional de Ingeniería Ambiental y su plana docente por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente.
- Agradezco a mi asesor de tesis MG. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA, por haberme brindado la oportunidad de utilizar su experiencia y conocimiento, así como por haber tenido la paciencia de guiarme durante todo el proceso de elaboración de la tesis.
- A los miembros del jurado calificador Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA ,Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA y M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA, por sus acertadas observaciones, brindarme su tiempo y ser parte de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL LOCAL	19
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	21
2.1.1. EL AGUA COMO CUERPO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO	21

2.1.2. CALIDAD DE AGUA	21
2.1.3. CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL	22
2.1.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA	22
2.1.5. TIPOS DE CONTAMINACIÓN	23
2.1.6. LOS CONTAMINANTES	24
2.1.7. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	25
2.1.8. VARIACIONES TEMPORALES	25
2.1.9. LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL PERÚ	25
2.1.10. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DEL ESTUDIO	30
2.1.11. MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	32
2.2. MARCO CONCEPTUAL	32
2.3. MARCO NORMATIVO	34
2.4. HIPOTESIS DE INVESTIGACION	35
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	36
3.1.1. LOCALIZACIÓN	36
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	37
3.2.1. POBLACIÓN	37
3.2.2. MUESTRA	37
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	37
3.3.1. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	38
3.3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS	40
3.3.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	40
3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	41
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	42

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO 42

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS

FÍSICOS DEL AGUA. 43

4.1.1. TEMPERATURA (°C) 43

4.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 47

4.1.3. OXÍGENO DISUELTO 51

4.1.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) 54

4.2. DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS

QUÍMICOS DEL AGUA. 59

4.2.1. Potencial de Hidrógeno (pH) 59

4.2.2. NITRATOS (NO₃) 63

4.2.3. CLOROFILA "A" 66

CONCLUSIONES 70

RECOMENDACIONES 71

BIBLIOGRAFÍA 72

ANEXOS 76

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Estándares de Calidad Ambiental (ECA)-Agua, categoría 4-E1 (Conservación del medio acuático).	28
Tabla 02: Coordenadas geográficas del punto de estudio.	39
Tabla 03: Parámetros seleccionados para análisis de la calidad del agua .	40
Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación	41
Tabla 05: Resultados de la variación temporal de la Temperatura (°C) en los periodos 2018 a 2023.	43
Tabla 06: Comparación de los datos de temperatura (°C) con los ECA- categoría 4, de la evaluación trimestral durante el periodo 2018 a 2023.	45
Tabla 07: Resultado del parámetro conductividad eléctrica (C.E.)	47
Tabla 08: Resultado del parámetro Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECA con la categoría 4.	49
Tabla 09: Resultado del parámetro Oxígeno Disuelto (OD)	51
Tabla 10: Resultado del parámetro Oxígeno Disuelto (mg/L) para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECA con la categoría 4.	52
Tabla 11: Resultado del parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST).	54
Tabla 12: Resultado del parámetro sólidos suspendidos totales (SST) para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.	56
Tabla 13: Resultado del parámetro Potencial Hidrógeno (pH)	59
Tabla 14: Resultado del parámetro Potencial Hidrógeno (pH) para los meses 2018 a 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.	61
Tabla 15: Resultado del parámetro Nitratos (NO_3).	63
Tabla 16: Resultado del parámetro nitratos (NO_3), para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.	64
Tabla 17: Resultado de la variación temporal del parámetro Clorofila "A"	66

Tabla 18: Resultado del parámetro Clorofila “A” para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.	68
Tabla 19: Datos de los parámetros fisicoquímicos del agua	80

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación Geográfica de la zona de estudio .	37
Figura 02: Ubicación del punto de monitoreo.	39
Figura 03: Distribución de medias de la Temperatura del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).	44
Figura 04: Distribución de la Temperatura de los meses registrados del año 2018 a 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.	46
Figura 05: Distribución de medias de la Conductividad Eléctrica del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).	48
Figura 06: Distribución de conductividad eléctrica de los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.	50
Figura 07: Distribución de medias del Oxígeno Disuelto del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).	51
Figura 08: Distribución del Oxígeno Disuelto de los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.	53
Figura 09: Distribución de medias de los Sólidos Suspendidos Totales del 2018 a 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p> 0.05$).	55
Figura 10: Distribución de los Sólidos Suspendidos Totales de los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.	57
Figura 11: Distribución de medias del pH del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p> 0.05$).	60
Figura 12: Distribución del pH de los meses registrados del año 2018 a 2023 frente a la	

captación de Chimú en el Lago Titicaca.	62
Figura 13: Distribución de medias de Nitratos del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).	63
Figura 14: Distribución de Nitratos de los meses registrados del año 2018 a 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.	65
Figura 15: Distribución de medias de la Clorofila-A del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p< 0.05$).	67
Figura 16: Distribución de la Clorofila “A” presente en los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.	69
Figura 17: Zona del centro de poblado Chimu	82
Figura 18: Captación de agua- Chimu.	82
Figura 19: Recolección de muestra de agua	83
Figura 20: Laboratorio Continental de Puno (IMARPE).	83

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	77
Anexo 02: Solicitud de acceso a información pública IMARPE.	79
Anexo 03: Base de datos solicitada a IMARPE	80
Anexo 04: Panel fotográfico	82
Anexo 05: Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA).	84

RESUMEN

El agua es un compuesto con características únicas, importante para la vida, un recurso limitado y escaso, por lo que su mantenimiento y uso sostenible es responsabilidad de todos. Se realizó la determinación de la variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de chimu en el lago Titicaca, Puno en los periodos 2018-2023. En donde el objetivo busca determinar la variación temporal de la calidad del agua teniendo en consideración los parámetros físicos y químicos. La investigación fue de tipo descriptivo, diseño no experimental - longitudinal, la población constituida por el lago Titicaca del centro poblado de Chimu, como muestra se tomó un punto de monitoreo con un muestreo no probabilístico, se utilizó las técnicas de análisis documental. Resultados, los parámetros fisicoquímicos determinados reflejan la variación de la calidad de agua del lago, en este contexto los resultados mostraron que no hubo muchas variaciones según parámetros fisicoquímicos entre los años de investigación si bien algunos parámetros físicos en el caso de temperatura, es importante destacar que la mayor disparidad se observa entre los años 2020 (17.10) y 2019 (15.70), conductividad eléctrica se destaca que los valores registrados superan de manera significativa el umbral establecido por el ECA y oxígeno disuelto se destaca una disparidad más marcada en el último año de registros, es decir, en 2023, en comparación con el ECA. Parámetros Químico pH es relevante resaltar que la disparidad más notable se presenta entre los años 2021 (8.88) y 2022 (8.62), en términos generales, la calidad del agua en la zona de estudio se mantiene dentro de los límites establecidos por el ECA.

Palabras clave: Lago, Calidad de agua, variación temporal, parámetros.

ABSTRACT

Water is a compound with unique characteristics, important for life, a limited and scarce resource, so its maintenance and sustainable use is everyone's responsibility. The determination of the temporal variation of water quality compared to the chimu catchment in Lake Titicaca, Puno in the periods 2018-2023 was carried out. Where the objective seeks to determine the temporal variation of water quality taking into consideration the physical and chemical parameters. The research was descriptive, non-experimental - longitudinal design, the population made up of Lake Titicaca in the town center of Chimu, a monitoring point was taken as a sample with non-probabilistic sampling, and documentary analysis techniques were used. Results, the determined physicochemical parameters reflect the variation in the quality of the lake's water. In this context, the results showed that there were not many variations according to physicochemical parameters between the years of research, although some physical parameters in the case of temperature are important to highlight. that the greatest disparity is observed between the years 2020 (17.10) and 2019 (15.70), electrical conductivity it is highlighted that the recorded values significantly exceed the threshold established by the ECA and dissolved oxygen a more marked disparity is highlighted in the last year of registrations, that is, in 2023, compared to the ECA. Chemical Parameters pH It is relevant to highlight that the most notable disparity occurs between the years 2021 (8.88) and 2022 (8.62), in general terms, the quality of the water in the study area remains within the limits established by the ECA.

Keywords: Lake, Water quality, temporal variation, parameters.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de los recursos hídricos es la principal causa de la pérdida de calidad del agua a nivel mundial, situación actual que afecta a la población; Esto se debe a que los ríos, lagos, lagunas y el mar sirven como sitio de disposición final para la descarga de aguas residuales de empresas, industrias, minería y hogares, impulsando un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas acuáticos y estudiar sus cambios a lo largo del tiempo para apreciar el impacto y el alcance de la intervención humana. Esta situación se complica aún más por la falta de políticas para la gestión integral de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos (Lozano, 2021).

El agua es un recurso con gran impacto, tanto en el funcionamiento de los ecosistemas como en la vida misma, por lo que es crucial para promover una vida digna y lograr un desarrollo sostenible. Es importante reconocer los diferentes factores que propician los problemas que genera este recurso, tales como: sequías, desperdicio o contaminación por acciones antropogénicas; esta última se considera la situación que más claramente se refleja en muchas partes del mundo, así como en nuestro país (Ruiz, 2021).

En este contexto, se entiende por “calidad del agua” la presencia de contaminantes que se evalúan en función de parámetros fisicoquímicos o biológicos. Los Estándares de Calidad del Agua (ECA) están establecidos por el reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM. Por su relevancia en áreas como salud pública, agricultura, ganadería y protección del medio ambiente. Es importante priorizar la calidad del agua. Esto conduce a una evaluación del estado actual de la masa de agua en función de sus indicadores físicos, químicos o microbiológicos. Los indicadores se determinan mediante métodos y procedimientos específicos de mediciones y observaciones sistemáticas del agua. Se utilizan procedimientos operativos estándar, incluida la toma de muestras de agua según las marcas de referencia establecidas en los protocolos de monitoreo del agua (ANA, 2009).

La determinación de los parámetros físico-químicos de la calidad del agua del lago nos permite colaborar en el diagnóstico y conocimiento sobre el estado de la laguna, así

como su dinámica. Las variaciones espaciales y temporales analizadas en este estudio permiten conocer su estado, los procesos físicos, químicos y microbiológicos que pueden ocurrir; y cómo las medidas de remediación actuales afectan su calidad; y proponer medidas para mejorar sus condiciones actuales (Gomez et al., 2020).

Al respecto, se ve que si bien la calidad del agua en algunas cuencas es importante debido a la degradación y abundancia del agua superficial en el lago Titicaca, uno de los problemas más graves se está presentando. Por el contrario, las condiciones del agua del lago Titicaca estuvieron influenciadas por el rápido crecimiento demográfico en el centro de población Chimú como resultado de los avances en la producción agrícola y ganadera. Y el agregado de muchas sustancias como: desechos líquidos y sólidos que contribuyen a la contaminación del agua del lago Titicaca.

En esta investigación se desarrollaron cuatro capítulos. En el Capítulo I: Formulación del Problema de Estudio, Antecedentes y Objetivos de la Investigación, se discute desde el inicio la contaminación y la calidad del agua en el Lago Titicaca, haciendo énfasis en la determinación de las variaciones temporales en la calidad del agua del Lago Titicaca por las aguas residuales en el 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023, con el objetivo de determinar la variación temporal de la calidad del agua en comparación con la cuenca Chimú en el lago Titicaca durante estos períodos de tiempo.

Este estudio permite conocer los parámetros físico-químicos del agua, determinando los parámetros considerados en las investigaciones actuales del Lago Titicaca, al reportar las variaciones temporales de los parámetros físicos y químicos del agua.

Capítulo II: Marco teórico, marco conceptual e hipótesis de investigación, se presentan investigaciones similares o trabajos previos sobre el tema, es decir, las bases teóricas y definición de términos básicos que permitirán una mejor comprensión de esta investigación, propuesta de investigación. Las hipótesis que determinan la variación temporal de la calidad del agua en la cuenca Chimú, en el lago Titicaca, indican cambios significativos en parámetros físicos y químicos. en 2018 - 2019 - 2020 - 2021- 2022- 2023, además. En el Capítulo III: Metodología de la Investigación se menciona el área de

investigación, población y muestra de investigación, tipo de investigación y diseño de investigación, método o diseño estadístico. Finalmente, en el Capítulo IV: presentación y análisis de resultados, se presentan los resultados de la determinación de las variaciones temporales en la calidad del agua del Lago Titicaca influenciadas por las aguas residuales.

Finalmente, se detallan las conclusiones, discusiones y las recomendaciones, si existe el comportamiento o cambios significativos en la calidad del agua en los periodos año 2018 a 2023.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, una de cuyas principales consecuencias es la escasez de agua. Esto se suma a los problemas de calidad del agua que enfrenta nuestro país ya que estos recursos son las necesidades básicas de los seres vivos y son elementos naturales muy necesarios para los ecosistemas. A menos que se tomen decisiones importantes al respecto, seguiremos enfrentando graves amenazas a la salud pública, la seguridad alimentaria, la pérdida de ecosistemas y la sostenibilidad económica (Aquino, 2017).

En la región Puno, los ríos contaminados que desembocan en el lago Titicaca son receptáculos de desechos domésticos e industriales, y la calidad del agua depende de la composición geológica en términos de contaminación natural y antropogénica causada por actividades como la minería, aguas residuales municipales, desechos sólidos, fertilizantes, desechos industriales y otras fuentes de contaminación ubicadas a lo largo de la cuenca del Lago Titicaca (Lino, 2022).

La bahía del lago Titicaca ha sufrido una progresiva contaminación del agua y eutrofización provocada por las aguas residuales y otros desechos de los pueblos cercanos, ya que estos pueblos no tienen plantas de tratamiento de aguas residuales y algunos pueblos sólo tienen una laguna. Como resultado de la eliminación de la contaminación por desechos sólidos, los sedimentos se acumulan gradualmente en el fondo del lago durante un largo período de tiempo (Lino, 2022).

La captación de agua en el Centro Poblado Chimu, abastece de agua las necesidades de la población aledaña, incluida la ciudad de Puno, siendo la calidad del agua fundamental para garantizar la salud y el bienestar de las personas que dependen de este recurso. Este estudio nos brinda información para comprender cómo está cambiando la calidad del agua en el Lago Titicaca, cómo esto puede afectar el ambiente del ecosistema acuático y la población humana que depende de él.

En este contexto, las fluctuaciones temporales en la calidad del agua del Lago Titicaca son un fenómeno complejo que afecta la disponibilidad de recursos hídricos y saludables para diversas comunidades. Este problema se manifiesta en fluctuaciones en los niveles de contaminación y los parámetros físicos y químicos en cuerpos de agua como ríos, lagos y acuíferos. Comprender esta variabilidad temporal es esencial para garantizar la gestión sostenible de los recursos hídricos, proteger la salud humana y el ecosistema acuático.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será la variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de Chimu en el lago Titicaca - Puno durante el periodo 2018 a 2023?

1.1.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será la variación temporal de los parámetros físicos de agua frente a la captación de Chimu en el lago Titicaca Puno?
- ¿Cuál será la variación temporal de los parámetros químicos de agua frente a la captación de Chimu en el lago Titicaca Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Aveiga et al. (2019) determinaron las fluctuaciones físico-químicas en la calidad del agua del río Carrizal. Calcularon un nuevo índice de calidad del agua llamado Índice de Dureza, que incluye Alcalinidad, ORP, Dureza, Conductividad, Sólidos Suspendedos, Sólidos Totales. Con este índice demostraron que la concentración de los minerales calcio, magnesio, sulfatos y carbonatos aumentó junto con la concentración de sólidos en

el agua, al igual que el potencial REDOX y la conductividad eléctrica, que aumentaron desde la cuenca superior hacia la cuenca inferior del río Carrizal.

Gomez et al., (2020) analizaron el perfil espaciotemporal de parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua en la Laguna de Fúquene. Realizaron dos muestreos de calidad del agua en abril y octubre de 2019 en diferentes puntos geográficos de la laguna, donde evaluaron la variación espacial de las concentraciones de los parámetros como oxígeno disuelto, pH, conductividad y ORP; así como la concentración de amoníaco. El continuo aporte de contaminantes ha superado la capacidad de la laguna.

Cumbal y Ordoñez (2023) determinaron la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca del río Sicalpa. Indican que los parámetros físico-químicos y microbiológicos muestran diferencias significativas entre las microcuencas superiores e inferiores, las cuales presentaron altos índices de muestreo (ICA de 67.90, 68.01, 68.07 y 68.42) indicando agua de calidad normal.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Enrique et al., (2021) evaluaron la calidad del agua de dos canales comparándolos con las categorías 3 y 4 de los estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua y determinaron el índice de calidad del agua (ICA-UWQI). Los valores que obtuvieron al medir pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica son 7,3, 3,3 gm/L y 62,1 μ S/cm; a partir del promedio anual del período 2019-2021. Asimismo, el ICA-UWQI alcanzó un valor de 45,63, lo que corresponde a una calificación marginal, es decir que es fácilmente influenciado debido a su proximidad a la población y las fábricas.

Orizano (2022) realizó análisis y evaluaciones en los parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos en el estudio de la calidad del agua destinada al consumo humano en la población de la zona rural de los distritos de Chontabamba y Oxapampa, obteniendo como resultado que en el distrito de Chontabamba el 57,64 % cumple con los parámetros físico-químicos y microbiológicos del DS N° 031-2010-SA y el 42,36% no cumplen con los parámetros. Y en el Distrito de Oxapampa el 62.50% no cumple con los parámetros físico-químicos y microbiológicos y el 37.50% no cumple con el DS N° 031-2010-SA.

Gómez (2022) evaluó la calidad del agua superficial utilizada para consumo humano en el distrito de Yanahuanca utilizando algunos indicadores físico-químicos y microbiológicos con un multiparámetro HANNA HI 98194 que midió temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y pH. Los resultados muestran que todos los parámetros estudiados no superan los límites máximos permisibles establecidos en las normas de calidad ambiental, lo que demuestra que el agua es de buena calidad.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Turpo (2018), al estudiar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua cruda del Sector Chimú, sus resultados muestran que la conductividad supera los estándares de calidad ambiental categoría 4 con un promedio de 396,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, expresando un exceso de sales en forma ionizada. y los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados en el sector Chimú y en el PTAP Aziruni no concuerdan con todas las ECA y LMP, por lo que confirma que no tienen la calidad óptima.

Menendez (2018) realizó un estudio en el río Coata en los meses de diciembre de 2015 a febrero de 2016; encontrando en la zona A: pH (7,51), T (12,94 °C), CE (1120 $\mu\text{S}/\text{cm}$), SDT (553 mg/L), sulfatos (73,46 mg/L), nitratos (0,09 mg/L), DBO (30,56 mg/L), bacterias coliformes fecales (48 NMP/100 m,) en la zona B: pH (7,48), T (12,60 °C), CE (1112 $\mu\text{S}/\text{cm}$), STD (553,80 mg/L), sulfatos (75,61 mg/L), nitratos 0,13 mg/L, DBO (30,92 mg/L), bacterias coliformes fecales (574 NMP/100 mL), bacterias coliformes termotolerantes (26.83 NMP/100 ml) y en la zona C: pH (7,53), T (12,34 °C), CE (1118 $\mu\text{S}/\text{cm}$), STD (562 mg/L), sulfatos (75,48 mg/L), nitratos (0,10 mg/L), DBO (21,37 mg/L), bacterias coliformes fecales (88 NMP/100 mL), bacterias coliformes termotolerantes (13.42 NMP/100 ml).

Lino (2021) determinó el índice de calidad del agua de la bahía principal del Lago Titicaca en el periodo 2015-2020, considero ocho parámetros: pH, sólidos disueltos totales, turbidez, porcentaje de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), termotolerancia a fosfatos, nitratos y coliformes, revelando una variación de la calidad del agua a través del tiempo permitiendo inferir sobre las tendencias de deterioro o recuperación de las Bahías desde el año 2015 al 2020.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de Chimu en el lago Titicaca - Puno, durante el periodo 2018 a 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O1. Determinar la variación temporal de los parámetros físicos del agua frente a la captación de Chimu en el lago Titicaca - Puno.

O2. Determinar la variación temporal de los parámetros químicos del agua frente a la captación de Chimu en el lago Titicaca - Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. EL AGUA COMO CUERPO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO

El agua es un compuesto de características únicas, esencial para la vida, el más abundante en la naturaleza y factor determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan el medio natural (García et al., 1998).

Están contaminadas por el vertimiento de aguas residuales no tratadas, así como por obstrucciones de áreas utilizadas para actividades agrícolas y ganaderas. Aunque las cuestiones hídricas se centran principalmente en las necesidades humanas, es importante resaltar la importancia del agua como clave para el funcionamiento y mantenimiento de los ecosistemas naturales y su biodiversidad. Sin agua, los ecosistemas naturales se degradan, perderán biodiversidad y, por lo tanto, reducirán la calidad de los servicios ambientales que sustentan a la sociedad (Semarnat, 2011).

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

Un elemento importante en nuestra vida diaria es el agua, necesaria para diversas actividades del sector financiero. Asimismo, el agua es un recurso limitado, pero aún protege casi el 70% de la superficie terrestre; pero sólo el 2,5% es limpio y sólo el 0,3% es accesible al hombre. Incluso en zonas con precipitaciones excesivas y extensos humedales hidrográficos, la sobrepesca y la mala gestión han limitado gravemente la disponibilidad de agua. La construcción de comunidades sostenibles requiere agua confiable y segura. No sorprende que las actividades relacionadas con el agua sean a

menudo muy controvertidas en relación con los derechos de agua, a pesar de que han estado bien protegidas durante muchos años (Juárez, 2023).

Según la OMS, el agua se puede resumir como el estado en el que se encuentra respecto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de haber sido modificada por la acción humana. El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en una preocupación global debido al aumento de la población humana, la expansión de las actividades industriales y agrícolas y la amenaza del cambio climático que provoca cambios significativos en el ciclo hidrológico (Baeza, 2016).

Estas fuentes se ven afectadas por diferencias en la descarga de aguas residuales sin un tratamiento adecuado de los recursos naturales y reducen su potencial para un uso posterior. Diversas exigencias sobre los recursos imponen ciertos límites permisibles a la calidad del recurso; por ejemplo, el agua con un alto contenido de sal no es apta para el riego. La industria y el procesamiento de minerales tienen sus propios requisitos de calidad (Rosazza, 2009).

2.1.3. CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL

El Perú tiene una cantidad relativamente grande de agua superficial. Sin embargo, su calidad es muy importante en determinadas regiones hidrológicas. Las principales causas de la mala calidad del agua son el tratamiento inadecuado de las aguas residuales domésticas, la descarga de aguas residuales sin tratar, la mala gestión de los residuos sólidos y la falta de responsabilidad ambiental de la minería ilegal, las empresas de extracción de hidrocarburos, la agricultura excesiva y la superpoblación (MINAN, 2015).

2.1.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Estas acciones impactan a todos y no se limitan a unos pocos. Por tanto, tenemos la obligación de trabajar juntos para la preservación de los enormes recursos que tenemos y que son tan valiosos para la sociedad y nuestra propia supervivencia. Realiza la mayoría de nuestras actividades diarias. En este contexto, la calidad del agua puede verse afectada por cambios químicos, físicos o biológicos que pueden dañar a los organismos

que la consumen. El consumo humano de agua contaminada a menudo resulta en los problemas de salud que se analizan a continuación (Guadarrama et al., 2016).

Debido a su naturaleza persistente, los metales pesados, incluidos el plomo, cadmio, cromo, zinc y mercurio, entre otros, representan una grave amenaza para todos los seres vivos del planeta. En su mayoría son liberados en ecosistemas acuáticos y terrestres como resultado de actividades humanas irresponsables. Es tóxico incluso en bajas concentraciones, es bioacumulable y no biodegradable. El hecho de que estos metales están presentes en diversos ecosistemas es motivo de gran preocupación porque muchos organismos dependen de un entorno equilibrado para alimentarse y refugiarse. La forma en que estos metales ingresan a los ecosistemas depende del tipo de actividad humana (Pabón et al., 2020). Asimismo, García et al., (2002), manifiesta que la causa fundamental de la contaminación del agua son los metales pesados debido al vertimiento de aguas residuales de diversas actividades humanas, especialmente las de carácter industrial. Debido al uso continuo de estos metales en la industria, las fuentes de agua tienen niveles de contaminación cada día mayores, aumentando con ello la acumulación de estos metales tanto en el agua como en el suelo.

El problema de la contaminación del agua en el Perú crece a la par del desarrollo urbano y la actividad económica, la cual merece especial atención por sus impactos negativos como pasivo ambiental residual de actividades mineras anteriores, daños causados por la minería ilegal, industria pesquera, grandes ciudades y agrícola (Rosazza, 2009).

El crecimiento demográfico hace que los ríos, lagos y mares se conviertan en vertederos de todo tipo de residuos, como los residuos del aceite usado. Por lo tanto, podemos demostrar que el nivel de contaminación natural aumenta a medida que aumenta el desarrollo urbano. Y en esta contaminación el agua juega un papel importante porque es un medio de transporte (Brack et al., 2006).

2.1.5. TIPOS DE CONTAMINACIÓN

Los contaminantes son sustancias que ingresan al medio ambiente, incluidos los recursos hídricos, y que pueden tener un impacto negativo en la salud humana, los ecosistemas y

otros organismos vivos. Según (Sepúlveda, 1999) se clasifican en:

- a) **Fuentes naturales:** Como resultado de la circulación natural, el agua puede entrar en contacto con determinados contaminantes, la atmósfera y la corteza terrestre. Ejemplos de esta contaminación son los depósitos aluviales o las erupciones volcánicas que pueden cambiar la temperatura del agua y dañar los ecosistemas acuáticos.
- b) **Fuentes artificiales:** Es un depósito de desechos líquidos y sólidos en el agua debido a las actividades humanas. Estas pueden ser aguas residuales del sistema de alcantarillado que salen a través de tuberías, residuos de procesos industriales, pesticidas, insecticidas, etc.

2.1.6. LOS CONTAMINANTES

Según Sepúlveda (1999) pueden clasificarse en tres tipos:

- a) **Contaminantes físicos:** Pueden ser partículas emitidas por fuentes estacionarias o aire contaminado, o agua caliente que fluye hacia los cursos de agua, cambiando así la temperatura ambiental. De esta manera, los ríos son contaminados por vertidos de aguas residuales, vertidos de residuos mineros y fluidos industriales (RILES), los lagos, las industrias pesquera y salmonera, así como el agua de lluvia que se convierte en lluvia ácida.
- b) **Contaminantes químicos:** Estos materiales persisten durante mucho tiempo en el agua, no suelen ser biodegradables y proceden de fuentes domésticas o industriales. Estos materiales pueden provenir del petróleo, fertilizantes, pesticidas, solventes industriales, sales de metales pesados, agentes de limpieza y plásticos. El más grave es la contaminación de las aguas subterráneas. Esto ocurre cuando los vertederos están mal construidos o cuando los desechos tóxicos no se manejan adecuadamente.
- c) **Contaminantes biológicos:** Son residuos orgánicos como fertilizantes y alimentos que se encuentran en los vertederos de aguas residuales. Causan cólera, fiebre tifoidea, hepatitis y otras enfermedades infecciosas en humanos al beber agua contaminada o comer alimentos que han sido rociados o lavados con el líquido. Para medir el nivel de contaminación biológica en el agua se debe comprobar la presencia de

bacterias coliformes procedentes del intestino humano. Para el riego, generalmente se acepta que el agua no contenga más de 1000 bacterias coliformes por 100 mm de agua, mientras que el agua potable debe estar libre de estas bacterias.

Contaminantes de Fuentes Puntuales y No Puntuales:

- **Fuentes Puntuales:** Son descargas de contaminantes desde un lugar específico, como una tubería de alcantarillado.
- **Fuentes No Puntuales:** Son descargas de contaminantes de múltiples fuentes difusas, como escurrimientos urbanos o agrícolas.

2.1.7. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Cada cuerpo de agua exhibe un patrón individual de propiedades físicas y químicas, que están determinadas por condiciones climáticas, geomorfológicas y geoquímicas que prevalecen en los sistemas de aguas superficiales y subterráneas de la zona de captación (García et al., 1998).

2.1.8. VARIACIONES TEMPORALES

Las fluctuaciones en la calidad del agua son una de las principales características de varios tipos de masas de agua y están determinadas por las propiedades hidrodinámicas de la masa de agua receptora. La calidad del agua varía en tres dimensiones y luego cambia según la dirección del flujo y el tiempo de descarga. Como resultado, la calidad del agua no se puede medir en un solo punto de un cuerpo de agua y a veces requiere una red de lugares de muestreo (García et al., 1998).

Las fluctuaciones temporales del agua pueden explicarse examinando las concentraciones o determinando las tasas de sedimentación, degradación o transporte (García et al., 1998).

2.1.9. LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL PERÚ

❖ Estándares de calidad ambiental del Agua

El código de aguas del Perú para el uso y desarrollo de los recursos hídricos, vigente desde hace siete décadas, comenzó en el siglo XIX como una herramienta que permitió

consolidar el control sobre la agricultura. La situación cambió drásticamente en julio de 1969, cuando se emitió el decreto Ley General de Aguas número 17752, que introdujo varios cambios en la normativa para el uso y desarrollo de los recursos hídricos hasta que se estableció y aprobó el MINAM (ANA, 2009).

El MINAM, en diciembre del 2015, estableció la modificación de los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado con el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Estos valores se definen como niveles de parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua receptora que no suponen un riesgo para la salud humana ni el medio ambiente. También es un instrumento que ayuda a determinar el nivel de concentración de elementos físicos y químicos presentes en el agua.

❖ **Decreto Supremo N° 0004 – 2017 – MINAM**

En 2017, el MINAM con D.S N° 004-2017-MINAM aprobó normas de calidad de agua y establece normas adicionales encaminadas a combinar con D.S N° 002-2008-MINAM, D.S N° 023-2009-MINAM y D.S. N° 015-2015-MINAM, acordar ECA-Agua y cumplir con lo dispuesto en el presente Decreto Supremo. Esta norma modifica y excluye algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de ECA-Agua, y mantiene otros valores aprobados por el Decreto Supremo (ANA, 2009).

Artículo 1. Objeto de la Norma

La presente norma tiene como objetivo incorporar las disposiciones aprobadas por el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Decreto Supremo No. 023-2009-MINAM y Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueba Normas de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, siguiendo lo establecido en este Decreto Supremo y sus anexos. Esta norma cambia y excluye algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías del ECA, y mantiene otros valores aprobados por el Decreto Supremo mencionado anteriormente (MINAM, 2017).

Artículo 2.- Aprobación de Normas de Calidad Ambiental del Agua Las Normas de Calidad Ambiental del Agua (ECA) se aprueban como anexo que forma parte inseparable

del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de normas de calidad ambiental del agua Al implementar los ECA de agua se tendrán en cuenta los siguientes puntos.

Categoría 1: “Poblacional y recreacional”

a) Subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”

Se entiende por agua que ha sido pretratada para consumo directo:

Artículo 1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Sus características de calidad cumplen con los requisitos para el suministro de agua potable al público mediante una simple desinfección, de acuerdo con la normativa aplicable.

Artículo 2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Se entiende que el agua destinada al consumo humano es generalmente tratada mediante dos o más de los siguientes procesos: coagulación, floculación, decantación, sedimentación y/o filtración; incluida la desinfección según normativa aplicable.

Artículo 3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Por agua se entiende el agua destinada al consumo humano que ha sido sometida a procesos convencionales, incluidos procesos físicos y químicos avanzados como precloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos similares que determine la autoridad competente.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1. La Agencia del Agua es el organismo responsable de asignar las categorías especificadas en este Decreto Supremo a cada cuerpo de agua natural según sus condiciones naturales o niveles de fondo de acuerdo con el marco legal aplicable.

4.2. Si se definen dos o más categorías posibles para un área particular de un cuerpo de agua natural, la ANA determina la categoría aplicable con prioridad para uso público.

Tabla 01: Estándares de Calidad Ambiental (ECA)-Agua, categoría 4-E1 (Conservación del medio acuático).

Parámetros	Unidad de Medida	E1: Lagunas y Lagos
Físico-Químico		
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)
Clorofila A	mg/L	0,008
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ 1000	$\mu\text{S/cm}$	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5
Fenoles	mg/L	2,56
Fósforo Total	mg/L	0,035
Nitratos (NO_3^-) (c)	mg/L	13
Amoniaco Total .	mg/L	(1)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25

Sulfuros	mg/L	0,002
Temperatura	°C	Δ 3

Fuente: ECAs-Agua (2017)-Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio.

5.1. Los parámetros de análisis del control de vertidos de aguas, que sirven de referencia obligatoria en el desarrollo y uso de herramientas de gestión ambiental, se establecen teniendo en cuenta las siguientes variables:

I) Condiciones naturales que caracterizan el estado de calidad ambiental de las aguas superficiales que no son modificadas por factores humanos.

II) Agua natural, caracterizada por la constante calidad ambiental de las aguas superficiales como consecuencia de las actividades humanas.

III) Los valores de fondo en aguas naturales proporcionan información sobre la concentración de sustancias físicas, químicas o biológicas o principios activos de origen natural o artificial en el agua.

IV) El impacto de otros vertidos en la zona, teniendo en cuenta los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se produzcan antes y después del vertido de aguas residuales y si afectan al estado actual de la calidad ambiental de las aguas naturales donde se desarrolla la actividad.

V) Actividades que puedan afectar la calidad ambiental de las aguas naturales u otras condiciones ambientales especiales.

5.2. El uso de áreas de control de vertidos de aguas como referencia obligatoria se refiere a los parámetros determinados, en su caso, teniendo en cuenta las variables de las figuras anteriores y no necesariamente incluye todos los parámetros determinados para la categoría o subcategoría correspondiente.

2.1.10. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DEL ESTUDIO

Parámetros Físicos del Agua.

- **Temperatura.**

Este parámetro puede influir mucho en la calidad del agua, ya que determina otras propiedades y procesos que tienen lugar, como: la viscosidad, la solubilidad de gases y sales, los procesos fisiológicos de los organismos que provocan cambios en su metabolismo y la reproducción de ciertos microorganismos, etc. La temperatura fluctúa anualmente debido al tiempo y al clima. Esta variación es común en el ecosistema fluvial ya que determina la riqueza y abundancia de organismos (Landeró, 2019).

- **Conductividad Eléctrica (C.E.)**

Es una expresión numérica para la capacidad de una solución de pasar una corriente eléctrica a través de sí misma y se utiliza para determinar la salinidad del agua. La capacidad de transmitir corriente eléctrica se expresa en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta capacidad depende de la presencia de los iones y su concentración total, su movilidad, valencia y concentración relativa, y la temperatura del agua (MINSA, 2009).

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Se consideran sólidos suspendidos las sustancias suspendidas o disueltas en agua, partículas como arcilla, limo y otras: se transportan en el agua de dos maneras: por resistencia al agua o están en suspensión estable. Los ríos con alta concentración de sólidos en suspensión pueden provocar reacciones adversas a los consumidores, afectando tanto la calidad como la cantidad del agua (Ocasio, 2008).

Su aparición en aguas naturales está relacionada con factores estacionales y regímenes de escorrentía y está influenciada por las precipitaciones. Su concentración varía de un lugar a otro dependiendo de la hidrodinámica del canal, suelo, cobertura vegetal, fondo, rocas y actividades antropogénicas como agricultura, minería y otras. La evaluación de la calidad del agua es muy útil ya que afecta la claridad del agua y la penetración de la luz, la temperatura y el proceso de fotosíntesis (ANA, 2009).

- **Oxígeno Disuelto (OD).**

Es vital para todos los organismos acuáticos. Los niveles de oxígeno disuelto pueden ser un indicador de contaminación del agua. Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno atmosférico que se ha disuelto en el agua. Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas; Por ejemplo, en un día soleado en áreas con muchas algas o plantas, la fotosíntesis produce altos niveles de OD. La turbulencia del flujo también puede aumentar los niveles de oxígeno a medida que el aire queda atrapado debajo del agua que se mueve rápidamente y se disuelve en el agua (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

Parámetros Químicos del Agua.

- **Potencial Hidrógeno (pH)**

Determine si una sustancia es ácida, neutra o básica calculando la cantidad de iones de hidrógeno presentes. Se calcula para estimar un impacto por acidez o alcalinidad provocado por acciones naturales o antropogénicas. Los valores de pH inferiores a 7 indican que una sustancia es ácida, los valores de pH superiores a 7 indican que la sustancia es básica y el pH 7 indica que la sustancia es neutra (MINSa, 2009).

- **Nitratos (NO_3^-)**

Representan las especies que contienen nitrógeno más abundantes e interesantes de todas las aguas naturales. Los nitratos pueden surgir de las rocas que los contienen o de la oxidación bacteriana de la materia orgánica. Son excretados principalmente por los animales, así como mediante el uso de fertilizantes y el crecimiento de nitratos en la población (MINSa, 2009).

Los nitratos causan un raro problema de contaminación y también promueven la eutrofización. Los nitratos inorgánicos se forman de forma natural mediante la descomposición de compuestos que contienen nitrógeno como proteínas, urea, etc. Esta descomposición produce amoníaco o amonio (MINSa, 2009).

- **Clorofila "A"**

Indica la calidad del agua en función de la concentración de fitoplancton. Este parámetro proporciona información sobre la cantidad de biomasa presente en el medio acuático

analizado (Jeffrey y Humphrey, 1975).

2.1.11. MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Tiene como objetivo preservar y proteger la calidad de las aguas continentales y marinas del impacto de la contaminación, con el objetivo de crear un ecosistema acuático equilibrado, al considerarlo como un indicador de la calidad óptima del recurso, brindando así beneficios al ecosistema acuático. medio ambiente y salud pública (ANA, 2016).

Con base en lo anterior, los protocolos de monitoreo de la calidad del agua de los recursos hídricos son elaborados por la Autoridad Nacional del Agua y consensuados por las entidades que integran el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, con el fin de estandarizar los procedimientos técnicos para el monitoreo de la calidad del agua continental, aguas marinas y residuos de diversos sectores de la actividad gubernamental y del sector privado peruano; esto también permitirá la implementación del Plan Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua en Perú (ANA, 2016).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Agua superficial:** Se trata de fuentes de agua en la superficie terrestre, como ríos, lagos, embalses, pequeños arroyos y océanos. Se utiliza para abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía hidroeléctrica, actividades recreativas y mantenimiento de ecosistemas acuáticos.
- **Agua subterránea:** Se trata de agua almacenada en acuíferos subterráneos. Es importante para el suministro de agua potable, así como para la agricultura y la industria en muchas zonas. También son menos susceptibles a la evaporación y la contaminación que las aguas superficiales.
- **Calidad De Agua:** Se basa en la medición y análisis de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos que influyen en el estado y uso del agua.
- **Clorofila "A":** Es un parámetro ambiental que determina la biomasa del fitoplancton. Todas las plantas verdes contienen clorofila A, que constituye aproximadamente del 1 al 2% de la masa seca de todo el fitoplancton.

- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA):** Son valores de concentración específicos de determinados contaminantes en cualquier forma, como sustancias biológicas, químicas y físicas del agua, que actúan como adsorbentes y, de cumplirse, no suponen un impacto adverso para el medio ambiente ni un riesgo para la salud.
- **Fosfatos:** Son sales de ácido fosfórico; Compuestos de fósforo que limitan los nutrientes en el agua, tanto estancada como corriente. Los fosfatos se encuentran en fertilizantes y detergentes y pueden ingresar al agua a través de escorrentías agrícolas, desechos industriales y aguas residuales. Cuando entra demasiado fosfato al agua, el crecimiento de las plantas prosperará y las algas crecerán rápidamente (MINSA, 2009).
- **Monitoreo:** Realice un seguimiento y pruebe todos los parámetros, ya sean microbiológicos, físicos, químicos o cubiertos por normativa. Aparte de eso, también cabe señalar que existen factores que plantean riesgos cuando se implementa el sistema de entrega.
- **Nitrato:** Se deriva del ácido nítrico (HNO_3), soluble en agua y generalmente más estable que los ácidos de los que derivan. Se forman en agua mediante la oxidación del amoníaco y la reducción del nitrato. Es altamente reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que sólo se produce en grandes cantidades con un bajo enriquecimiento de oxígeno (MINSA, 2009).
- **Límites Máximos Permisibles:** Estos son los valores establecidos por las autoridades gubernamentales, reguladores para ciertos químicos, contaminantes o factores ambientales que se consideran seguros para la salud humana o el medio ambiente en general, si el valor cae por debajo de estos valores. Los LMP se utilizan principalmente en el campo de la regulación ambiental y la salud ocupacional para proteger a los humanos y al medio ambiente de posibles impactos adversos asociados con la exposición a sustancias peligrosas.
- **Oxígeno disuelto:** Este es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua superficial; su presencia en el agua está relacionada con el aporte de oxígeno a la atmósfera y la fotosíntesis en los cuerpos de agua (ANA, 2009).

- **Potencial Hidrógeno (pH):** Esto está determinado por la geología de la cuenca y controlado por el equilibrio dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato (ANA, 2009).
- **Recursos hídricos:** Estos términos se refieren a cualquier fuente de agua que pueda ser utilizada por comunidades humanas y ecosistemas para diversos fines. Estas fuentes de agua incluyen ríos, lagos, embalses, arroyos, aguas subterráneas, glaciares y océanos. El acceso al agua de alta calidad es esencial para una variedad de necesidades humanas y ecológicas, y el agua es un recurso esencial para todas las formas de vida.
- **Silicatos:** Los silicatos están ampliamente distribuidos en la superficie terrestre y en las aguas subterráneas; se encuentran disueltos en agua, suspendidos y en estado coloidal. Para algunas plantas acuáticas, especialmente las diatomeas, el ácido silícico es un elemento importante que absorbe durante el crecimiento y se libera nuevamente durante la descomposición, provocando fluctuaciones en la concentración, especialmente en los lagos (García et al., 1998).
- **Transparencia:** Estas mediciones se realizan in situ y, por tanto, incluyen programas de muestreo periódicos, especialmente en lagos y embalses. Este valor se determina sumergiendo el disco de Secchi en una columna de agua hasta perderlo de vista, y esta profundidad es registrada por el cable calibrado que lo transporta (García et al., 1998).

2.3. MARCO NORMATIVO

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- D.L. N° 997, que establece la naturaleza jurídica, ámbito de competencia, las funciones y la organización interna del Ministerio de Agricultura, modificado por Ley N°30048.
- D.S. N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, modificado por el D.S. N° 006-2017-AG.
- D.S. N° 006-2010-AG, Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad

Nacional del Agua.

- D.S. N° 006-2015-MINAGRI que aprueba la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.
- D.S N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.
- R.J. N° 202-2010-ANA, Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marinos Costeros.
- R.J. N° 010-2016-ANA, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial.
- R.J. N° 030-2016-ANA, Clasificación de Cuerpos de Agua Marino Costeros.
- R.J. N° 042-2016-ANA, aprueban la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos.

2.4. HIPOTESIS DE INVESTIGACION

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de Chimú, en el lago Titicaca, presenta significativos cambios en los parámetros físico-químicos.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros físicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca - Puno, superan los Estándares de Calidad Ambiental del agua.
- Los parámetros químicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca - Puno, superan los Estándares de Calidad Ambiental del agua.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

Se llevó a cabo en la provincia de Puno, en el Centro Poblado de Chimu frente a la zona de captación de agua del lago Titicaca.

El lago Titicaca cuenta con una superficie total de 8.167 km² y está ubicado en las tierras altas entre Perú y Bolivia, a una altitud de 3.810m sobre el nivel del mar. Se consideran tres áreas: Se trata de un gran lago con una superficie de 6.311 km² y una profundidad máxima de 281 m. Un nuevo pequeño lago con una superficie de 1.292 km² y una profundidad máxima de 45 m. Y la Bahía de Puno tiene 564 km² y una profundidad máxima de 30 m.

3.1.1. LOCALIZACIÓN

Nombre de la fuente de captación:

“Captación de agua Chimu- Puno”

Generalidades:

Región/Departamento/Provincia : Puno/Puno/Puno

Distrito : Puno

Región geográfica : Sierra

Fuente : Lago Titicaca

Coordenadas : 19 L

396999 E 8247296 N

3820 msnm

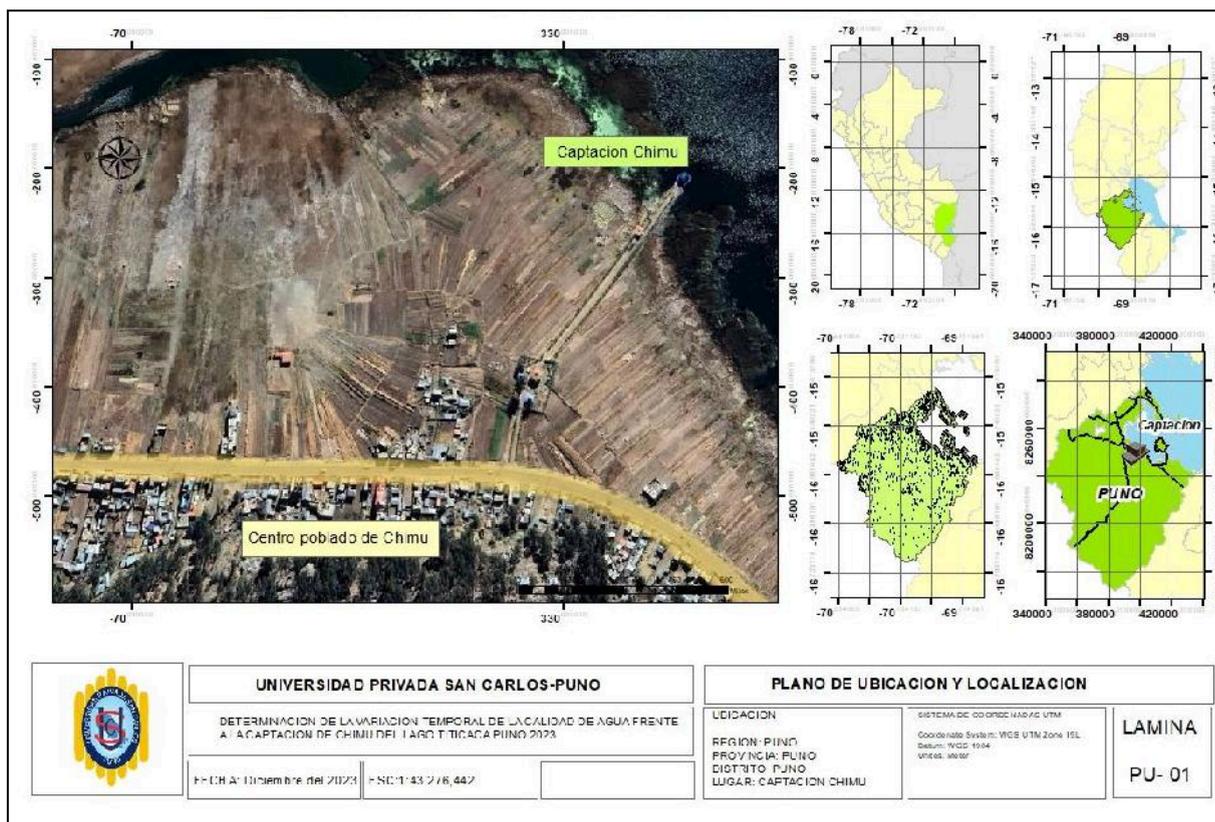


Figura 01: Ubicación Geográfica de la zona de estudio .

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Se ejecutó en el centro poblado de Chimú en el distrito de Puno, provincia de Puno, departamento de Puno. El punto de muestreo está frente a la zona de captación de agua que se ubica en el CC. PP de Chimú.

3.2.2. MUESTRA

Se tomó en consideración solo 1 punto fijo de monitoreo que se encuentra a 13 metros aproximado de la zona de captación de agua en el lugar del CC.PP. de Chimú, en el lago Titicaca para la determinación de los parámetros físico químicos del agua.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Enfoque de Investigación: Cuantitativa

Tipo de Investigación: Descriptivo

Diseño de Investigación: No experimental

Según señala Hernández, et al (2014), los diseños de investigación longitudinal no experimental son estudios realizados sin manipulación de las variables, en los que solo se observan los fenómenos en su entorno natural para analizarlos en el que se recogen. Datos en diferentes momentos, es decir, en diferentes momentos. Su propósito es describir variables en un momento específico. Los diseños longitudinales descriptivos examinan la frecuencia de categorías o niveles de una o más variables en una población; Se trata de estudios puramente descriptivos.

El diseño de la investigación fue no experimental y longitudinal, ya que los fenómenos se observaron tal como ocurren en su contexto natural; La base de datos se utilizó para recolectar datos del lago Titicaca, centro poblado de Chimú según el IMARPE.

M - O

Donde:

M=Muestra del lago Titicaca, Centro Poblado de Chimú

O=Observación (información) de variables de la calidad del agua.

3.3.1. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La ubicación del punto de muestreo fue un solo punto frente a la captación de agua en el centro poblado de Chimú.

Tabla 02: Coordenadas geográficas del punto de estudio.

UTM	ESTE	NORTE	ALTITUD
19L	307014	8247311	3820

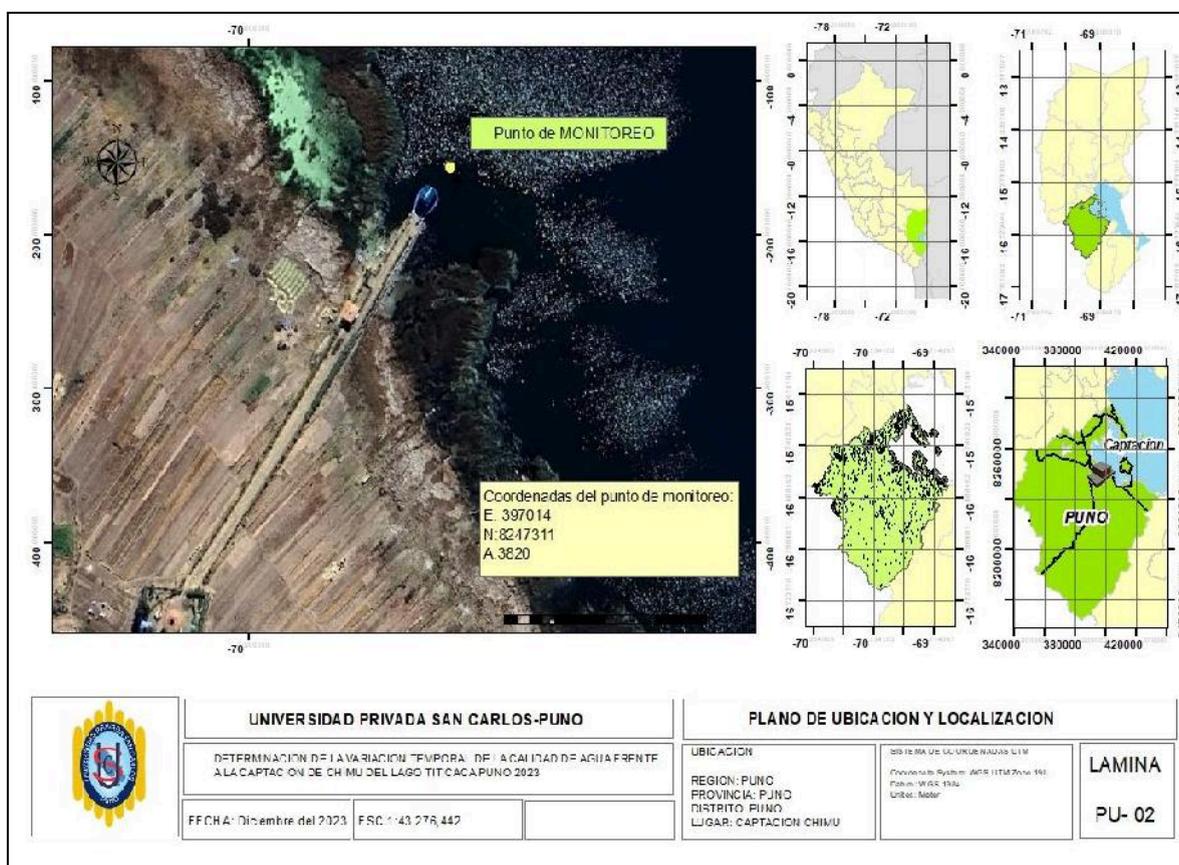


Figura 02: Ubicación del punto de monitoreo.

O1: Determinar la variación temporal de los parámetros físicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca - Puno 2023.

- Se realizó la revisión y análisis de los datos por año y mes proporcionados por IMARPE (ver anexo N° 03).

O2: Determinar la variación temporal de los parámetros químicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca - Puno 2023.

- Para el cumplimiento del objetivo específico 2, se realizó la revisión y análisis de los datos por año y mes proporcionados por IMARPE (ver anexo N° 03).

Tabla 03: Parámetros seleccionados para análisis de la calidad del agua .

Parámetros
Potencial Hidrógeno (pH)
Conductividad eléctrica
Temperatura
Oxígeno disuelto
Sólidos suspendidos totales
Nitratos
Clorofila "A"

3.3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS

La recolección de datos se realizó por medio de la plataforma virtual del Instituto del Mar del Perú, en donde se encuentra la base de datos de todos los monitoreos realizados por cada año en el Lago Titicaca, considerados en el presente estudio, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- Se solicitó al Instituto del Mar del Perú.
- Se ingresó a la plataforma virtual del Instituto del Mar del Perú.
- Se identificó el punto fijo (Chimu).
- Se ingresó a los monitoreos del año (2018, 2019, 2020,2021,2022,2023).

3.3.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.3.3.1. Procesamiento

- Los parámetros recopilados fueron sistematizados en una base de datos para lo cual se hizo uso del google Drive - hoja de cálculo.
- Los resultados que se obtuvieron se analizaron en el DRIVE, ANDEVA - TUKEY para la generación de las tablas y figuras en el programa de InfoStat.

- Las técnicas que se emplearon en la presente tesis fueron las gráficas en barras, de la misma forma se empleó la estadística descriptiva como valor mínimo, máximo, promedios y desviación estándar.

3.3.3.2. Representación de Datos

Se empleó la estadística descriptiva para la recolección y representación estadística de los datos, de los parámetros de calidad del agua, desarrollando tablas de contingencia y gráficos de barras con el fin de explicar los datos obtenidos.

3.3.4. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

En esta investigación no se presenta la descripción de la prueba de hipótesis debido a que la tesis es de nivel descriptivo y la formulación del problema no es proposicional.

3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación

Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida
V.I. Variación Temporal	Parámetro s Físicos	-Temperatura	°C
		-Conductividad Eléctrica	uS/cm
V.D. Calidad de Agua (ECAs)	Parámetro s Químicos	- Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
		- pH	
		- Oxígeno Disuelto	
		-Nitrato	mg/l
		-Clorofila "A"	mg/l

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Variación Temporal

Variable dependiente: Calidad de Agua (ECA).

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

En este estudio se utilizó la técnica no experimental, para determinar la variación temporal de la mejora en la calidad de agua de los objetivos de la investigación mediante la obtención de resultados y el análisis de las conclusiones, con el fin de incrementar la información.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA.

4.1.1. TEMPERATURA (°C)

Tabla 05: Resultados de la variación temporal de la Temperatura (°C) en los periodos 2018 a 2023.

Año	Estación	Longitud	Latitud	Distancia (m)	Profundidad de muestreo (m)	(°C)	ECA
2018	E01	-69.96224	-15.85161	13.6	0.5	15.35	
2019	E01	-69.96224	-15.85161	12.8	0.5	15.70	
2020	E01	-69.96224	-15.85161	14.4	0.5	17.10	
2021	E01	-69.96224	-15.85161	12.3	0.5	13.61	Δ 3
2022	E01	-69.96224	-15.85161	12.1	0.5	14.93	
2023	E01	-69.96224	-15.85161	12.5	0.5	14.15	

Fuente: IMARPE (2018-2023)

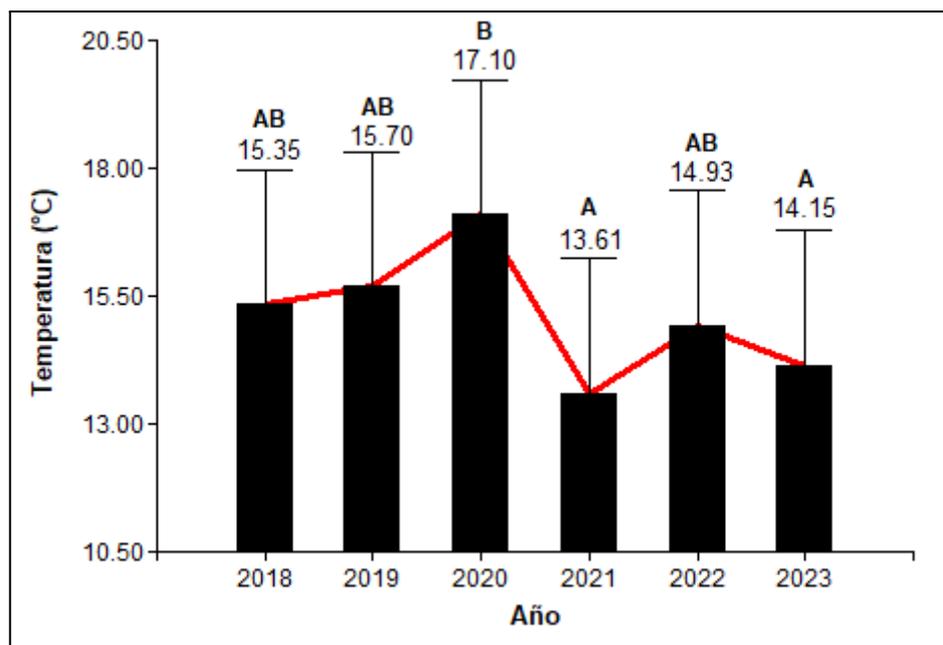


Figura 03: Distribución de medias de la Temperatura del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la presente figura N°03, después de realizar un análisis de comparación de medias mediante ANDEVA y la prueba de Tukey, se determina que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las temperaturas medias registradas en distintos años ($p = 0.1379$). Es importante destacar que la mayor disparidad se observa entre los años 2020 (17.10) y 2019 (15.70), mientras que las diferencias son menores en comparación con los años 2018, 2021, 2022 y 2023.

Tabla 06: Comparación de los datos de temperatura (°C) con los ECA- categoría 4, de la evaluación trimestral durante el periodo 2018 a 2023.

Año	Mes	Temperatura (°C)
2018	Marzo	16.50
	Junio	12.60
	Setiembre	14.70
	Noviembre	17.60
2019	Marzo	16.00
	Junio	12.80
	Setiembre	15.60
	Diciembre	18.40
2020	Marzo	17.10
2021	Julio	12.47
	Setiembre	14.74
2022	Abril	16.20
	Julio	12.50
	Setiembre	14.50
	Noviembre	16.50
2023	Junio	12.50
	Setiembre	15.80

Fuente: IMARPE (2018-2023)

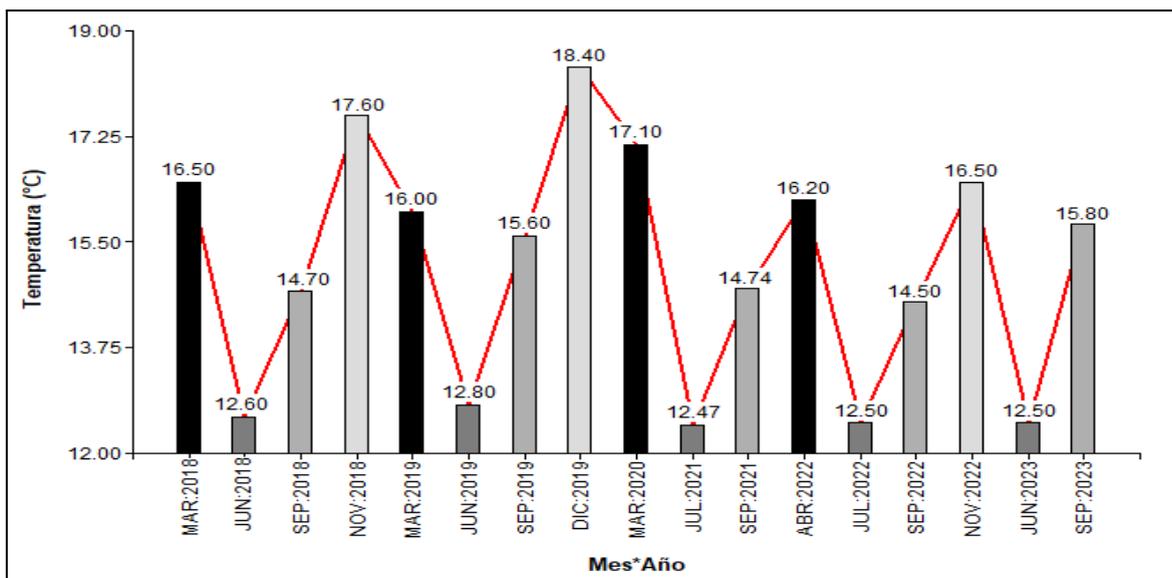


Figura 04: Distribución de la Temperatura de los meses registrados del año 2018 a 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.

Como se observa en la figura N° 04 en el 2018, 2020 y 2022 la temperatura más alta fue registrada en el mes de noviembre (17.60 °C), marzo 17.10°C y noviembre (16.50°C) a diferencia del 2019 donde se registró la temperatura más alta en el mes de diciembre (18.40 °C); como se observa en la tabla N° 07, en el 2018 a 2023 desde el mes de marzo al mes de junio existe una variación de -4 °C estando esto fuera del límite establecido en el ECA del agua de la categoría 4, esto podría deberse a que en el departamento de Puno, provincia de Puno durante el mes de abril a julio entramos en una época de invierno por lo que se presume la disminución drástica de temperatura en el mes de junio a julio. En cuanto al 2020 y 2021 no cuenta con los datos completos debido a la pandemia del COVID-19 y en el año 2023 del mes de marzo por la coyuntura por la que estaba pasando el Perú, por lo que al IMARPE se les hizo difícil poder salir a muestrear durante esos meses.

Mallqui et al. (2022), sin embargo al analizar la calidad de agua del río Mantaro se encuentra influenciada por las aguas residuales del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019. muestran que la mayor media anual (Promedio) de concentración es en el año 2018, mientras que la menor concentración se encuentra en el año 2008, también se observa

que en los periodos de 2004 a 2008 existen los menores valores, mientras que en los años 2015 a 2019 muestra los mayores valores. A diferencia nuestra que el mayor promedio de temperatura se encuentra en el 2020 y la menor en el 2021. Según Imbaquingo et al., (2023) el pico máximo obtenido del cambio de Temperatura se obtuvo en el mes de setiembre. Este fue ubicado en el punto de monitoreo 2.2 y tuvo un valor de 4.65 °C. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en los meses de julio y septiembre, en los puntos de monitoreo 10.2 y 12.2 con un valor de 0.26 °C.

4.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Tabla 07: Resultado del parámetro conductividad eléctrica (C.E.)

Año	Estación	Longitud	Latitud	Profundidad		(C.E.)	ECA
				Distancia (m)	de muestreo (m)		
2018	E01	-69.96224	-15.85161	13.6	0.5	1545.5	
2019	E01	-69.96224	-15.85161	12.8	0.5	1551	
2020	E01	-69.96224	-15.85161	14.4	0.5	1616	1000
2021	E01	-69.96224	-15.85161	12.3	0.5	1593.5	
2022	E01	-69.96224	-15.85161	12.1	0.5	1546	
2023	E01	-69.96224	-15.85161	12.5	0.5	1592	

Fuente: IMARPE (2018 - 2023).

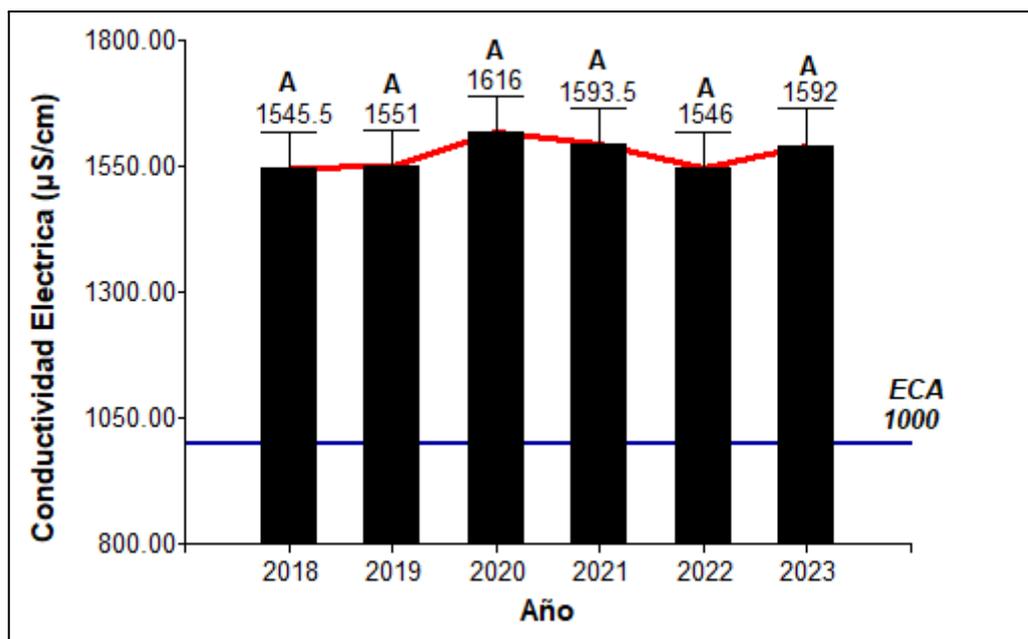


Figura 05: Distribución de medias de la Conductividad Eléctrica del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Después de llevar a cabo un análisis de comparación de medias mediante ANDEVA y la prueba de Tukey, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) con un valor de $1000 \mu\text{S/cm}$, en comparación con las medias de Conductividad Eléctrica registradas en los diferentes años ($p = 0.2255$). Sin embargo, no se observa una diferencia estadística significativa entre ellos. Además, se destaca que los valores registrados superan de manera significativa el umbral establecido por el ECA.

Tabla 08: Resultado del parámetro Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECA con la categoría 4.

Año	Mes	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
2018	Marzo	1591
	Junio	1492
	Setiembre	1544
	Noviembre	1555
2019	Marzo	1517
	Junio	1536
	Setiembre	1572
	Diciembre	1579
2020	Marzo	1616
2021	Julio	1525
	Setiembre	1662
2022	Abril	1458
	Julio	1532
	Setiembre	1562
	Noviembre	1632
2023	Junio	1579
	Setiembre	1604

Fuente: IMARPE (2018-2023)

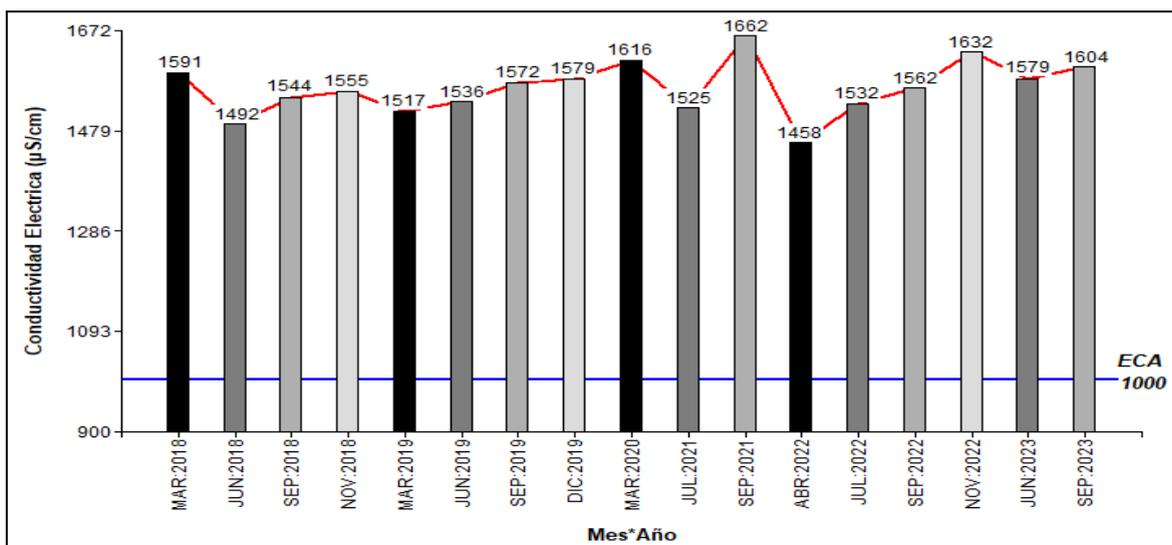


Figura 06: Distribución de conductividad eléctrica de los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.

Como se observa en la figura N° 6, el valor más alto de conductividad eléctrica se obtuvo en el mes de septiembre (1662 µS/cm) del 2021, seguida del mes de noviembre (1632 µS/cm) del 2022, encontrando el valor más bajo en abril (1458 µS/cm) del 2022 y del mes de junio (1492 µS/cm) del 2018. Todos los datos obtenidos durante el periodo del 2018 a 2023 superan los ECA.

Segun Aveiga et al., (2019) la conductividad eléctrica (C.E.) está relacionada con la cantidad de sólidos disueltos, en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. Bajo las condiciones de esta investigación se encontraron los valores más elevados a nivel de la microcuenca (Zona 1). El rango de variación se ubicó entre 245 y 459 dS.m⁻¹, que representan concentraciones relativamente bajas, pero que excedieron drásticamente los valores del punto control, lo cual es indicativo de la incorporación de sales a lo largo del cauce de las fuentes de agua.

Mientras que González et al., (2021) al evaluar espacio-temporal de la calidad de las aguas en la Cuenca Hidrográfica Guaos-Gascón presentó valores desde 189,03 µS/cm hasta 2 416,11 µS/cm en la cuenca hidrográfica, con valores medios de 1 285,32 µS/cm para el río Gascón y 1517 µS/cm para el río Los Guaos.

4.1.3. OXÍGENO DISUELTO

Tabla 09: Resultado del parámetro Oxígeno Disuelto (OD)

Año	Estación	Longitud	Latitud	Distancia (m)	Profundidad de muestreo (m)	(OD)	ECA
2018	E01	-69.96224	-15.85161	13.6	0.5	7.04	
2019	E01	-69.96224	-15.85161	12.8	0.5	6.56	
2020	E01	-69.96224	-15.85161	14.4	0.5	6.37	
2021	E01	-69.96224	-15.85161	12.3	0.5	6.19	5
2022	E01	-69.96224	-15.85161	12.1	0.5	6.65	
2023	E01	-69.96224	-15.85161	12.5	0.5	7.49	

Fuente: IMARPE (2018-2023)

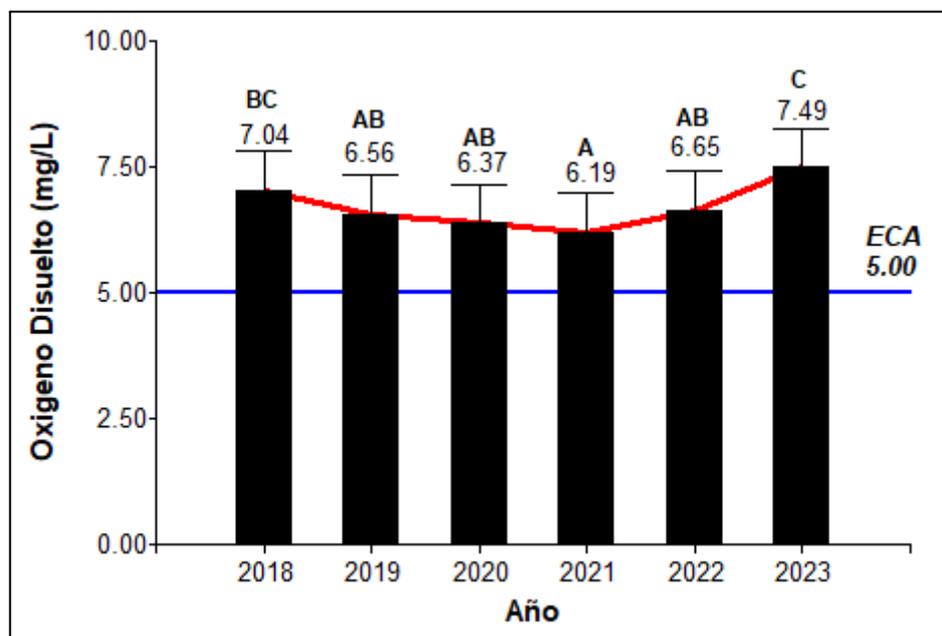


Figura 07: Distribución de medias del Oxígeno Disuelto del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Luego de llevar a cabo un análisis de comparación de medias mediante ANDEVA y la prueba de Tukey, se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa

entre el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), fijado en 5.00, y las medias de Oxígeno Disuelto registradas en distintos años ($p=0.0309$). Se destaca una disparidad más marcada en el último año de registros, es decir, en 2023, en comparación con el ECA. Además, se observa una diferencia menor entre las medias de los demás años. Es relevante señalar que todos estos valores superan de manera significativa el umbral establecido por el ECA.

Tabla 10: Resultado del parámetro Oxígeno Disuelto (mg/L) para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECA con la categoría 4.

Año	Mes	Oxígeno Disuelto (mg/L)
2018	Marzo	6.82
	Junio	6.67
	Setiembre	7.56
	Noviembre	7.09
2019	Marzo	6.41
	Junio	5.81
	Setiembre	6.84
	Diciembre	7.17
2020	Marzo	6.37
2021	Julio	6.44
	Setiembre	5.93
2022	Abril	5.29
	Julio	7.53
	Setiembre	7.33
	Noviembre	6.43
2023	Junio	7.27
	Setiembre	7.70

Fuente: IMARPE (2018-2023)

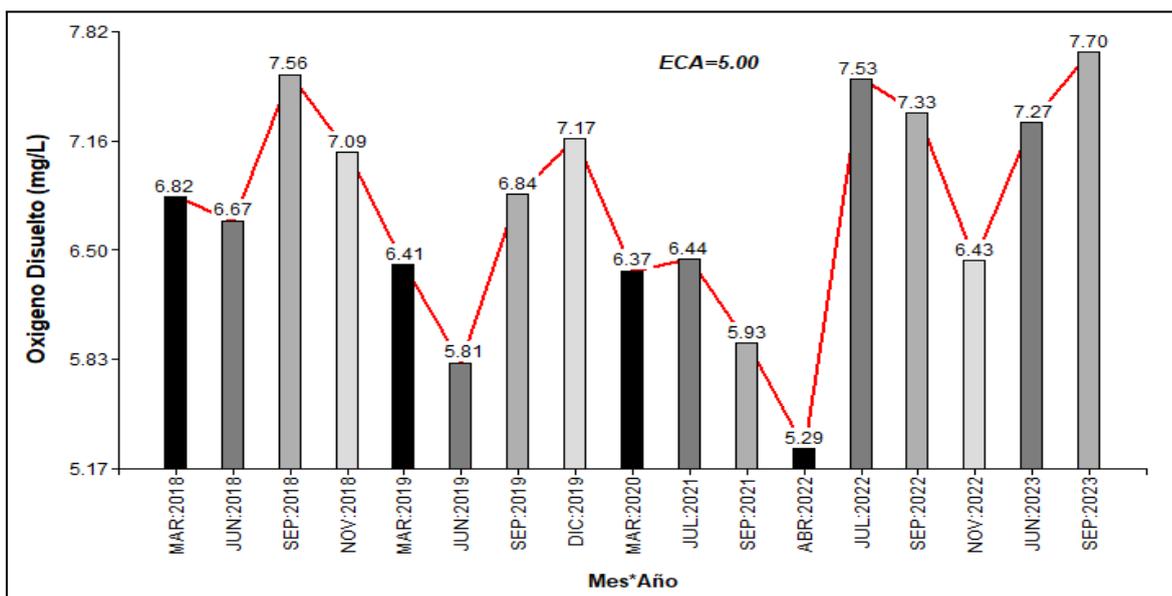


Figura 08: Distribución del Oxígeno Disuelto de los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.

Como se observa en la figura N° 08, el menor dato en el análisis por meses obtenidos en oxígeno disuelto se obtuvo en el mes de abril (5.29 mg/L) del 2022 seguida del mes de junio del 2019 (5.81 mg/L) y del mes de septiembre del 2021 (5.93 mg/L) a diferencia de los valores más altos en el mes de setiembre (7.70 mg/L) del 2023 seguida del mes de setiembre (7.56 mg/L) y del mes de julio (7.53 mg/L) ambos del 2022. Todos los datos obtenidos durante el periodo del 2018 a 2023 sobrepasan los límites establecidos en el ECA.

Caho & Lopez (2017), durante la determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, los valores de oxígeno disuelto se ubicaron en el rango entre 0,1 y 7,91 mg/L; el punto con valor más alto de este parámetro fue el número 4 (5,32 mg/L en promedio) y el más bajo el punto 2 (0,98 mg/L en promedio); la época que presentó en promedio los valores más altos para todos los puntos fue la temporada de lluvias con un valor de 3,31 mg/L. Mientras que Fontalvo y Tamaris (2018), obtuvieron la mayor variación de los registros del oxígeno disuelto en el

agua en los periodos de lluvias (5,5 y 8,2 mg/L), mientras en los periodos secos fue menor (4,11 y 6,51 mg/L).

Lino (2022), en un estudio realizado en el lago titicaca durante el periodo 2015-2020, los valores más representativos son de la bahía de Vilquechico 2019 (101.67%), bahía de Capachica 2019 (101.96%), bahía de Pusi 2019 (91.45%), bahía de Moho 2019 (89.65%), todos los valores no se compararon con los ECAs-agua debido a que el parámetro de OD en porcentaje no tiene un ECAs definido en la normativa peruana para la categoría 4. Además Benavides (2019), registró las concentraciones más altas de oxígeno disuelto en las estaciones L-01 y L-10 (4,68 y 5,19 mg/L), también menciona que los demás puntos no son zonas óptimas con buena calidad de OD.

4.1.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Tabla 11: Resultado del parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Año	Estación	Longitud	Latitud	Distancia (m)	Profundidad de muestreo (m)	SST (mg/L)	ECA
2018	E01	-69.96224	-15.85161	13.6	0.5	2.93	≤ 25
2019	E01	-69.96224	-15.85161	12.8	0.5	4.54	
2020	E01	-69.96224	-15.85161	14.4	0.5	2.00	
2021	E01	-69.96224	-15.85161	12.3	0.5	3.50	
2022	E01	-69.96224	-15.85161	12.1	0.5	3.06	
2023	E01	-69.96224	-15.85161	12.5	0.5	6.00	

Fuente: IMARPE (2018 - 2023)

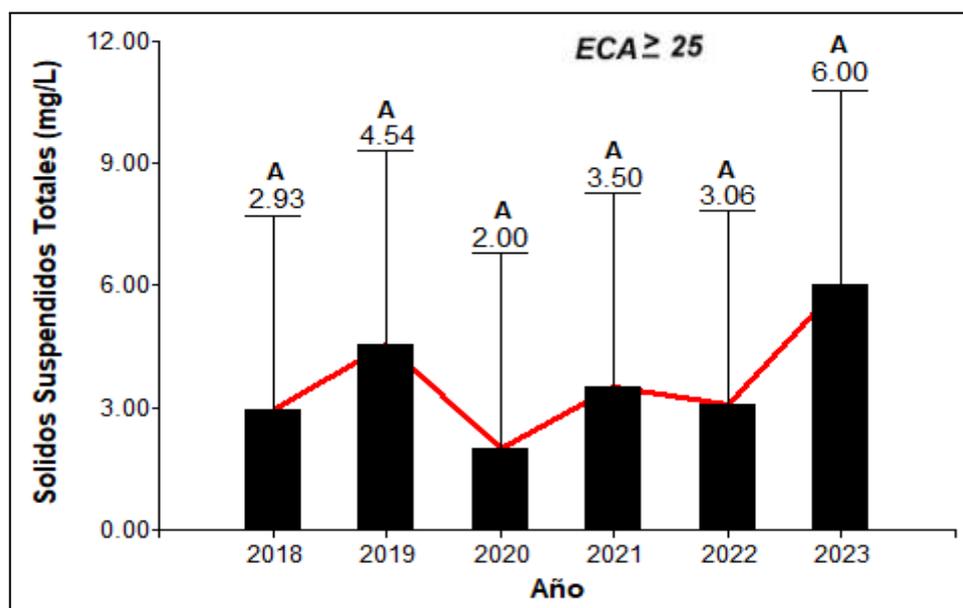


Figura 09: Distribución de medias de los Sólidos Suspendedos Totales del 2018 a 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Luego de llevar a cabo un análisis de comparación de medias mediante ANDEVA y la prueba de Tukey, se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), fijado en ≥ 0.25 , y las medias de los Sólidos Totales Suspendedos en los distintos años ($p < 0.0001$). A pesar de esta diferencia significativa, es importante señalar que estos datos no superan el umbral establecido por el ECA.

Tabla 12: Resultado del parámetro sólidos suspendidos totales (SST) para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.

Año	Mes	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
2018	Marzo	6.00
	Junio	0.57
	Setiembre	2.86
	Noviembre	2.29
2019	Marzo	14.98
	Junio	0.44
	Setiembre	0.50
	Diciembre	2.22
2020	Marzo	2.00
2021	Julio	5.25
	Setiembre	1.75
2022	Abril	3.75
	Julio	0.25
	Setiembre	4.50
	Noviembre	3.75
2023	Junio	5.50
	Setiembre	6.50

Fuente: IMARPE (2018 - 2023)

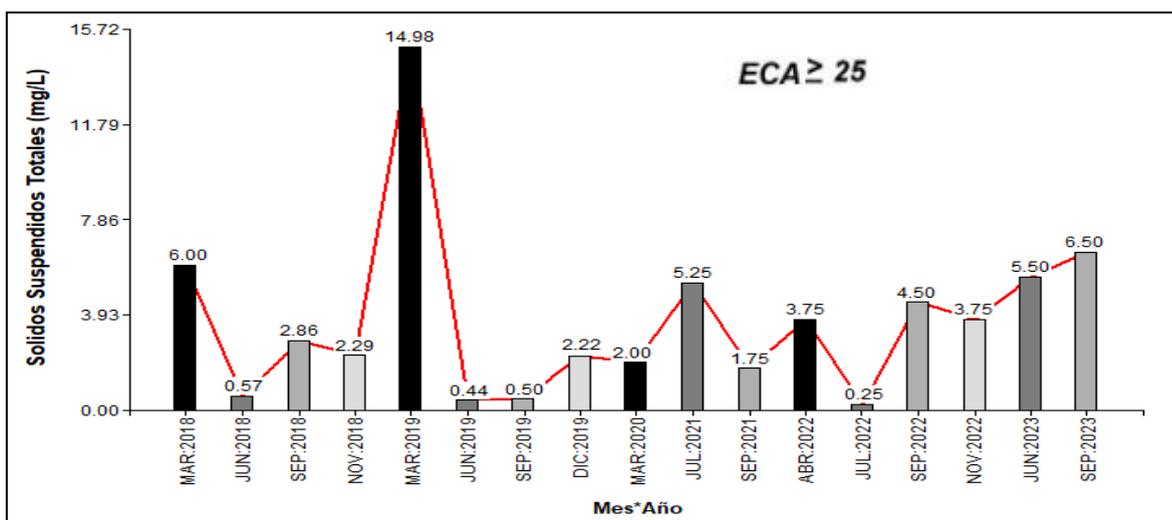


Figura 10: Distribución de los Sólidos Suspendidos Totales de los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.

Como se observa en la figura N° 10, se puede apreciar que el valor más alto de sólidos suspendidos totales se presentó en el mes de marzo (14.98 mg/L) del 2019, seguida del mes de setiembre (6.50 mg/L) del 2023 y el mes de marzo (6.00 mg/L) del 2018, sin embargo en el mes de julio (0.25 mg/L) del 2022, el mes de junio (0.44 mg/L) del 2019, el mes de septiembre (0.50 mg/L) del 2019 y por último el mes de junio (0.57 mg/L) del 2018, presentan valores menores de sólidos suspendidos totales. Los valores presentados por meses en la figura N° 10 y los valores presentados en la figura N° 09 por año no sobrepasan los estándares de calidad ambiental del agua (ECA) establecidos en la categoría 4.

Caho y Lopez (2017), al determinar el Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral registró valores de 40 mg/L para la época de lluvia; 61 mg/L para la época de transición de lluviosa a seca y 73, 33 mg/L para la época seca. En general, se observa que el rango de este parámetro en el período de estudio evaluado osciló entre los 93 mg/L y los 16 mg/L. El contenido de tensoactivos registró las mayores concentraciones en cada época de muestreo en el punto 2 (8,82 mg/L para la época seca; 5,4 mg/L para la época de transición de seca a lluvia; 1,78 para la época de transición de lluvia a seca 0,34 para la época de lluvia). El punto 4 fue el de menor registro, con una concentración promedio de 0,43 mg/L.

Benavides (2019), presentó mediciones entre 7 y 100 mg/L, a excepción del muestreo realizado el día 8 de agosto, donde las concentraciones aumentaron drásticamente. encontró también que las estaciones L-02, L-03, L-04, L-09 y L-10 el 8 de agosto mostraron valores mayores a 150 mg/L, que indican que son aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas y agua con alto contenido de material suspendido. Mientras que el Monitoreo de Calidad del Agua Río Negro fluctuaron SST en concentraciones entre una mínima de 5 mg/l en cuatro ocasiones (RN17 en enero, RN16 en marzo y RN15 y RN16 en octubre) y una máxima de 80 mg/l (RN1 en enero), con un promedio de 12 mg/l y una mediana de 5 mg/k. Los promedios calculados son de 12 mg/l en 2019, 18 mg/l en 2018 y 13 mg/l en el lustro anterior (Cervetto, 2020).

4.2. DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA.

4.2.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla 13: Resultado del parámetro Potencial Hidrógeno (pH)

Año	Estación	Longitud	Latitud	Distancia (m)	Profundidad	(pH)	ECA
					de muestreo (m)		
2018	E01	-69.96224	-15.85161	13.6	0.5	8.71	
2019	E01	-69.96224	-15.85161	12.8	0.5	8.85	
2020	E01	-69.96224	-15.85161	14.4	0.5	8.67	6,5-9,0
2021	E01	-69.96224	-15.85161	12.3	0.5	8.88	
2022	E01	-69.96224	-15.85161	12.1	0.5	8.62	
2023	E01	-69.96224	-15.85161	12.5	0.5	8.81	

Fuente: IMARPE (2018-2023).

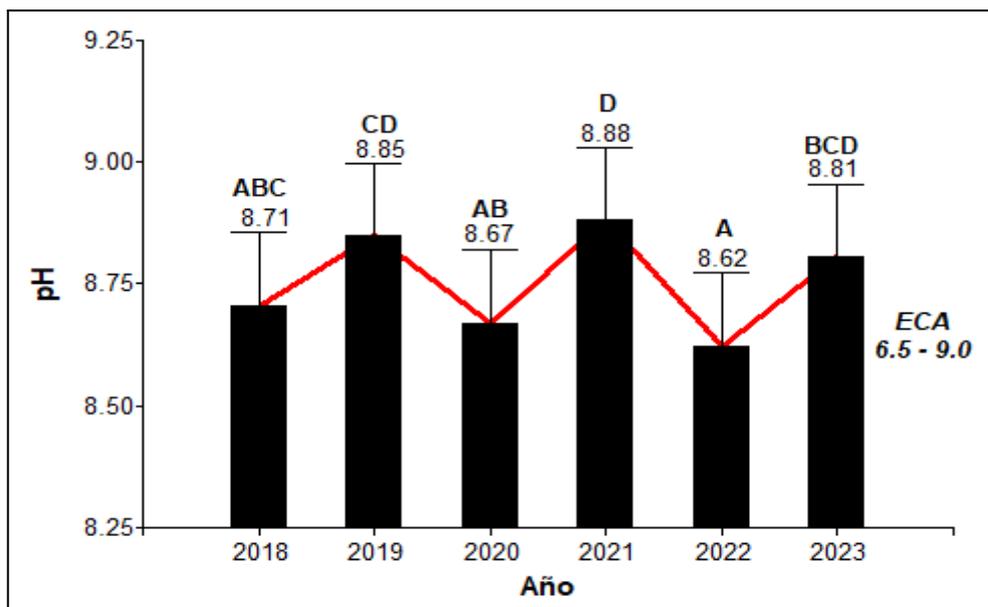


Figura 11: Distribución de medias del pH del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Tras realizar un análisis de comparación de medias mediante ANDEVA y la prueba de Tukey, se establece una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de pH registradas en los distintos años ($p=0.0119$). Es relevante resaltar que la disparidad más notable se presenta entre los años 2021 (8.88) y 2022 (8.62), mientras que las variaciones son menos marcadas en relación con los años 2018, 2019, 2020 y 2023. Además, se observa que estos valores se aproximan al umbral máximo de pH establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que es de 9.0.

Tabla 14: Resultado del parámetro Potencial Hidrógeno (pH) para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.

Año	Mes	Potencial Hidrógeno (pH)
2018	Marzo	8.62
	Junio	8.68
	Setiembre	8.69
	Noviembre	8.83
2019	Marzo	9.04
	Junio	8.76
	Setiembre	8.75
	Diciembre	8.84
2020	Marzo	8.67
2021	Julio	8.86
	Setiembre	8.90
2022	Abril	8.44
	Julio	8.75
	Setiembre	8.59
	Noviembre	8.71
2023	Junio	8.69
	Setiembre	8.92

Fuente: IMARPE (2018-2023)

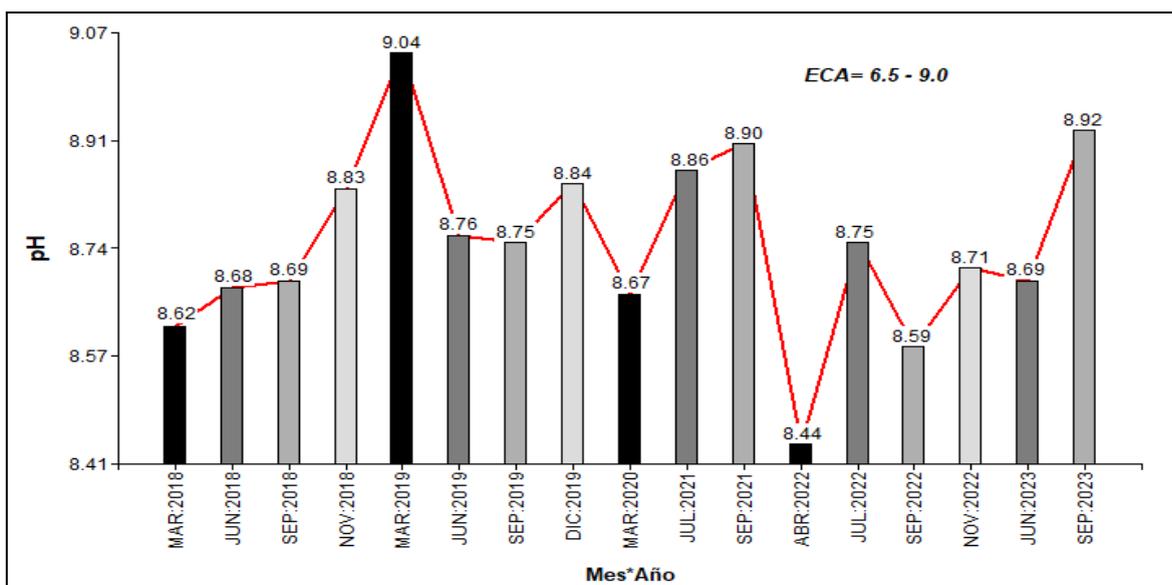


Figura 12: Distribución del pH de los meses registrados del año 2018 a 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.

Como se observa en la figura N° 12 el pH (9.04) más alto durante los meses se presenta en el marzo del 2019 sobrepasando el límite establecido por los ECA, a diferencia del pH (8.44) presente en el mes de abril del 2022 siendo esta la mínima obtenida durante todo el periodo del 2018 a 2023, seguida del pH (8.59) presente en setiembre del 2022, estando estas dentro del rango establecido por el ECA.

Mallqui et al., (2022) En el análisis espacio temporal de la calidad de agua del río Mantaro influenciada por las aguas residuales del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019. Se muestra que la mayor media anual (Promedio) de concentración es la del año 2017, mientras que la menor concentración se encuentra en el año 2005, se observa que en los periodos de 2004 a 2008 existe los menores valores, mientras que en los años 2015 a 2019 muestra los mayores valores, para ambos casos dichos valores no superan el ECA. Mientras que Cumbal & Ordoñez, (2023) obtuvieron el máximo de pH en el mes de septiembre. Este tiene un valor de 8.89 unidades de pH. Por otra parte, el valor mínimo obtenido se dio en el mes de julio, en el punto de monitoreo 3.1 con un valor de 6.27 unidades de pH.

4.2.2. NITRATOS (NO₃)

Tabla 15: Resultado del parámetro Nitratos (NO₃).

Año	Estación	Longitud	Latitud	Distancia (m)	Profundidad de muestreo (m)	NO ₃ (mg/L)	ECA
2018	E01	-69.96224	-15.85161	13.6	0.5	0.004	13
2019	E01	-69.96224	-15.85161	12.8	0.5	0.045	
2020	E01	-69.96224	-15.85161	14.4	0.5	0.025	
2021	E01	-69.96224	-15.85161	12.3	0.5	0.055	
2022	E01	-69.96224	-15.85161	12.1	0.5	0.159	
2023	E01	-69.96224	-15.85161	12.5	0.5	0.129	

Fuente: IMARPE (2018 - 2023)

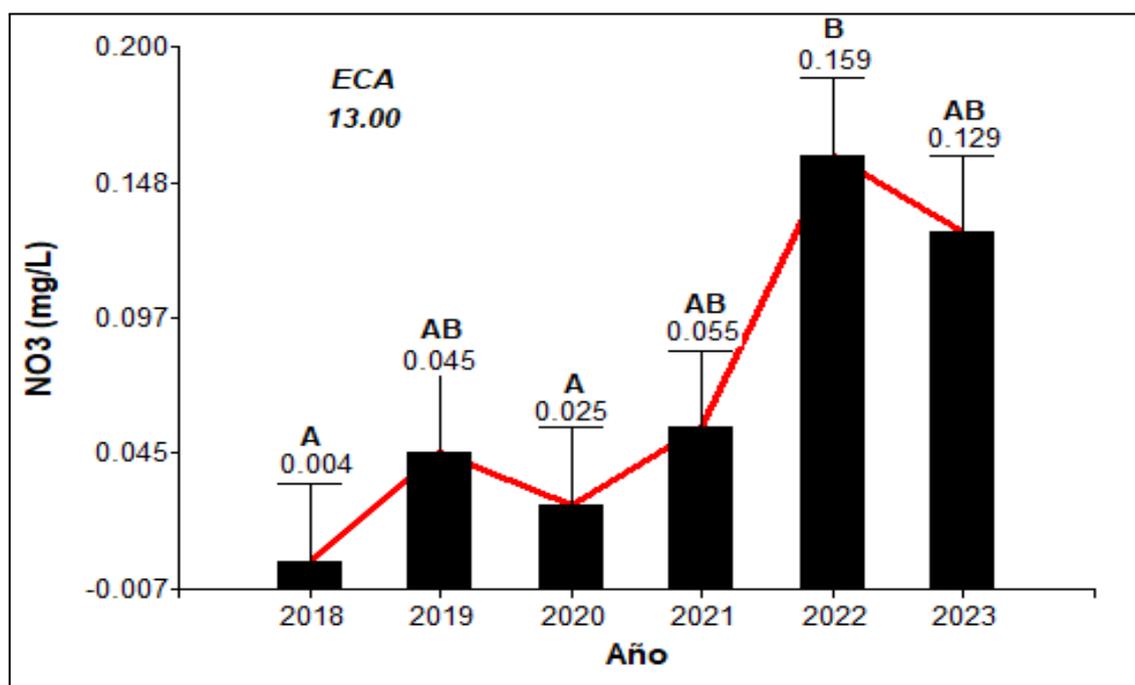


Figura 13: Distribución de medias de Nitratos del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Luego de llevar a cabo un análisis de comparación de medias mediante ANDEVA y la prueba de Tukey, se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), fijado en 13.00

mg/l, y las medias de Nitratos registrados en los distintos años ($p=0.0097$). A pesar de esta diferencia significativa, es importante señalar que estos datos no superan el umbral establecido por el ECA.

Tabla 16: Resultado del parámetro nitratos (NO_3), para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.

Año	Mes	Nitratos (mg/L)
2018	Marzo	0.002
	Junio	0.001
	Setiembre	0.005
	Noviembre	0.007
2019	Marzo	0.065
	Junio	0.072
	Setiembre	0.016
	Diciembre	0.028
2020	Marzo	0.025
2021	Julio	0.101
	Setiembre	0.008
2022	Abril	0.223
	Julio	0.141
	Setiembre	0.062
	Noviembre	0.208
2023	Junio	0.035
	Setiembre	0.223

Fuente: IMARPE (2018-2023)

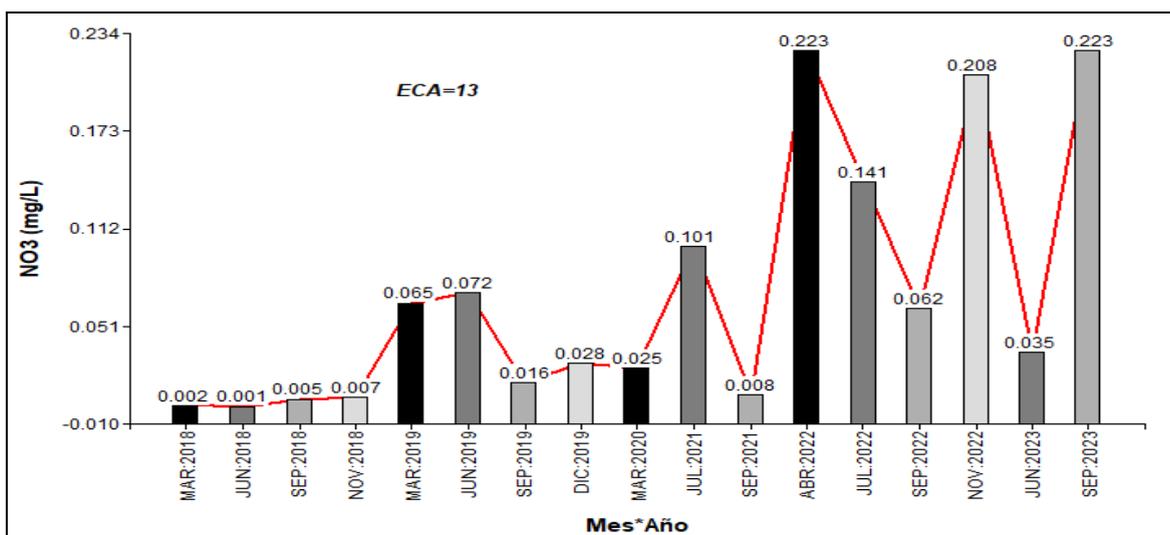


Figura 14: Distribución de Nitratos de los meses registrados del año 2018 a 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.

Sin embargo se observa en la figura N° 14 que en el mes de abril del 2022 y el mes de setiembre se obtuvieron (0.223 mg/L) de nitrato, siendo estos valores más altos obtenidos, seguida del mes de noviembre (0.208 mg/L) y julio (0.141 mg/L) del mismo año 2022, al contrario de junio (0.001 mg/L), marzo (0.002 mg/L) y setiembre (0.005 mg/L) del 2018. Datos que no sobrepasan los estándares establecidos en el ECA.

Según Fontalvo y Tamaris, (2018) encontraron los valores más altos de nitratos (0,90 mg/L) en el primer periodo lluvioso, y el más bajo (0,39 mg/L) en el segundo periodo seco. Sin embargo Lino, (2022) al determinar el índice de calidad del agua en la bahía del lago titicaca en el periodo 2015-2020 encontró valores por debajo del ECA Agua, siendo para el 2015 la bahía de Capachica con 1.85 mg/L con la mayor concentración de nitratos, en el 2016 la bahía de Pusi con 1.95 mg/L, en el 2017 la bahía de Pilcuyo con 7.80 mg/L, en el 2018 la bahía de Chucuito con 8 mg/L, en 2019 la bahía de Vilquechico con 6.15 mg/L y en el 2020 la bahía de Yunguyo con 4.80 mg/L.

Mientras que Enrique et al., (2021) obtuvo valores del nitrato desde octubre de 2020 a marzo de 2021 que sobrepasaron el límite establecido de 13 mg/L en la categoría 4 del ECA para agua. No obstante, sí cumplen el valor de 100 mg/L en la categoría 3 del ECA

para agua, a excepción de noviembre de 2020, cuando lo sobrepasó con un valor de 106,3 mg/L.

Imbaquingo et al., (2023) también determinó la calidad del agua en la microcuenca Sicalpa, Cantón Colta. El pico máximo de Nitratos se obtuvo en el mes de julio (27.7 mg/L) y el valor mínimo obtenido se dio en el mes de agosto (0.60 mg/L).

4.2.3. CLOROFILA “A”

Tabla 17: Resultado de la variación temporal del parámetro Clorofila “A”

Año	Estación	Longitud	Latitud	Distancia (m)	Profundidad de muestreo (m)	Clorofila “A”	ECA
2018	E01	-69.96224	-15.85161	13.6	0.5	0.0044	
2019	E01	-69.96224	-15.85161	12.8	0.5	0.0025	
2020	E01	-69.96224	-15.85161	14.4	0.5	0.0016	
2021	E01	-69.96224	-15.85161	12.3	0.5	0.0025	0.008
2022	E01	-69.96224	-15.85161	12.1	0.5	0.0047	
2023	E01	-69.96224	-15.85161	12.5	0.5	0.0022	

Fuente: IMARPE (2018 - 2023)

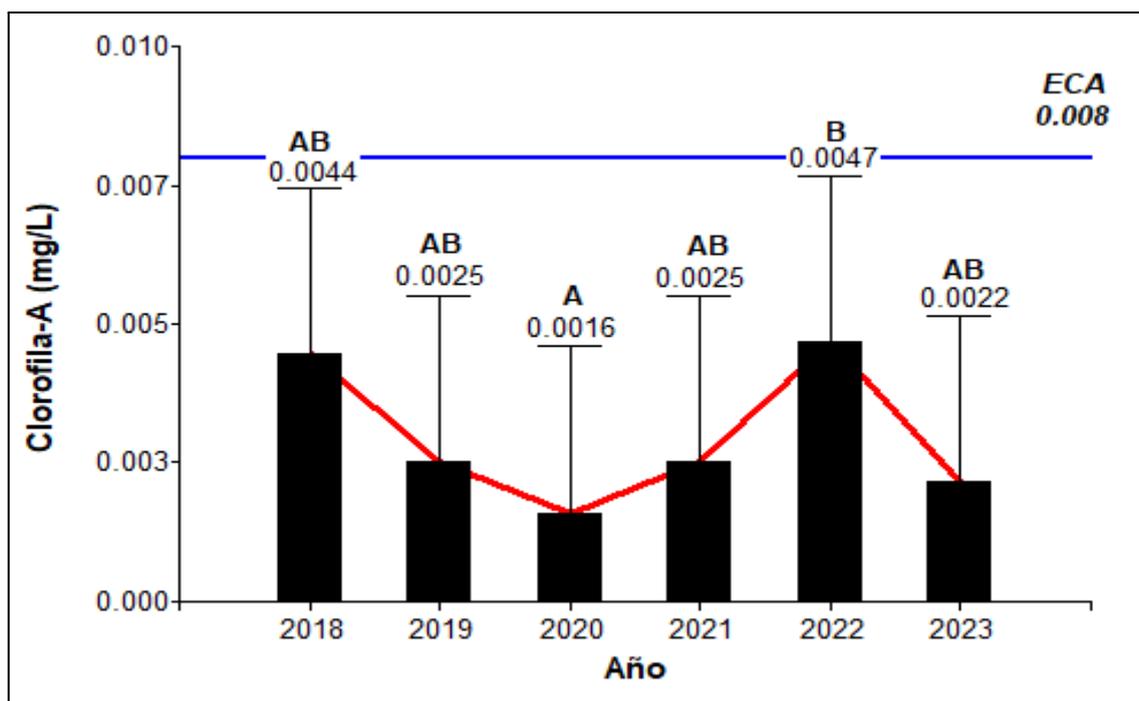


Figura 15: Distribución de medias de la Clorofila-A del 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Luego de llevar a cabo un análisis de comparación de medias mediante ANDEVA y la prueba de Tukey, se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), fijado en 0.008, y las medias de Clorofila "A" en los distintos años ($p=0.0215$). A pesar de esta diferencia significativa, es importante señalar que estos datos no superan el umbral establecido por el ECA.

Tabla 18: Resultado del parámetro Clorofila “A” para los meses 2018 al 2023 en comparación con ECAs con la categoría 4.

Año	Mes	Clorofila “A” (mg/m³)
2018	Marzo	0.0044
	Junio	0.0030
	Setiembre	0.0075
	Noviembre	0.0029
2019	Marzo	0.0043
	Junio	0.0006
	Setiembre	0.0012
	Diciembre	0.0039
2020	Marzo	0.0016
2021	Julio	0.0016
	Setiembre	0.0034
2022	Abril	0.0045
	Julio	0.0063
	Setiembre	0.0034
	Noviembre	0.0045
2023	Junio	0.0016
	Setiembre	0.0027

Fuente: IMARPE (2018 - 2023)

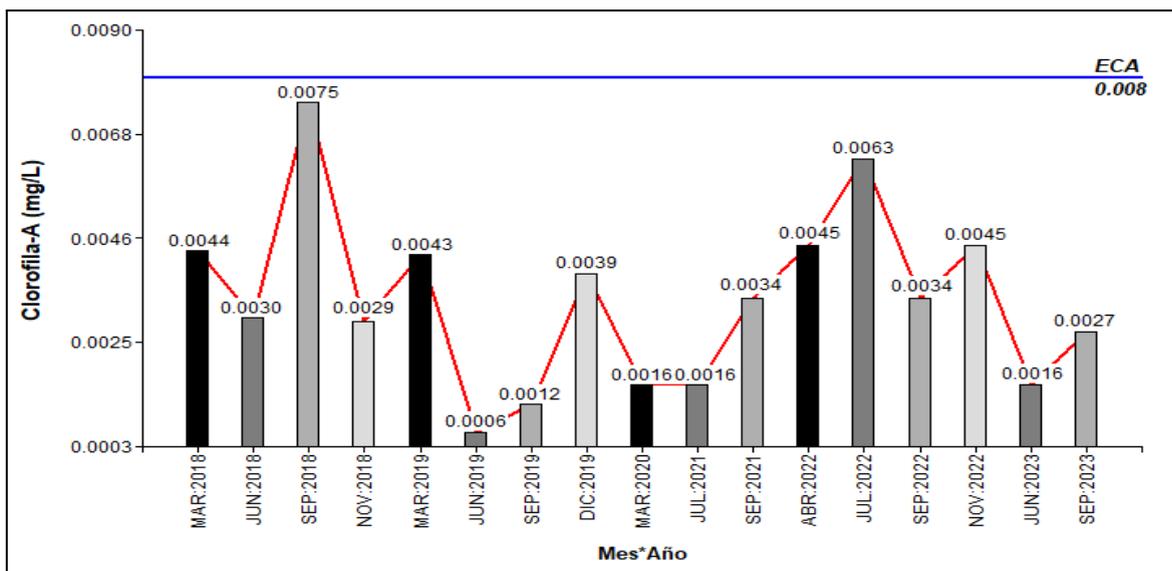


Figura 16: Distribución de la Clorofila “A” presente en los meses registrados del año 2018 al 2023 frente a la captación de Chimú en el Lago Titicaca.

Como se observa en la figura N° 16 el valor más alto se encontró en setiembre (0.0075 mg/m³) del 2018, seguida del mes de julio (0.0063) del 2022, el mes de abril y noviembre (0.0045 mg/m³) del 2022, a diferencia del mes de junio (0.0006 mg/m³) y setiembre (0.0012 mg/m³) del 2019 y marzo del 2020 (0.0016 mg/m³), julio del 2021 (0.0016 mg/m³) y junio del 2023 (0.0016 mg/m³), presenta valores mínimas. Los datos obtenidos en la Tabla N° 19 no sobrepasan los estándares de calidad ambiental del agua (ECA) de la categoría 4.

Cervetto (2020), encontro que las concentraciones de clorofila “A” en el río Negro se mantuvieron generalmente en valores bajos, ubicándose en guarismos entre un mínimo de 2.3 µg/l (RN17 en marzo y RN0 en junio) y un máximo de 8.8 µg/l (RN5 en enero), con un promedio de 2.1 µg/l y una mediana de 1.4 µg/l. Las concentraciones de clorofila “A” observadas en 2019 son siempre inferiores a las registradas durante 2018, llegando, en algunas estaciones a valores que son tres veces inferiores.

CONCLUSIONES

Con la base de datos solicitada a IMARPE, se logró determinar la variación temporal de la calidad del agua con respecto a la zona de Chimú en el Lago Titicaca – Puno 2023, donde se consideró como variación por año, del 2018 a 2023, ya que el seguimiento es sólo un punto fijo.

PRIMERA: Al evaluar los parámetros físicos, se observa que la temperatura muestra una variación que requiere mayor atención. La conductividad eléctrica, sin embargo, supera significativamente el umbral establecido por el ECA, que es de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el caso del oxígeno disuelto, el valor registrado se mantiene por encima del límite fijado en 5.00 mg/l, lo que indica que supera de manera significativa el umbral establecido por el ECA, los sólidos suspendidos totales no superan de manera significativa el umbral establecido por el ECA.

SEGUNDA: En cuanto a los parámetros químicos, se observa que el pH se encuentra próximo al umbral máximo de 9.00, Sin embargo, tanto en nitratos como en clorofila "A", los valores se mantienen dentro de los límites establecidos por el ECA. Estos hallazgos son particularmente relevantes en el contexto de la captación de Chimú en el Lago Titicaca, la calidad del agua en la zona de estudio se mantiene dentro de los límites establecidos por el ECA

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Al ministerio del ambiente realizar seguimiento y monitoreo a los recursos hídricos por que estos son la base de la vida humana y del ecosistema acuático. En tal sentido las entendidas competentes la Municipalidad Provincial de Puno y el Gobierno Regional, realizar un estudio de variación temporal tema que deben considerar el monitoreo y la evaluación de la calidad de las fuentes hídricas de forma permanente asegurando el adecuado uso del recurso.

SEGUNDA: A las futuras investigaciones se empleen otras metodologías como el NSF, CCME-WQI, UWQI e IAP para evaluar el índice de calidad de agua sus parámetros fisicoquímicos según las actividades que influyen en la contaminación del agua del lago Titicaca evaluado. Así como también a incluir en la evaluación de instrumentos de gestión ambiental herramientas que sustenten la interpretación de la calidad de las aguas de cuerpos naturales dentro de sus líneas bases y monitoreo futuros como compromisos ambientales según el sector correspondiente.

BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2009). *Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú*.
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf
- ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales*.
- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú*.
<file:///C:/Users/HP/Downloads/Libro%20-%20Calidad%20de%20agua%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf>
- Aveiga, A., Noles, P., De La Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcántara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30-41. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n3.423>
- Baeza, E. (2016). *Calidad de agua*.
<https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Brack, Antonio, & Mendiola, C. (2006). *ANEXO 2 La calidad del agua y la contaminación de las aguas superficiales*. file:///C:/Users/HP/Downloads/CTA_S3_Anexo_2.pdf
- Caho, C., & Lopez, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2), 35-49. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- Cervetto, G. (2020). *Monitoreo de Calidad del Agua Río Negro*.
- Cumbal, F., & Ordoñez, B. (2023). *Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa, Canton Colta*. Universidad Nacional de Chimborazo Facultad Ingeniería Carrera Ingeniería Ambiental.
- Cumbal, Ordoñez, 2023. (s. f.). Recuperado 13 de agosto de 2023, de <file:///D:/INVESTIGACION/>

- ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y Plan de Mitigacion por contaminacion por uso Domestico y Agroquimicos en Apurimac y Cuzco*.
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/15.pdf>
- Enrique, E., Gavidia, C., Garriazo, A., & Changanqui, D. (2021). Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). *South Sustainability*, e036-e036.
<https://doi.org/10.21142/SS-0202-2021-e002>
- García, C., Moreno, J. L., Hernández Fernández, M. T., & Polo, A. (2002). *Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo*. CSIC - Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA). <https://digital.csic.es/handle/10261/111812>
- Garcia, M., Sanchez, F., Marin, R., Guzman, H., Verdugo, N., Dominguez, E., Vargas, O., Panizzo, L., Sanchez, N., Gomez, J., & Cortes, G. (1998). *El Medio Ambiente en Colombia -El Agua*. file:///C:/Users/HP/Downloads/cap4%20(1).pdf
- Gomez, D., Garcia, C., Reyes, G., Lache, J., & Vega, L. (2020). ANALYSIS OF SPACE-TIME PROFILES OF PHYSICAL- CHEMICAL PARAMETERS OF WATER QUALITY IN LAKE FÚQUENE, CUNDINAMARCA. *Ingenio Magno*, 11(2).
<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/2177/1855>
- Guadarrama, R., Kido Miranda, J., Roldan Antunez, G., Salas Salgado, M., Mata-García, M., & Vázquez-Briones, M. D. C. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), Article 5.
- Jeffrey, & Humphrey. (1975). *Determinacion espectrofotometrica de la Clorofila en el analisis de agua*. <http://www.elaguapotable.com/CLOROFILA.pdf>
- Juarez, Y. K. (2023). Determinación de la calidad del agua del río Moquegua en el tramo de influencia de la Feria de la Chacra a la Olla—Moquegua, 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13205>
- Landero, S. (2019). *Evaluacion de la calidad del agua de la laguna la Polvora en Villahermosa, Tabasco* [Instituto Tecnológico de Villahermosa].

file:///C:/Users/HP/Downloads/EVALUACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DE%20LA%20LAGUNA%20LA%20POLVORA.pdf

Lino, T. (2022). Determinación del índice de calidad de agua de las principales Bahías del lago titicaca lado Peruano-Puno en el periodo 2015-2020 [Universidad Católica de Santa María]. file:///C:/Users/HP/Downloads/4G.0056.IA.pdf.

Lozano, R. (2021). EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL RECURSO HÍDRICO DE LA LAGUNA DE CHOCLOCOCHA - HUANCAVELICA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.

Mallqui, J., Miguel, Y., & Reyes, S. (2022). Análisis espacio temporal de la calidad de agua del río Mantaro influenciada por las aguas residuales del año 2004—2008 y 2015—2019. Universidad Continental.

Menendez, W. (2018). Evaluacion de parametros fisicoquimicos y calidad bacteriologica del rio Coata Region Puno-2015 [Universidad Jose Carlos Mariategui]. https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/546/Wilfredo_tesis_grado-academico_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAM. (2017). *Normas legales*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12870/DS-004-2017-MINAM.pdf?v=1530656700>

MINAM. (2015). *Estudio de desempeño Ambiental*. https://www.minam.gob.pe/esda/wp-content/uploads/2016/09/estudio_de-desempeno_ambiental_esda_2016.pdf

MINSA. (2009). *Evaluación de los resultados de los monitoreos realizados a los Recursos Hídricos en la cuenca del río Rímac* (001860). DIGESA. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/rios/2009/RIO_RIMAC_DIGESA-SEDAPAL_2009.pdf

Ocasio, F. (2008). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN UN SEGMENTO DEL RÍO PIEDRAS*. Universidad Metropolitana.

- Orizano, S. (2022). *Estudio de la calidad del agua de consumo: Físicoquímico y microbiológico, en las Poblaciones de la zona rural de los Distritos de Chontabamba y Oxapampa 2020* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3103>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), Article 27. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Rosazza, E. (2009). *Informe País V Foro Mundial del Agua*.
- Ruiz, M. (2021). *USOS DEL RECURSO HÍDRICO Y SU INFLUENCIA EN LAS FORMAS DE VIDA*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Semarnat. (2011). *Agua* (12). https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap6_agua.pdf.
- Sepúlveda, L. (1999). *La contaminación ambiental*. https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro_la_contaminacion_ambiental.pdf
- Turpo, J. (2018). *EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AZIRUNI, PUNO 2017*. Universidad Privada San Carlos.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DE AGUA FRENTE A LA CAPTACIÓN DE CHIMÚ EN EL LAGO TITICACA, PUNO 2023.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE			TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
			Variable Independiente	Dimensión	Indicador		
<p>General</p> <p>¿Cuál será la variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca Puno durante el periodo 2018 a 2023?</p>	<p>General</p> <p>La variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de Chimú, en el lago Titicaca, presenta significativos cambios en los parámetros físicos y químicos.</p>	<p>General</p> <p>Determinar la variación temporal de la calidad de agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca - Puno, durante el periodo 2018 a 2023.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Variación Temporal</p>	<p>Dimensión</p> <p>Parámetros : Físicos</p>	<p>Indicador</p> <p>-Temperatura -Conductividad Eléctrica -Oxígeno Disuelto - SST</p>	<p>Técnicas:</p> <p>Equipos:</p> <p>Multiparámetro GPS</p> <p>Materiales:</p> <p>Cooler, botellas de vidrio de 250 ml, laptop, papel bond, lapiceros, tablero, EPP.</p>	<p>Población:</p> <p>Se ejecutó en el centro poblado de Chimú en el distrito de Puno, provincia de Puno, departamento de Puno. El punto de muestreo está frente a la zona de captación de agua que se ubica en el CC. PP de Chimú.</p> <p>Muestra:</p> <p>Se tomó en consideración solo 1 punto fijo de monitoreo que se encuentra a 13 metros aproximado de la zona de captación de agua</p>
<p>Específicos</p>	<p>Específicos</p> <p>Los parámetros</p>	<p>Específicos</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Calidad de</p>	<p>Parámetros Químicos</p> <p>-pH -Nitrito -Clorofila "A"</p>	<p>Instrumentos:</p> <p>Manual de presentación del proyecto de investigación e informe final Escuela</p>		

<p>¿Cuál será la variación temporal de los parámetros físicos de agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca Puno ?</p> <p>¿Cuál será la variación temporal de los parámetros químicos de agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca Puno?</p>	<p>físicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca -Puno, en comparación con los ECA.</p> <p>Los parámetros químicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca -Puno, en comparación con los ECA.</p>	<p>Determinar la variación temporal de los parámetros físicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca - Puno.</p> <p>Determinar la variación temporal de los parámetros químicos del agua frente a la captación de Chimú en el lago Titicaca - Puno.</p>	<p>Agua</p>		<p>Profesional de Ingeniería Ambiental. Estándares de Calidad Ambiental para Agua.</p>	<p>en el lugar del CC.PP. de Chimú, en el lago Titicaca para la determinación de los parámetros físico químicos del agua.</p> <p>Enfoque de Investigación: Cuantitativo</p> <p>Tipo de Investigación: No experimental</p> <p>Diseño de Investigación: Descriptivo</p>
---	---	--	-------------	--	--	--

Anexo 02: Solicitud de acceso a información pública IMARPE.

 **Ministerio de la Producción**

 **IMARPE**
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

OFICIO N° 00871-2023-IMARPE/OGA

Callao, 17 de Octubre de 2023

Señora
ACELA VELASQUEZ PACHO
Presente.



Asunto: **Solicitud de Acceso a la Información Pública (5-6138)**
<http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/Repositorio?IdDocumento=1067079>

Referencia: **Ley N° 27806.- Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y Decreto Supremo N° 021-2019-JUS, TUO de la Ley N° 27806**

Me dirijo a usted en atención a su requerimiento, en el cual solicita datos de parámetros físico-químicos del punto de monitoreo que se encuentra al frente de la zona de captación Chimú de la ciudad de Puno del periodo de cinco años desde el 2018 hasta la actualidad o última información generada este año.

Al respecto, el Laboratorio Continental de Puno, remite la información disponible.

Atentamente,

 **FIRMA DIGITAL**

Firmado digitalmente por:
MARTIN RAMIRO SAGRY TIVEL
FAU 20148138891 hard
Cargo: Jefe de la OGA,
Fecha: 17/10/2023 11:53:45-0808

 **BICENTENARIO DEL PERÚ 1821 - 2021**

 **Con Pureza Perú**

Escuela Gamarny y General Valle s/n, Chuzibita, Callao | Correo telefónico: (051) 258 8026 | www.gob.pe/imarpe
Esto es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Instituto del Mar del Perú, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 038-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: www.imarpe.gob.pe/imarpe/validacion - **ClaGVerifID**

Anexo 03: Base de datos solicitada a IMARPE

Tabla 19: Datos de los parámetros fisicoquímicos del agua

LABORATORIO CONTINENTAL DE PUNO

AÑO	MES	DIA	HORA	ESTACION	LONGITUD	LATITUD
2018	MAR	13	10:03 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2018	JUN	13	9:14 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2018	SEP	26	10:00 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2018	NOV	21	10:30 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2019	MAR	27	10:02 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2019	JUN	26	10:44 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2019	SEP	25	10:25 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2019	DIC	26	9:56 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2020	MAR	9	10:12 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2021	JUL	7	9:24 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2021	SEP	22	9:31 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2022	ABR	11	9:38 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2022	JUL	5	9:00 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2022	SEP	13	9:09 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2022	NOV	28	8:35 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2023	JUN	21	9:40 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161
2023	SEP	27	9:21 a.m.	E01	-69.96224	-15.85161

TRANS. (m)	PROF. MUESTREO (m)	TEMP. (°C)	pH	OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/cm)
4.6	0.5	16.50	8.62	6.82	1591
7.5	0.5	12.60	8.68	6.67	1492
7.5	0.5	14.70	8.69	7.56	1544
5.0	0.5	17.60	8.83	7.09	1555
10.0	0.5	16.00	9.04	6.41	1517
10.0	0.5	12.80	8.76	5.81	1536
8.0	0.5	15.60	8.65	6.84	1572
7.0	0.5	18.40	8.84	7.17	1579
8.0	0.5	17.10	8.67	6.37	1616
12.0	0.5	12.47	8.86	6.44	1525
5.0	0.5	14.74	8.90	5.93	1662
5.5	0.5	16.20	8.44	5.29	1458
7.0	0.5	12.50	8.75	7.53	1532
4.0	0.5	14.50	8.59	7.33	1562
5.0	0.5	16.50	8.71	6.43	1632
7.0	0.5	12.50	8.69	7.27	1579
4.0	0.5	15.80	8.92	7.70	1604

PO4 (mg/L)	SiO2 (mg/L)	NO2 (mg/L)	NO3 (mg/L)	CLOROFILA-A (mg/m ³)	SST (mg/L)
0.101	0.242	0.003	0.002	4.35	6.00
0.080	0.630	0.004	0.001	2.99	0.57
0.115	0.334	0.012	0.005	7.74	2.86
0.196	0.538	0.016	0.007	2.89	2.29
0.106	1.420	0.002	0.065	4.34	14.98
0.404	0.548	0.030	0.072	0.59	0.44
0.055	0.277	0.008	0.016	1.19	0.50
0.077	0.487	0.012	0.028	3.90	2.22
0.057	0.783	0.013	0.025	1.62	2.00
0.118	0.774	0.007	0.101	1.62	5.25
0.053	0.375	0.007	0.008	3.40	1.75
0.120	0.700	0.003	0.223	4.50	3.75
0.048	0.326	0.002	0.141	6.25	0.25
0.030	0.255	0.008	0.062	3.39	4.50
0.116	0.538	0.006	0.208	4.50	3.75
0.038	0.272	0.009	0.035	1.62	5.50
0.120	0.700	0.003	0.223	2.72	6.50

Anexo 04: Panel fotográfico



Figura 17: Zona del centro de poblado Chimu



Figura 18: Captación de agua- Chimu.



Figura 19: Recolección de muestra de agua



Figura 20: Laboratorio Continental de Puno (IMARPE).

Anexo 05: Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA).

CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	----
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	----
Clorofila A	mg/L	10	----	----	----	----
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		----	----
Niquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	----	----	----	----	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	