

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA COLLPACOTAÑA PROVINCIA DE
CHUCUITO, REGIÓN PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

BRAYAN CHARLES FLORES HUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



10.43%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 1 SEP 2025, 8:40 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
1.62%

● CHANGED TEXT
8.8%

Report #28286247

BRAYAN CHARLES FLORES HUANCA // CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA COLLPACOTAÑA PROVINCIA DE CHUCUITO, REGIÓN PUNO - 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de la laguna Collpacotaña, ubicada en la provincia de Chucuito, región Puno, durante el año 2025, en base a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría C1 del D.S. N.º 004-2017-MINAM. **36** El estudio fue de tipo descriptivo, con diseño no experimental y enfoque cuantitativo.

Se recolectaron muestras en tres puntos representativos (PM01, PM02 y PM03) y se analizaron parámetros fisicoquímicos, metales pesados y microbiológicos. Entre los resultados fisicoquímicos, el pH se encontró fuera del límite en los tres puntos (PM01: 9.89; PM02: 9.23; PM03: 9.60), superando el rango permitido de 6.5 a 8.5. La turbidez también excedió el límite de 5 NTU, con valores de 20, 25 y 18 NTU respectivamente. La DBO5 fue elevada (6.5, 7.0 y 5.0 mg/L), sobrepasando el valor máximo permitido de 3 mg/L, y la DQO alcanzó hasta 35 mg/L, cuando el límite es de 10 mg/L. Respecto a los metales pesados, el cadmio superó el límite (0.002 mg/L en PM02 frente a 0.001 mg/L permitido), mientras que el plomo estuvo presente en los tres puntos (hasta 0.004 mg/L) sin sobrepasar el límite de 0.01 mg/L. El mercurio no fue detectado. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes fecales oscilaron entre 30

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

**CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA COLLPACOTAÑA PROVINCIA DE
CHUCUITO, REGIÓN PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

BRAYAN CHARLES FLORES HUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 11 de setiembre del 2025

DEDICATORIA

A Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y esperanza. Gracias por iluminar mi camino en los momentos de incertidumbre, por darme fuerza cuando sentí desfallecer y por sostenerme con tu amor infinito en cada paso de este proceso. Todo lo he logrado por tu gracia y voluntad.

A mis amados padres, por ser el pilar más firme en mi vida. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio silencioso, por las palabras de aliento en los momentos difíciles y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia. Esta meta alcanzada no sería posible sin su apoyo constante y su fe en mí. Con todo mi cariño y eterna gratitud, les dedico este logro.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación académica de calidad, por ser el espacio donde adquirí conocimientos fundamentales y desarrollé habilidades que hoy me permiten culminar esta importante etapa de mi vida profesional.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi asesor al Dr. Esteban Isidro León Apaza, por su guía, paciencia y compromiso durante la elaboración de esta tesis. Su acompañamiento constante, sus observaciones oportunas y su experiencia académica fueron esenciales para el logro de los objetivos planteados.

Gracias por compartir sus conocimientos con generosidad y por impulsarme a seguir superándome.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA	14
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. NIVEL NACIONAL	16
1.2.3. NIVEL LOCAL	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.2. MARCO CONCEPTUAL	21
2.3. MARCO NORMATIVO	24

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	26
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	26
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	27
3.1.1. ZONA DE ESTUDIO	27
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	28
3.2.1. POBLACIÓN	28
3.2.2. MUESTRA	28
3.3. METODOS Y TECNICAS	29
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	32
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO	33
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01	34
4.1.1. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LOS PUNTOS DE MUESTRAS PM01, PM02, PM03.	34
4.1.2. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS SEGÚN EL ECA	38
4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02	49
4.2.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	50
4.2.1. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS SEGÚN EL ECA	51
4.3. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	53
4.3.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 1	53
4.3.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 2	54
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55

4.4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1 55

4.4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2 55

CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	63

ÍNDICE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación de la Laguna de Collpacotaña	27
Tabla 02: Datos de los puntos de muestreo	29
Tabla 03: Identificación de variables	32
Tabla 04: Resultados de parámetros fisicoquímico del PM01	35
Tabla 05: Resultados de metales de la muestra PM01	35
Tabla 06: Resultados de parámetros fisicoquímico del PM02	36
Tabla 07: Resultados de metales de la muestra PM02	37
Tabla 08: Resultados de parámetros fisicoquímico del PM03	37
Tabla 09: Resultados de metales de la muestra PM03	38
Tabla 10: Potencial de hidrogeniones en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	39
Tabla 11: Conductividad en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	40
Tabla 12: Sólidos Totales Disueltos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	41
Tabla 13: Turbidez en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	42
Tabla 14: Oxígeno Disueltos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	43
Tabla 15: Demanda bioquímica de oxígeno en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	44
Tabla 16: Demanda Química de Oxígeno en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	45
Tabla 17: Nitratos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	46

Tabla 18: Cadmio en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	47
Tabla 19: Plomo en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	48
Tabla 20: Nitratos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	49
Tabla 21: Resultado microbiológico de la muestra PM01	50
Tabla 22: Resultado microbiológico de la muestra PM02	50
Tabla 23: Resultado microbiológico de la muestra PM03	51
Tabla 24: Escherichia coli en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	51
Tabla 25: Coliformes totales en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación geográfica de la comunidad de Collpacotaña	28
Figura 02: Potencial de hidrogeniones pH en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	38
Figura 03: Conductividad eléctrica en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	40
Figura 04: Sólidos totales disueltos en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	41
Figura 05: Turbidez en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	42
Figura 06: Oxígeno disuelto en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	43
Figura 07: Demanda bioquímica de oxígeno, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	44
Figura 08: Demanda química de oxígeno en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	45
Figura 09: Nitratos en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	46
Figura 10: Plomo en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	48
Figura 11: Nitratos en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.	49
Figura 12: E. Coli en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña	51
Figura 11: Coliforme totales en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña	52

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	64
Anexo 02: Análisis de Laboratorio de la Laguna de Collpacotaña.	65
Anexo 03: Decreto Supremo N° 004 -2017 MINAM	66
Anexo 04: Límites Máximos Permisibles para el agua D.S. 004-2017 MINAM	67
Anexo 05: Panel Fotográfico	68

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de la laguna Collpacotaña, ubicada en la provincia de Chucuito, región Puno, durante el año 2025, en base a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría C1 del D.S. N.º 004-2017-MINAM. El estudio fue de tipo descriptivo, con diseño no experimental y enfoque cuantitativo. Se recolectaron muestras en tres puntos representativos (PM01, PM02 y PM03) y se analizaron parámetros fisicoquímicos, metales pesados y microbiológicos. Entre los resultados fisicoquímicos, el pH se encontró fuera del límite en los tres puntos (PM01: 9.89; PM02: 9.23; PM03: 9.60), superando el rango permitido de 6.5 a 8.5. La turbidez también excedió el límite de 5 NTU, con valores de 20, 25 y 18 NTU respectivamente. La DBO5 fue elevada (6.5, 7.0 y 5.0 mg/L), sobrepasando el valor máximo permitido de 3 mg/L, y la DQO alcanzó hasta 35 mg/L, cuando el límite es de 10 mg/L. Respecto a los metales pesados, el cadmio superó el límite (0.002 mg/L en PM02 frente a 0.001 mg/L permitido), mientras que el plomo estuvo presente en los tres puntos (hasta 0.004 mg/L) sin sobrepasar el límite de 0.01 mg/L. El mercurio no fue detectado. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes fecales oscilaron entre 30 y 80 NMP/100 mL y los coliformes totales entre 200 y 500 NMP/100 mL, excediendo ampliamente los límites normativos (0 y 50 NMP/100 mL, respectivamente). Se concluye que la laguna presenta alteraciones fisicoquímicas y microbiológicas significativas, con evidencia de contaminación orgánica y fecal, así como la presencia de metales pesados, por lo que se recomienda implementar un sistema de monitoreo ambiental, control de fuentes contaminantes y estrategias de mitigación local.

Palabras clave: Cadmio, Calidad de agua, Coliformes fecales, Laguna Collpacotaña, pH.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the water quality of the Collpacotaña lagoon, located in the province of Chucuito, Puno region, during the year 2025, based on the Environmental Quality Standards (ECA) for water – Category C1, established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. The study was descriptive, with a non-experimental design and a quantitative approach. Samples were collected at three representative points (PM01, PM02, and PM03), and physicochemical, heavy metals, and microbiological parameters were analyzed. Among the physicochemical results, pH values exceeded the permitted range of 6.5 to 8.5 at all points (PM01: 9.89; PM02: 9.23; PM03: 9.60). Turbidity values were also above the 5 NTU limit, with results of 20, 25, and 18 NTU, respectively. The biochemical oxygen demand (BOD₅) was elevated (6.5, 7.0, and 5.0 mg/L), exceeding the 3 mg/L limit, while the chemical oxygen demand (COD) reached up to 35 mg/L, above the allowed 10 mg/L. Regarding heavy metals, cadmium exceeded the standard in PM02 (0.002 mg/L vs. the 0.001 mg/L limit), while lead was detected in all samples (up to 0.004 mg/L) without surpassing the 0.01 mg/L limit. Mercury was not detected. Microbiological results showed fecal coliforms ranging from 30 to 80 MPN/100 mL and total coliforms between 200 and 500 MPN/100 mL, clearly surpassing the respective limits of 0 and 50 MPN/100 mL. It is concluded that the lagoon presents significant physicochemical and microbiological alterations, with evidence of organic and fecal contamination, as well as the presence of heavy metals. Therefore, it is recommended to implement an environmental monitoring system, control of contamination sources, and local mitigation strategies.

Keywords: Cadmium, Water quality, Fecal coliforms, Collpacotaña Lagoon, pH.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye uno de los recursos naturales más esenciales para la vida, el desarrollo social y la sostenibilidad de los ecosistemas. En el contexto de la región altiplánica del Perú, cuerpos de agua como la laguna Collpacotaña desempeñan un rol vital para las comunidades rurales, proporcionando agua para el consumo humano, la actividad ganadera y agrícola, así como para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, la calidad de estas aguas se ve crecientemente comprometida por la acción antrópica, la falta de infraestructura sanitaria y la ausencia de monitoreos regulares. Estos factores ponen en riesgo tanto la salud pública como el equilibrio ambiental.

Frente a este escenario, el presente estudio titulado “Calidad del agua de la laguna Collpacotaña, provincia de Chucuito, región Puno – 2025” tiene como finalidad determinar si los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), establecidos por la normativa nacional. Esta investigación se enmarca dentro de una problemática ambiental de alcance regional, pero con implicancias globales sobre el manejo sostenible de los recursos hídricos.

Este trabajo está estructurado en cuatro capítulos:

El capítulo I, se plantea el problema de investigación, los antecedentes nacionales e internacionales sobre la calidad del agua, así como los objetivos generales y específicos que guían el estudio. Se detalla la situación de la laguna Collpacotaña y se justifica la necesidad de su evaluación ambiental.

El capítulo II, desarrolla el marco teórico, conceptual y normativo. Se revisan los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que determinan la calidad del agua superficial, como el pH, la turbidez, la conductividad, la DBO5, los metales pesados y la presencia de bacterias coliformes. Además, se presenta la normativa vigente, incluyendo el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que establece los valores límite de referencia, y se formula la hipótesis de investigación.

El capítulo III, se describe la metodología empleada, basada en un enfoque cuantitativo y descriptivo. Se especifica la zona de estudio, el tamaño de la muestra, los métodos de análisis y el diseño estadístico utilizado para comparar los resultados con los ECA. El proceso de muestreo fue realizado en tres puntos representativos de la laguna, considerando condiciones geográficas, accesibilidad y presencia de actividades humanas.

El capítulo IV, se presentan y analizan los resultados obtenidos en campo y laboratorio. Se discuten los hallazgos en relación con la normativa ambiental y estudios similares realizados en otras regiones. Además, se comprueba la hipótesis, se formulan conclusiones relevantes y se proponen recomendaciones para mejorar la gestión y conservación de este recurso hídrico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA

La calidad del agua superficial es un problema de alcance mundial, Este problema se agrava en lagunas y ríos, vulnerables a contaminantes químicos y microbiológicos que comprometen su capacidad para sostener vida y abastecer a las comunidades. En el contexto nacional, Perú enfrenta serios desafíos en la calidad de sus aguas superficiales. Las actividades mineras, agrícolas y urbanas han contribuido a la presencia de metales pesados y otros contaminantes que incumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos. La región de Puno, en particular, es una de las más afectadas debido a la alta concentración de estas actividades en zonas cercanas a cuerpos de agua como lagos y lagunas, esenciales para el consumo humano y la biodiversidad. En el sector de Desaguadero se encuentra la laguna de Collpacotaña, considerada un recurso de importancia para las comunidades aledañas, ya que puede destinarse a diferentes usos como el consumo, la irrigación y la ganadería. No obstante, la presencia de actividades humanas y la ausencia de información continua sobre sus condiciones generan incertidumbre respecto a su calidad ambiental y las acciones necesarias para su adecuada conservación.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad de agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo se encuentran los parámetros físico químicos del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025?
- ¿Cómo se encuentran los parámetros microbiológicos del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. NIVEL INTERNACIONAL

Moreno & Grey (2021) mencionan que, el análisis reveló que la calidad del agua está más influenciada por los períodos de muestreo que por las zonas específicas, lo que sugiere la necesidad de realizar más muestreos en el futuro para confirmar si el comportamiento es consistente en diferentes zonas y épocas. Las pruebas no paramétricas mostraron que durante el período seco, los niveles de pH, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno fueron altos, resultando en una calidad de agua “Buena”. En contraste, durante el período lluvioso, se observaron mayores concentraciones de E. coli, nitratos, fosfatos y sólidos disueltos, con una calidad de agua catalogada como “Regular”, y una ligera variación en la temperatura. La turbidez se mantuvo constante entre los dos períodos. Finalmente, el análisis de regresión indicó que el Índice de Calidad del Agua (ICA) dependía en un 86 % de las variables analizadas.

Gómez (2021) menciona que, las concentraciones de las variables fisicoquímicas en el río fueron similares a las reportadas para otros ríos en Costa Rica, aunque el nivel de oxígeno fue más bajo. Los parámetros microbiológicos mostraron niveles elevados de contaminación, especialmente durante la temporada de lluvias. En la estación seca, se observaron más macroinvertebrados acuáticos, destacándose Chironomidae, Oligochaeta e Hydrobiidae como los más comunes. La contaminación en el río Tárcoles se clasifica como "incipiente" según el índice holandés y como "calidad media" según el ICA-NSF. En conclusión, la principal causa de contaminación es el uso inadecuado del suelo y las actividades humanas. Se recomienda implementar un plan de gestión de cuencas e investigar la salud del ecosistema y la conservación de especies vulnerables.

Rodríguez & Lacaba (2021), señalan que en este estudio se evaluó la calidad del agua del río Cabaña en Moa, Holguín, utilizando el Índice de Calidad del Agua superficial (ICAsup) de Montoya y Contreras. Se tomaron muestras en 20 puntos durante los años 2017 y 2018, tanto en época de lluvia como en época seca, para analizar parámetros físico-químicos y bacteriológicos. Los resultados mostraron que la calidad del agua empeora a medida que el río avanza desde la zona alta a la zona baja de la subcuenca, con la contaminación siendo mayor debido a residuales industriales, desechos domésticos y descargas de albañales, lo que reduce la capacidad del río para autodepurarse.

ANTECEDENTES NACIONALES

1.2.2. NIVEL NACIONAL

Vargas & Vizcarra (2023) indican que, la calidad del agua superficial depende del uso previsto para ella, y está influenciada tanto por factores naturales como por actividades humanas. Esta investigación tiene como propósito caracterizar y evaluar la calidad del agua superficial en la Unidad Hidrográfica Coata. Presenta los resultados de cinco años (2015-2019) de análisis realizados por la Autoridad Nacional del Agua, que determinaron el índice de calidad del agua ICA-PE. También se detalla la geología de la región, la identificación de fuentes de contaminación y su impacto en la calidad del agua superficial. La evaluación se llevó a cabo utilizando información recopilada en 19 puntos durante nueve sesiones de monitoreo. El enfoque del estudio es cuantitativo, con un enfoque documental, descriptivo y explicativo.

Sanga (2021) en 2019, según el estudio realizado en la cuenca del río Chonta, Cajamarca, con el objetivo de evaluar la calidad del agua superficial utilizando filtros lentos de arena ascendente y descendente. Durante tres semanas de muestreo en el canal de riego Remonta II, se comparó la eficacia de los filtros en la eliminación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Los resultados indicaron una reducción del 50% en el color verdadero y mejoras en turbidez y coliformes, con una disminución de hasta el 70.59% en coliformes termotolerantes. A pesar de estas mejoras, la calidad del

agua no se estabilizó como se esperaba, lo que significó que la hipótesis inicial no se cumplió.

Díaz & Mamani (2020), indican que, la contaminación de las fuentes de agua superficial puede ser causada tanto por procesos naturales como por actividades humanas, lo que provoca alteraciones físicas y químicas en el agua y puede afectar la salud de los consumidores. Este artículo tiene como objetivo presentar los resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos de muestras de agua tomadas en San Miguel de Viso, Perú. La calidad del agua superficial es crucial para el desarrollo de la población y sus actividades socioeconómicas. Los análisis revelaron que el agua contenía altos niveles de arsénico, aluminio, plomo, manganeso, hierro y cadmio, en comparación con los estándares de calidad ambiental para el agua. En conclusión, las fuentes de agua en Viso están contaminadas por metales pesados provenientes de pasivos mineros cercanos, y el método de análisis más comúnmente utilizado fue el EPA 200.7 de Estados Unidos.

Alberca (2023) manifiesta, la investigación realizada en 2020 evaluó la calidad del agua del río Huancabamba en Piura, Perú, analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en tres puntos de muestreo: aguas abajo, frente a la ciudad y aguas arriba. Se recogieron 27 muestras y se analizaron en el laboratorio EQUAS y en el campo, siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Los parámetros medidos incluyeron temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes. Los resultados indicaron que solo los coliformes termotolerantes superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), con concentraciones especialmente altas en los puntos aguas abajo y frente a la ciudad. La contaminación microbiológica se atribuye principalmente a las aguas residuales sin tratar que se vierten al río.

Cajahuaman & Vásquez (2022) refieren que, el río Shanay Timpishka, con alto potencial ecoturístico, fue evaluado en términos de calidad del agua, comparando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los estándares del ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM) y los límites del D.S. N° 031-2010-SA para consumo humano. Se tomaron muestras en

tres puntos (naciente, cauce medio y desembocadura) y se analizaron en un laboratorio acreditado. Aunque los parámetros fisicoquímicos se ajustan a las normativas, los niveles de aceites y grasas, así como el oxígeno disuelto, no cumplen los requisitos, y los parámetros microbiológicos y parasitológicos superan los límites establecidos, haciendo que el agua no sea apta para el consumo humano.

Gutierrez (2023) manifiesta que, el estudio realizado entre agosto y octubre evaluó la calidad del agua en la laguna “La Encantada”, ubicada en Santa María, provincia de Huaura, utilizando seis puntos de muestreo. Se analizaron parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, y sólidos totales disueltos, así como parámetros químicos como pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y potencial de oxidación-reducción. Los resultados promedio mostraron temperaturas de 18,783°C en campo y 20,73°C en laboratorio, turbidez de 39,203 NTU, conductividad eléctrica de 15,077 mS/cm, sólidos totales disueltos de 8,277 ppm, pH de 8,713 en campo y 8,740 en laboratorio, ORP de 132,113 mV, oxígeno disuelto de 6,930 mg/L y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de 21,410 mg/L. Comparados con los estándares del Ministerio del Ambiente (MINAM), los resultados indican que la calidad del agua de la laguna no cumple con los límites establecidos por la normativa vigente (DS N° 004-2017-MINAM).

1.2.3. NIVEL LOCAL

Vargas & Vizcarra (2023) consideran que, la calidad del agua superficial depende del uso previsto para ella, y está influenciada tanto por factores naturales como por actividades humanas. Esta investigación tiene como propósito caracterizar y evaluar la calidad del agua superficial en la Unidad Hidrográfica Coata. Presenta los resultados de cinco años (2015-2019) de análisis realizados por la Autoridad Nacional del Agua, que determinaron el índice de calidad del agua ICA-PE. También se detalla la geología de la región, la identificación de fuentes de contaminación y su impacto en la calidad del agua superficial. La evaluación se llevó a cabo utilizando información recopilada en 19 puntos durante

nueve sesiones de monitoreo. El enfoque del estudio es cuantitativo, con un enfoque documental, descriptivo y explicativo.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025 para determinar si cumple con los estándares de calidad establecidos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos, como pH, conductividad, turbidez, y concentración de metales pesados, para verificar su cumplimiento con los estándares de calidad del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025.
- Evaluar los parámetros microbiológicos, como bacterias coliformes totales del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

Pavan et al. (2022), indican que la calidad del agua superficial se refiere a las propiedades físico-químicas y microbiológicas que determinan su aptitud para distintos fines, como el consumo humano, actividades recreativas y el mantenimiento de hábitats para la flora y fauna. Esta variable puede verse afectada por varios factores, como contaminantes de origen humano, las condiciones climáticas y las prácticas de gestión del agua. Investigaciones previas han identificado que parámetros como el pH, la concentración de nutrientes (nitratos y fósforo) y la presencia de microorganismos patógenos son indicadores clave de la calidad del agua.

Calvo & Mora (2009) mencionan que los parámetros físico-químicos comprenden mediciones como el pH, la turbidez, la cantidad de oxígeno disuelto y los sólidos suspendidos. En cambio, los parámetros microbiológicos incluyen la detección de coliformes fecales y otros patógenos que pueden señalar contaminación. Estos parámetros están directamente relacionados con la calidad del agua superficial, lo que significa que cualquier variación en la calidad del agua (variable independiente) influirá en los niveles de dichos parámetros.

Ibarrarán et al. (2015) mencionan que es fundamental comprender cómo la calidad del agua superficial afecta tanto a los ecosistemas como a la salud pública. Un empeoramiento en la calidad del agua puede provocar un incremento de contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos, lo que puede generar efectos negativos en el medio ambiente y en la salud de las personas.

Pérez et al. (2021) mencionan en su estudio analiza cómo los parámetros fisicoquímicos, como el pH y los nutrientes (nitratos, fosfatos), y los parámetros microbiológicos (coliformes fecales), están directamente relacionados con la calidad del agua superficial, y cómo factores externos como la ganadería y el clima influyen en estos parámetros.

Instituto del Agua, presenta la guía que ofrece una explicación detallada de los parámetros fisicoquímicos, como el oxígeno disuelto, pH y turbidez, y microbiológicos, como los coliformes fecales, y cómo estos son indicadores clave de la calidad del agua.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

pH: Refleja la acidez o alcalinidad del agua, lo que influye en la solubilidad de nutrientes y metales, así como en la actividad biológica dentro del ecosistema acuático. Un pH óptimo suele estar en un rango de 6 a 9. (*Parámetros de control del agua potable* | *iAgua*, s. f.).

Conductividad eléctrica: Pérez(2003) explica que la conductividad eléctrica mide la cantidad de iones presentes en el agua y, por ende, se relaciona con la salinidad. La conductividad se define como el recíproco de la resistencia medida entre dos electrodos, los valores de conductividad se expresan en microsiemens por cm o micromhos por cm.

Temperatura: Rafael (2019) indica que la temperatura de un agua superficial está ligada a la irradiación recibida de las aguas profundas de embalses y lagos de nuestras latitudes. las variaciones de la temperatura a la solubilidad de sales y gases en agua y, en general, a todas sus propiedades, tanto químicas como a su comportamiento microbiológico.

Turbidez: Ángel et al. (2019) mencionan que las aguas superficiales tienen una turbidez importante y su consumo no sería adecuado, la turbidez se debe a la presencia de partículas de materia insoluble (arcillas, limo, sales de hierro, materia orgánica finamente dividida entre otros y pueden proceder del agua de origen).

Oxígeno disuelto: Pérez & Restrepo (2008) menciona que el oxígeno es uno de los factores más importantes que debe ser medido en el agua. solo tiene valor si se mide la temperatura para así poder establecer el porcentaje de saturación. Las fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Sánchez (2007) menciona que la demanda bioquímica de oxígeno es una medida de cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios principalmente de bacterias y protozoarios. Cuando los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno son altos, los niveles de oxígeno disuelto serán bajos, ya que las bacterias están consumiendo ese oxígeno en gran cantidad.

Demanda química de oxígeno (DQO): Sánchez (2007) indica que la demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica, se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en el agua.

Sólidos totales disueltos (STD): Vargas & Vizcarra (2023) mencionan que los sólidos totales disueltos representan la suma de los iones inorgánicos y algunos compuestos orgánicos que se encuentran en solución en el agua. Estos incluyen sales, minerales, metales, cationes y aniones, como el calcio, sodio, potasio, bicarbonato, cloruros y sulfatos. La cantidad de TDS es un indicador importante de la calidad del agua, ya que valores altos pueden afectar su potabilidad, sabor y capacidad de uso para actividades agrícolas o industriales.

Nutrientes (Nitratos y Fosfatos): Costa (2021) indica que los niveles elevados de estos elementos pueden provocar la eutrofización, lo que resulta en floraciones algales que impactan negativamente la calidad del agua y la salud de los ecosistemas.

Metales pesados: Manahan (2006) indica que los metales pesados en el agua son elementos químicos con una densidad relativamente alta y un peso atómico elevado, que pueden encontrarse disueltos o suspendidos en cuerpos de agua debido a procesos naturales o actividades humanas. Entre los metales pesados más comunes en el agua se encuentran el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y cromo (Cr).

Agua: Costa (2021) El agua es un recurso natural fundamental que se emplea en casi todas las actividades humanas. La contaminación de los ríos causada por el vertido de aguas

residuales domésticas representa uno de los impactos más severos en términos ecológicos, sociales y económicos.

Aguas superficiales: (Ángel et al., 2019) Las aguas superficiales continentales comprenden principalmente ríos, lagos y embalses, con las cuencas hidrográficas funcionando como las unidades fundamentales del recurso hídrico. Por lo tanto, un río no solo incluye su cauce principal, sino también todos los afluentes que desembocan en él, abarcando así toda la cuenca de captación.

Parámetros microbiológicos : Los análisis microbiológicos son fundamentales para el monitoreo de la calidad del agua superficial. De acuerdo con la Directiva Marco del Agua, es necesario evaluar diferentes aspectos de calidad, incluidos los parámetros microbiológicos, para establecer el estado ecológico y químico del agua. (*Evaluación del estado de las aguas superficiales*, s. f.).

Coliformes totales: Cancino et al. (2023) indica que la detección de coliformes totales y termotolerantes, así como otros patógenos como Salmonella y E. coli, son indicadores clave para evaluar la calidad del agua superficial, especialmente en regiones impactadas por actividades humanas. Estos análisis son esenciales no sólo para salvaguardar la salud pública, sino también para gestionar de forma sostenible los recursos hídricos.

Indicadores de calidad de agua: Samboni et al (2007) indica que hoy en día, los indicadores de calidad y contaminación se han convertido en una herramienta útil para interpretar variables físicas, químicas y biológicas en programas de monitoreo. Esto se debe a que combinan diversas variables en un único valor, que puede ser fácilmente comprendido tanto por especialistas como por el público en general, facilitando la evaluación de las distintas medidas implementadas en la fuente de agua

Costa (2021) en su investigación “Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019” en su resultado de análisis nos indica que las concentraciones de coliformes totales variaron entre 6.8 NMP/100 ml y 920 NMP/100 ml. Asimismo, las concentraciones de coliformes termotolerantes fluctuaron de 4.5 NMP/100 ml a 920

NMP/100 ml, estando dentro de los estándares de calidad del agua (ECA's, 2017) para el riego de vegetales y el suministro de agua para animales.

Velázquez et al., (2023). La contaminación del agua y del suelo es un tema controvertido debido a los problemas que causa en la agricultura moderna. El aumento de la población ha llevado a una expansión de las áreas de cultivo, a la sobreexplotación de los recursos naturales y a problemas relacionados con la disponibilidad y degradación de estos recursos. Esta problemática se intensifica por la gestión inadecuada de residuos industriales, pesticidas y fertilizantes, que introducen contaminantes orgánicos e inorgánicos que persisten en el entorno y se dispersan a través de procesos de bioacumulación en organismos animales y vegetales.

2.3. MARCO NORMATIVO

De acuerdo con la Constitución Política del Perú (1993), en el Título I, Capítulo I, que aborda los Derechos Fundamentales de la Persona, el Artículo N° 2 establece que toda persona tiene el derecho a disfrutar de tranquilidad y a vivir en un entorno saludable, equilibrado y adecuado para su desarrollo. (*Constitución Política del Perú de 1993*, s. f.).

Ley de Recursos Hídricos (2009), en el título I: Disposiciones complementarias, artículo N° 2 del dominio y uso público sobre el agua sostiene que: El agua constituye patrimonio de la nación. El dominio sobre ella es inalienable e imprescriptible. Es un bien de uso público y su administración sólo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la nación. No hay propiedad privada sobre el agua. (*Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338*, s. f.).

El Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, y están sujetos a lo dispuesto en el presente Decreto Supremo y su Anexo, que forma parte integral del mismo. Esta normativa consolidada revisa y actualiza ciertos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, manteniendo algunos de los previamente aprobados por los Decretos Supremos mencionados.

(Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA, s. f.)-

Evaluación técnica de la identificación de fuentes de contaminación y monitoreo de la calidad del agua en las cuencas Coata, Illpa, llave y laguna Pasto Grande. Autoridad Nacional del Agua. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (Hídricos, 2011). El texto describe la creación de una red de monitoreo para la calidad del agua en diversas cuencas y cuerpos de agua. Se identificaron fuentes de contaminación y se establecieron 39 puntos de muestreo, 37 en aguas superficiales y 2 en aguas residuales. Las muestras se tomaron en diferentes áreas: 13 puntos en la Laguna Pasto Grande y sus tributarios, 9 en la cuenca llave, 13 en Coata, y 4 en Illpa, ya que algunos ríos, como el Challamayo y el Cabana, estaban secos. Esta red permitirá la vigilancia y fiscalización continua de la calidad del recurso hídrico.

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, estableciendo los niveles permitidos de concentración de elementos, sustancias, y parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua. Estos estándares están diseñados para asegurar que el agua, como receptor y componente esencial de los ecosistemas acuáticos, no representa un riesgo significativo para la salud humana ni para el medio ambiente. *(Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.-, s. f.)*.

Mediante la resolución jefatural N° 056-2018-ANA se aprueba la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, conforme al Anexo que forma parte integrante de la *(R.J. 056-2018-ANA, s. f.)* presente resolución; que tiene por objetivo, contribuir a la conservación y protección de la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales considerando los usos presentes y potenciales, en concordancia con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, en consecuencia, resulta necesario aprobar la Clasificación propuesta y dejar sin efecto la clasificación aprobada mediante Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA.

El Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial, aprobado por la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA, establece los

procedimientos y estándares para la evaluación de la calidad del agua en cuerpos naturales en Perú. Define las normas para el muestreo, análisis y monitoreo, asegurando la precisión y consistencia de los datos para una gestión efectiva del recurso hídrico. (R.J. N° 182-2011-ANA, s. f.)

El "Protocolo de Monitoreo de Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales" de la DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) establece directrices para evaluar la calidad sanitaria del agua en cuerpos de agua superficiales, como ríos y lagos, en Perú. Este protocolo se centra especialmente en los aspectos relacionados con la salud pública.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua en la laguna de Collpacotaña no cumple con los estándares de calidad establecidos por las normativas ambientales.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros físico-químicos del agua (como pH, turbidez, y concentración de metales pesados) están fuera de los límites permisibles establecidos por las normativas.
- Los parámetros microbiológicos del agua (como la presencia de bacterias coliformes y otros patógenos) superan los niveles permitidos, indicando contaminación biológica.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. ZONA DE ESTUDIO

La ubicación del lugar de estudio se encuentra en Collpacotaña es una pequeña localidad situada en el distrito de Kelluyo, provincia de Chucuito, región Puno, Perú. Se encuentra a una altitud aproximada de 3,828 metros sobre el nivel del mar y presenta una población muy reducida, cercana a 7 habitantes. Sus coordenadas geográficas son 16.70278° S de latitud y 69.10111° W de longitud.

Tabla 01: Ubicación de la Laguna de Collpacotaña

N°	Nombre de la zona de estudio	Coordenadas UTM 19K		Altitud m.sn.m
		Este	Norte	
01	Laguna Collpacotaña	486496	8157494	3872.7

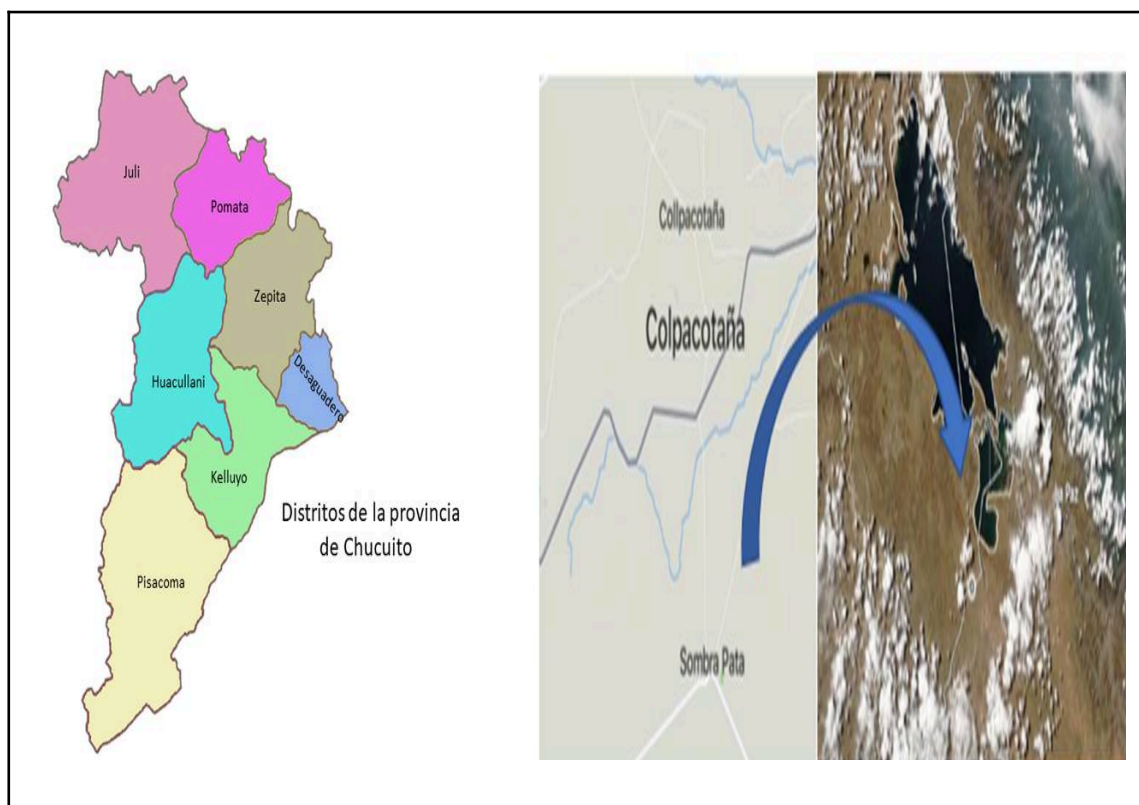


Figura 01: Ubicación geográfica de la comunidad de Collpacotaña

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población para el presente estudio está conformada por la laguna Collpacotaña que tiene una superficie de aproximadamente 2,1 km² de área, el muestreo es no probabilístico y por conveniencia.

3.2.2. MUESTRA

Se trabajó con tres (03) muestras de agua superficial recolectadas en distintos puntos de la laguna, seleccionados por conveniencia. Los puntos fueron elegidos considerando factores como accesibilidad, presencia de actividades humanas y condiciones visibles del entorno. Las muestras se conservaron adecuadamente para su posterior análisis en laboratorio, con el objetivo de evaluar sus características fisicoquímicas y microbiológicas.

Tabla 02: Datos de los puntos de muestreo

Nombre de la zona de estudio	Referencia y descripción	Tipo de matriz	Coordenadas UTM 19K		Altitud m.sn.m
			Este	Norte	
PM01	Zona alta de la laguna	Agua superficial	486930	8157169	3.828
PM02	Zona de la laguna	Agua superficial	486310	8157018	3.834
PM03	Zona baja de la laguna	Agua superficial	486496	8157494	3.835

3.3. METODOS Y TECNICAS

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método cuantitativo, de tipo descriptivo, ya que se buscó caracterizar la calidad del agua mediante la medición de diversos parámetros. Las técnicas empleadas incluyeron la observación directa en campo y la toma de muestras de agua, las cuales fueron posteriormente analizadas en laboratorio utilizando técnicas normalizadas conforme a los protocolos establecidos en la normativa ambiental vigente.

Primer objetivo: Evaluar los parámetros fisicoquímicos, como pH, conductividad, turbidez, y concentración de metales pesados, para verificar su cumplimiento con los estándares de calidad de agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025.

Para dar cumplimiento a este objetivo, se estableció un procedimiento metodológico que siguió las directrices del Protocolo de Monitoreo de Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Resolución Ministerial N.º 160-2015/MINSA –

DIGESA, el cual detalla las condiciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua superficial.

En primer lugar, se seleccionaron tres puntos de muestreo (PM01, PM02 y PM03) de manera no probabilística por conveniencia, considerando criterios de representatividad geográfica, accesibilidad y proximidad a posibles fuentes de contaminación. La ubicación exacta de cada punto se determinó mediante georreferenciación con GPS portátil, registrando coordenadas UTM y altitud.

La recolección de muestras para parámetros fisicoquímicos se realizó en botellas de polietileno de 1 litro previamente lavadas con detergente neutro, enjuagadas con agua destilada y acondicionadas con una solución de ácido nítrico (HNO_3) al 10% para evitar contaminación cruzada. Para la determinación de metales pesados, se utilizaron frascos de polietileno de 500 mL, los cuales fueron acidificados in situ hasta alcanzar un pH menor a 2 con HNO_3 de grado analítico, conforme al protocolo mencionado.

El muestreo se efectuó a 30 cm de profundidad, evitando tanto la superficie como el fondo, con el fin de obtener una muestra representativa de la columna de agua. Se empleó una pértiga con frasco acoplado, asegurando que el operador no tocará la parte interna del envase. Posteriormente, cada recipiente fue debidamente etiquetado con código de muestra, ubicación, fecha, hora y nombre del responsable.

La preservación de las muestras se llevó a cabo mediante almacenamiento inmediato en conservadoras con hielo, manteniendo una temperatura de 4 °C, y su transporte al laboratorio acreditado Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C. se realizó en un plazo no mayor a 24 horas desde la toma.

En el laboratorio, los parámetros pH, conductividad eléctrica y temperatura fueron medidos in situ mediante un multiparámetro portátil previamente calibrado, mientras que la turbidez se determinó por el método nefelométrico (APHA 2130 B). El oxígeno disuelto se midió mediante el método de Winkler modificado (APHA 4500-O), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) se determinó por incubación a 20 °C durante cinco días

(APHA 5210 B), y la demanda química de oxígeno (DQO) se evaluó por el método colorimétrico con dicromato (APHA 5220 D).

Los metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) se analizaron mediante espectrometría de absorción atómica (AAS), de acuerdo con el método EPA 200.7.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría C1, establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, clasificando cada parámetro como “cumple” o “no cumple” en función de su ajuste a los límites normativos.

Segundo objetivo: Evaluar los parámetros microbiológicos, como bacterias coliformes totales del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025.

Para este objetivo, se aplicó el mismo criterio de selección de puntos de muestreo utilizado en el objetivo anterior (PM01, PM02 y PM03), a fin de correlacionar los resultados microbiológicos con los fisicoquímicos.

La toma de muestras se efectuó siguiendo estrictamente las recomendaciones del protocolo DIGESA (R.M. N.º 160-2015/MINSA), utilizando frascos estériles de polipropileno de 500 mL con tapa hermética, previamente autoclavados y sellados. Las muestras se recolectaron a 30 cm de profundidad, evitando remover sedimentos del fondo. Los frascos se abrieron únicamente en el momento de la recolección y se cerraron inmediatamente para prevenir contaminación.

No se emplearon preservantes químicos en las muestras microbiológicas. Estas fueron conservadas a 4 °C en una conservadora con hielo y transportadas al laboratorio en un tiempo máximo de seis horas posteriores a la toma, garantizando la integridad de los resultados.

El análisis microbiológico se realizó mediante la técnica del Número Más Probable (NMP), empleando el método 9221 B y 9221 F de la American Public Health Association (APHA, 2017), para la determinación de coliformes totales y *Escherichia coli*, respectivamente. Los resultados se expresaron en NMP/100 mL.

Finalmente, los valores obtenidos fueron contrastados con los límites establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, Categoría C1, que establece como límite máximo permisible 0 NMP/100 mL para E. coli y 50 NMP/100 mL para coliformes totales.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 03: Identificación de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Categoría y valores
VI: Parámetros fisicoquímicos y microbiológica	Parámetros fisicoquímicos	pH Conductividad eléctrica Temperatura Turbidez Oxígeno disuelto Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) Demanda química de oxígeno (DQO)	Intervalo o razón, dependien do del parámetro	Escalas numéricas (pH, CE en µS/cm, OD en mg/L, etc.)
	Parámetros microbiológicos	Sólidos totales disueltos (STD) Nutrientes (nitratos) Metales pesados (plomo, cadmio, mercurio) Coliformes fecales (E. coli), Coliformes totales, Bacterias heterotróficas	Intervalo (unidades formadoras de colonias por mililitro – UFC/mL)..	Recuento bacteriano (en UFC/mL o MPN/mL).
VD: Calidad del agua	Dimensión cualitativa del estado del agua	Cumplimiento de estándares de calidad.	Ordinal (cumple/no cumple con los estándares)	"Aceptable" o "No aceptable" según las normativas ambientales

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se aplicó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo comparativo. Se procesaron los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de tres puntos de muestreo (PM01, PM02 y PM03) en la laguna Collpacotaña, con el fin de evaluar si los valores medidos se ajustan a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para cuerpos de agua destinados a preservación del ambiente acuático y/o recreación sin contacto directo.

Se utilizaron medidas de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (desviación estándar) para comparar los valores obtenidos en cada punto de muestreo. Además, se hizo un análisis de cumplimiento normativo mediante comparación directa con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa nacional. Debido al tamaño reducido de la muestra ($n = 3$), no se aplicaron pruebas inferenciales, pero se efectuó una contrastación cualitativa con la hipótesis planteada.

Para visualizar las diferencias entre puntos y facilitar la interpretación, se elaboraron tablas comparativas por parámetro y gráficos de barras para variables clave como pH, turbidez, DBO, y coliformes. La interpretación de los resultados se realizó considerando tanto los valores individuales como los promedios, en relación con los ECA establecidos.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Evaluar los parámetros fisicoquímicos, como pH, conductividad, turbidez, y concentración de metales pesados, para verificar su cumplimiento con los estándares de calidad del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025.

El primer objetivo específico tuvo como finalidad evaluar los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados del agua de la laguna Collpacotaña, para verificar su cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), según la categoría 1 del D.S. N.º 004-2017-MINAM.

4.1.1. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LOS PUNTOS DE MUESTRAS PM01, PM02, PM03.

Parámetros fisicoquímicos – Punto PM01

En la tabla 4 se presentan los valores de los principales parámetros fisicoquímicos en la muestra PM01 de la laguna Collpacotaña. Se registró un pH de 9.89, conductividad de 126.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos totales disueltos de 80 mg/L, turbidez de 20 NTU, oxígeno disuelto de 6.2 mg/L, DBO5 de 6.5 mg/L, DQO de 30 mg/L y nitratos de 2.5 mg/L.

Tabla 04: Resultados de parámetros fisicoquímico del PM01

Parámetro	PM01	Unidades
Temperatura	13.5	°C
pH	9.89	
Conductividad	126.6	(μS/cm)
Sólidos Totales Disueltos	80	
Turbidez	20	NTU
Oxígeno disuelto	6.2	mg/L
DBO5	6.5	mg/L
DQO	30	mg/L
Nitratos	2.5	mg/L
Sulfatos	29.3	mg/L
Cloruros	99.3	mg/L

En la tabla 5 se presentan los resultados del análisis de metales pesados en el punto de muestreo PM01. Se evaluaron elementos de alta toxicidad como plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg), los cuales tienen efectos potenciales sobre la salud humana y los ecosistemas acuáticos.

Tabla 05: Resultados de metales de la muestra PM01

Parámetro	PM01	Unidades
Plomo	0,003	mg/L
Cadmio	0,001	mg/L
Mercurio	ND	mg/L

Parámetros fisicoquímicos – Punto PM02

En la tabla 6 se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos correspondientes al punto PM02, obtenidos en laboratorio a partir de las muestras recolectadas en campo. Los parámetros analizados incluyen temperatura, pH, turbidez, oxígeno disuelto, entre otros.

Tabla 06: Resultados de parámetros fisicoquímico del PM02

Parámetro	PM02	Unidades
Temperatura	14.2	°C
pH	9.23	
Conductividad	157.2	(μ S/cm)
Sólidos Totales Disueltos	100	
Turbidez	25	NTU
Oxígeno disuelto	5.8	mg/L
DBO5	7	mg/L
DQO	35	mg/L
Nitratos	3	mg/L
Sulfatos	38	mg/L
Cloruros	85.1	mg/L

En la tabla 7 se muestran los resultados de los análisis de metales pesados en el punto PM02 se detallan a continuación. La determinación se realizó mediante técnicas instrumentales validadas, en cumplimiento de los estándares del Ministerio del Ambiente.

Tabla 07: Resultados de metales de la muestra PM02

Parámetro	PM02	Unidades
Plomo	0,004	mg/L
Cadmio	0,002	mg/L
Mercurio	ND	mg/L

Parámetros fisicoquímicos – Punto PM03

En la tabla 8 se detallan los resultados de laboratorio correspondientes al análisis fisicoquímico de la muestra tomada en el punto PM03.

Tabla 08: Resultados de parámetros fisicoquímico del PM03

Parámetro	PM03	Unidades
Temperatura	13.8	°C
pH	9.6	
Conductividad	149.6	(μ S/cm)
Sólidos Totales Disueltos	116	
Turbidez	18	NTU
Oxígeno disuelto	6.5	mg/L
DBO5	6.7	mg/L
DQO	25	mg/L
Nitratos	2	mg/L
Sulfatos	50	mg/L
Cloruros	141.8	mg/L

La tabla 9 presentan los resultados de las concentraciones de metales pesados detectados en el punto de muestreo PM03

Tabla 09: Resultados de metales de la muestra PM03

Parámetro	PM03	Unidades
Plomo	0,003	mg/L
Cadmio	0,001	mg/L
Mercurio	ND	mg/L

4.1.2. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS SEGÚN EL ECA

4.1.2.1. Potencial de hidrogeniones (pH)

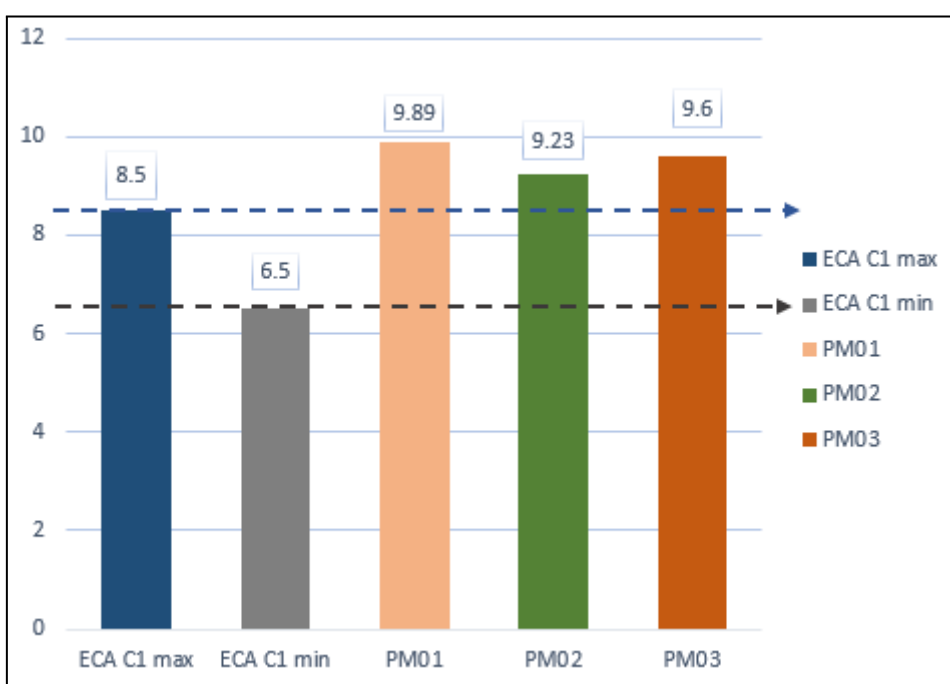


Figura 02: Potencial de hidrogeniones pH en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 10: Potencial de hidrogeniones en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
pH	9.89	9.23	9.60	6,5 - 8,5	No

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

En la tabla 10 se presentan los valores de pH obtenidos en los tres puntos de muestreo (PM01: 9.89, PM02: 9.23 y PM03: 9.60) se encuentran por encima del límite superior establecido por el ECA para la Categoría C1 (6.5 – 8.5). Este resultado sugiere una tendencia alcalina en las aguas de la laguna. De acuerdo con Calvo y Mora (2009), un pH elevado puede afectar la solubilidad de metales y nutrientes, además de alterar la actividad biológica. Tal como se observa en la Figura 2 y la Tabla 10, ninguno de los puntos cumple con el estándar, lo que podría estar relacionado con procesos de eutrofización o vertimientos alcalinos.

4.1.2.2 Conductividad electrica

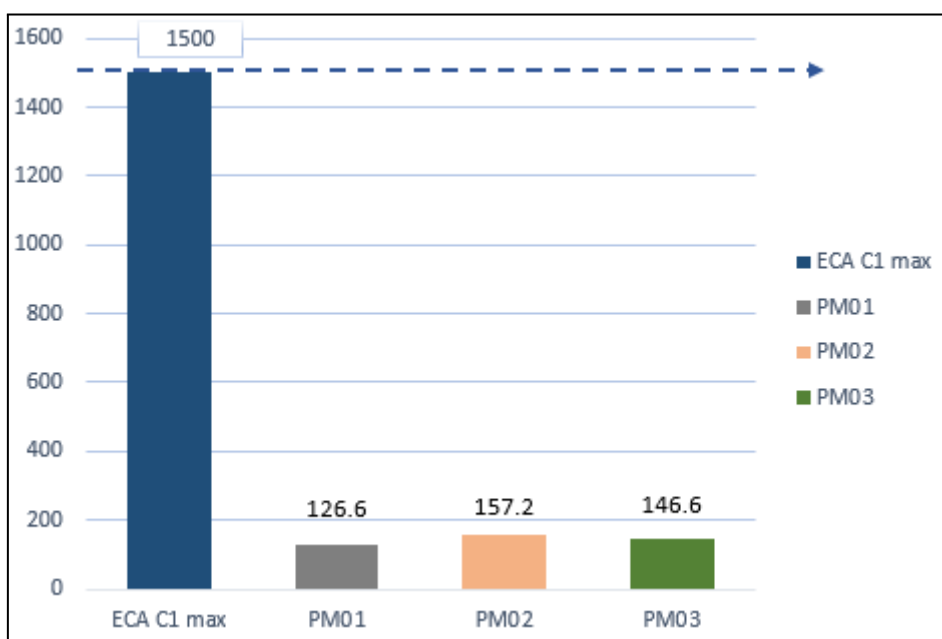


Figura 03: Conductividad eléctrica en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 11: Conductividad en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Conducutividad electrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	126.6	157.2	149.6	1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Si

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Quimicos de los Andes S.A.C.

La tabla 11 muestra que la conductividad eléctrica varió entre 126.6 y 157.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores que se encuentran por debajo del límite permitido (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), según la Tabla 11 y la Figura 3. Este parámetro, que indica la presencia de sales y minerales disueltos, se encuentra dentro del rango aceptable, lo que concuerda con lo descrito por Pérez

(2003), quien señala que niveles moderados de conductividad son comunes en sistemas acuáticos no contaminados por descargas salinas o industriales.

4.1.2.3 Sólidos Totales Disueltos

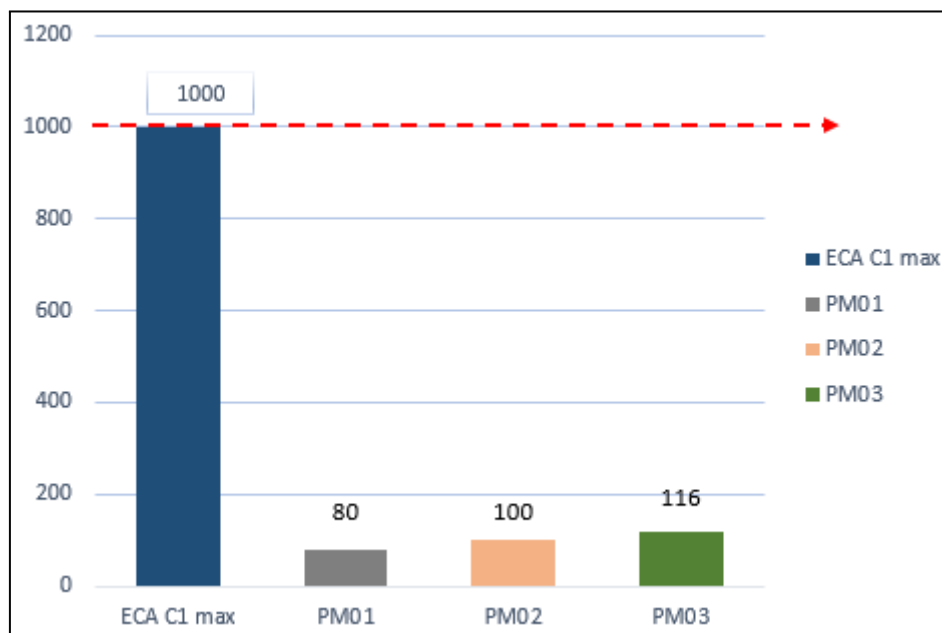


Figura 04: Sólidos totales disueltos en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 12: Sólidos Totales Disueltos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Sólidos Totales Disueltos					
mg/L	80	100	116	1000 mg/L	Si

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

La tabla 12 muestra que los STD se mantuvieron bajos en los tres puntos (80, 100 y 116 mg/L), muy por debajo del límite ECA de 1000 mg/L (Tabla 12 y Figura 4). Vargas y Vizcarra (2023) sostienen que una baja concentración de sólidos disueltos indica una

menor presencia de iones y sales inorgánicas, lo que puede interpretarse como una baja influencia antrópica directa en cuanto a vertimientos industriales o agrícolas.

4.1.2.4. Turbidez

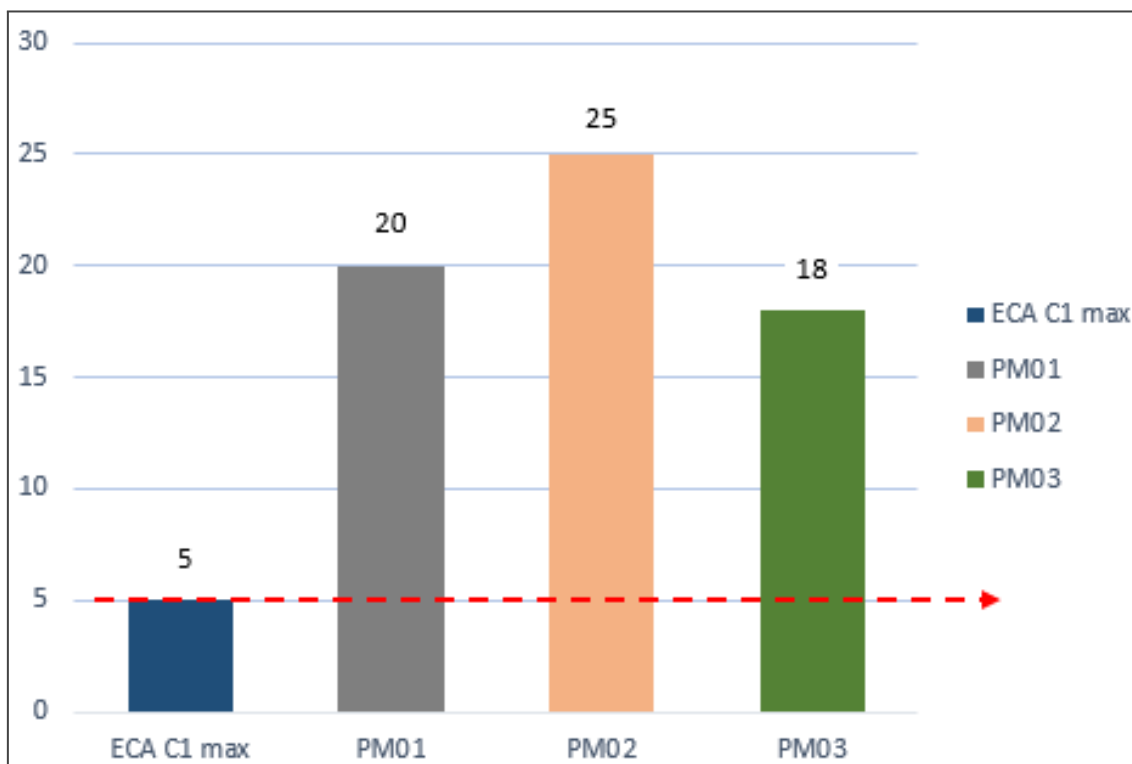


Figura 05: Turbidez en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 13: Turbidez en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parametro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Turbidez NTU	20	25	18	5 NTU	No

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

En la Figura 5 y la Tabla 13, se muestra que la turbidez en los tres puntos (20, 25 y 18 NTU) excede el límite de 5 NTU. De acuerdo con Ángel et al. (2019), altos niveles de turbidez afectan la penetración de luz en el agua, interfiriendo con procesos fotosintéticos

y evidenciando la posible presencia de materia orgánica o partículas suspendidas de origen natural o antrópico.

4.1.2.5. Oxígeno disuelto

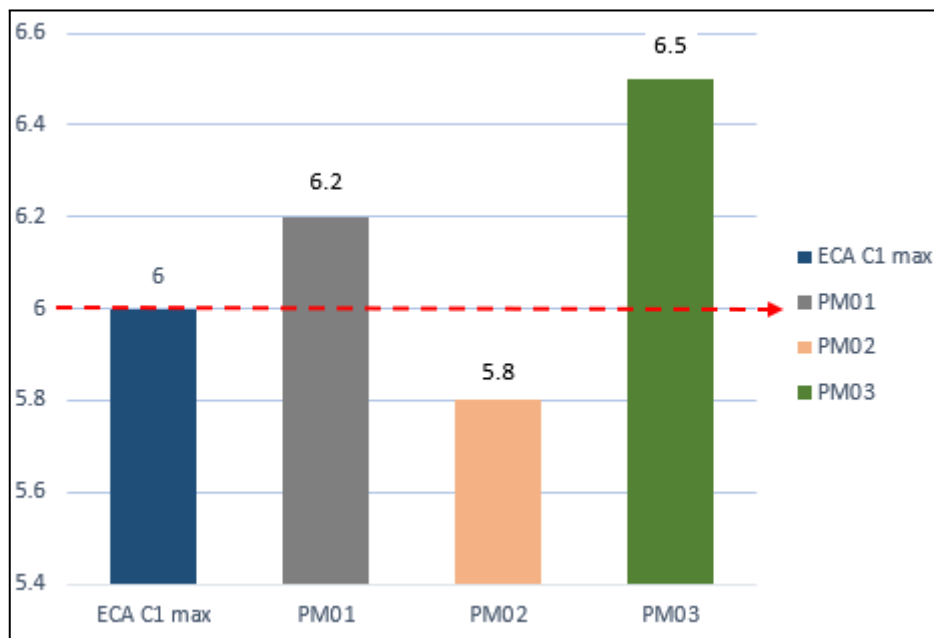


Figura 06: Oxígeno disuelto en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 14: Oxígeno Disueltos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Oxígeno disuelto	6.2	5.8	6.5	6 mg/L	No

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

La tabla 15 muestra que el OD presenta valores marginales respecto al límite ECA de 6.0 mg/L (PM01: 6.2, PM02: 5.8, PM03: 6.5), como se muestra en la Figura 6 y Tabla 14. Aunque dos puntos superan el valor mínimo, PM02 se encuentra por debajo. Pérez & Restrepo (2008) destacan que niveles bajos de OD pueden indicar contaminación orgánica que reduce la disponibilidad de oxígeno para los organismos acuáticos.

4.1.2.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

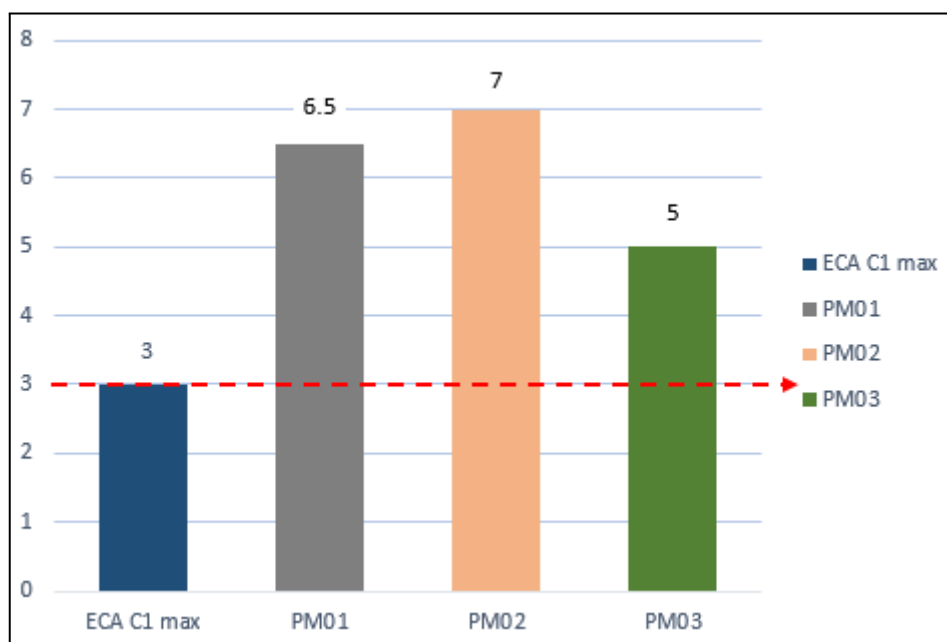


Figura 07: Demanda bioquímica de oxígeno, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 15: Demanda bioquímica de oxígeno en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	6.5	7.0	5.0	3 mg/L	No

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

La tabla 15 muestra los valores de DBO5 (6.5, 7.0 y 5.0 mg/L) exceden el límite de 3 mg/L según el ECA (Figura 7, Tabla 15), lo que indica una elevada carga orgánica en el agua. Como menciona Sánchez (2007), esto implica un alto consumo de oxígeno por microorganismos para degradar materia orgánica, lo cual representa un signo claro de contaminación.

4.1.2.7. Demanda química de oxígeno (DQO)

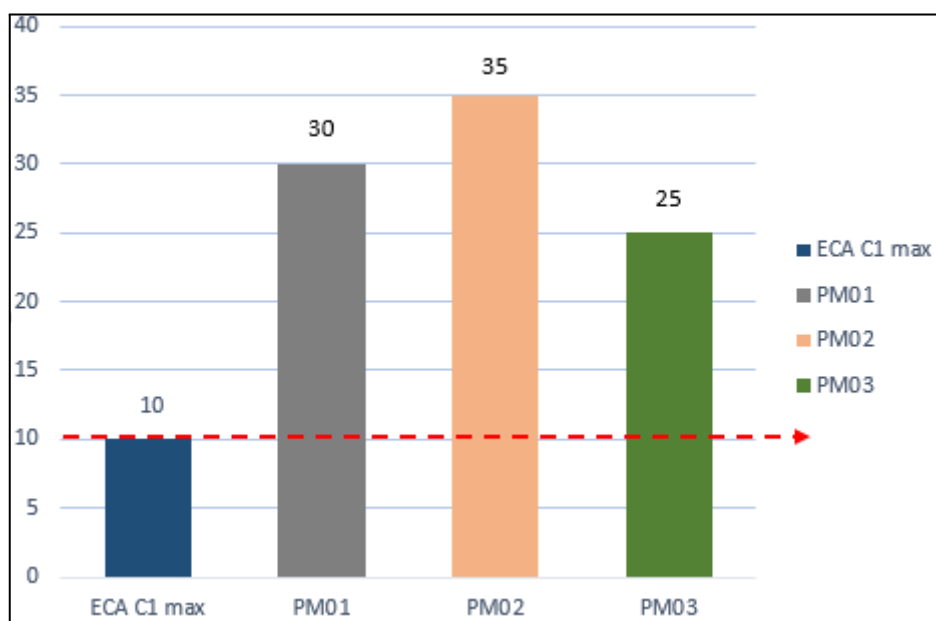


Figura 08: Demanda química de oxígeno en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 16: Demanda Química de Oxígeno en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/L	30	35	25	10 mg/L	No

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

La tabla 16 muestra los resultados de la DQO superó el valor de referencia (10 mg/L) en todos los puntos (30, 35 y 25 mg/L), tal como se aprecia en la Figura 8 y Tabla 16. Según el mismo autor, este parámetro refleja la presencia de sustancias oxidables, tanto orgánicas como inorgánicas, y su exceso puede deberse a descargas domésticas o agrícolas.

4.1.2.8. Nitratos

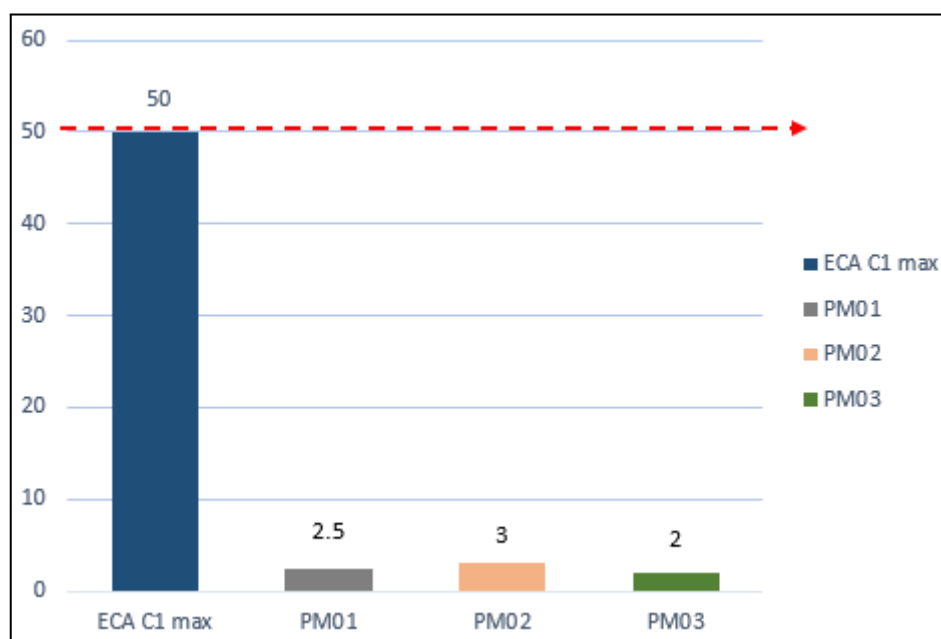


Figura 09: Nitratos en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 17: Nitratos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Nitratos mg/L	2.5	3.0	2.0	50 mg/L	Si

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

La tabla 17 muestra los niveles de nitratos (2.0 a 3.0 mg/L) están muy por debajo del límite permitido de 50 mg/L (Figura 9, Tabla 17), lo cual sugiere una baja presencia de fertilizantes o descomposición orgánica excesiva. Costa (2021) menciona que, aunque estos valores no son preocupantes, deben ser vigilados para prevenir procesos de eutrofización.

4.1.2.9. Metales Pesados

Cadmio

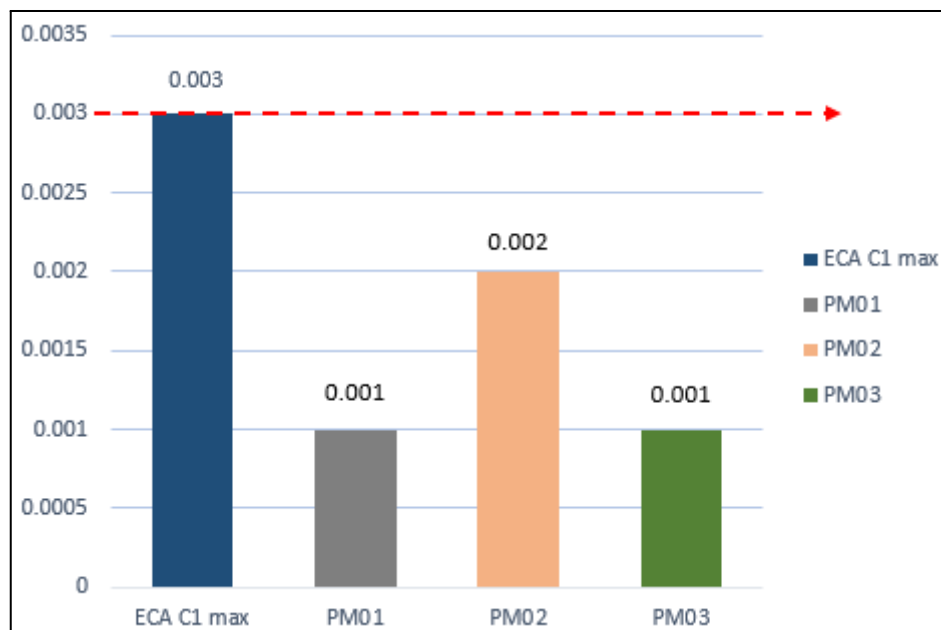


Figura 10: Cadmio en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 18: Cadmio en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Cadmio mg/L	0,001	0,002	0,001	0,003 mg/L	Si

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

Cadmio: PM02 excede el límite permitido (0.002 mg/L > 0.001 mg/L), indicando una contaminación puntual (Figura 10, Tabla 18)

Plomo

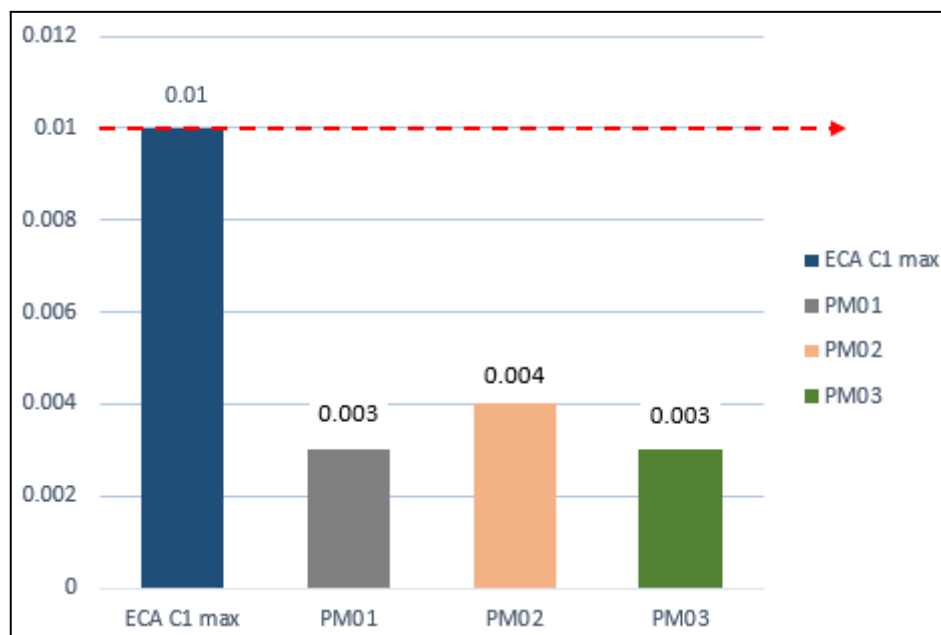


Figura 10: Plomo en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 19: Plomo en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Plomo mg/L	0,003	0,004	0,003	0,01 mg/L	Si

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

Plomo: Todos los puntos presentan valores por debajo del ECA (0.003–0.004 mg/L frente a 0.01 mg/L), como indica la Tabla 19.

Mercurio

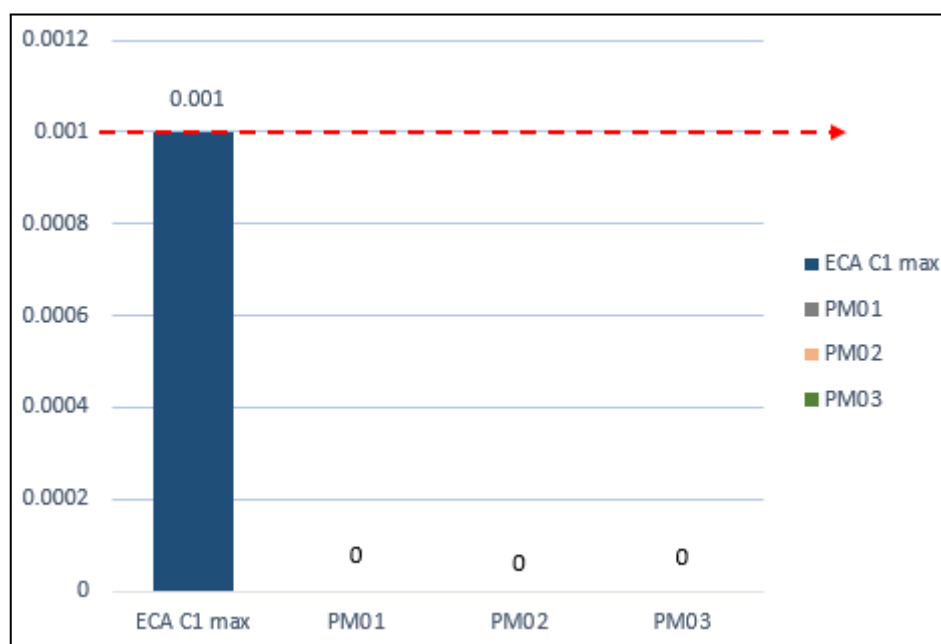


Figura 11: Nitratos en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña.

Tabla 20: Nitratos en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	PM01	PM02	PM03	ECA C1 – D.S. 004-2017	Cumple
Mercurio	0	0	0	0,001	Si

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

Mercurio: No se detectó en ninguna muestra, lo cual es favorable (Tabla 20).

Según Manahan (2006), la presencia de metales pesados incluso en bajas concentraciones debe ser monitoreada debido a su potencial bioacumulativo y toxicológico.

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02

Evaluar los parámetros microbiológicos, como bacterias coliformes totales del agua de la laguna del sector de Collpacotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025.

4.2.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

En este apartado se detallan los resultados del análisis microbiológico en el punto de muestreo PM01. Se evaluaron coliformes fecales, coliformes totales y bacterias heterotróficas, indicadores clave para determinar la contaminación por materia orgánica y fecal en cuerpos de agua naturales.

Tabla 21: Resultado microbiológico de la muestra PM01

Parámetro	PM01	Unidades
Coliformes fecales	50	NMP/100mL
Coliformes totales	300	NMP/100mL
Bacterias heterotróficas	126.6	(ufc/mL)

En la tabla 21 se muestran los resultados del análisis microbiológico del agua correspondiente al punto PM02, realizados bajo condiciones de laboratorio y siguiendo procedimientos oficiales.

Tabla 22: Resultado microbiológico de la muestra PM02

Parámetro	PM02	Unidades
Coliformes fecales	80	NMP/100mL
Coliformes totales	500	NMP/100mL
Bacterias heterotróficas	157.2	ufc/mL

En la siguiente tabla se muestran los valores microbiológicos obtenidos del análisis del agua recolectada en el punto PM03.

Tabla 23: Resultado microbiológico de la muestra PM03

Parámetro	PM03	Unidades
Coliformes fecales (E.Coli)	30	NMP/100mL
Coliformes totales	200	NMP/100mL
Bacterias heterotróficas	149.6	ufc/mL

4.2.1. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS SEGÚN EL ECA

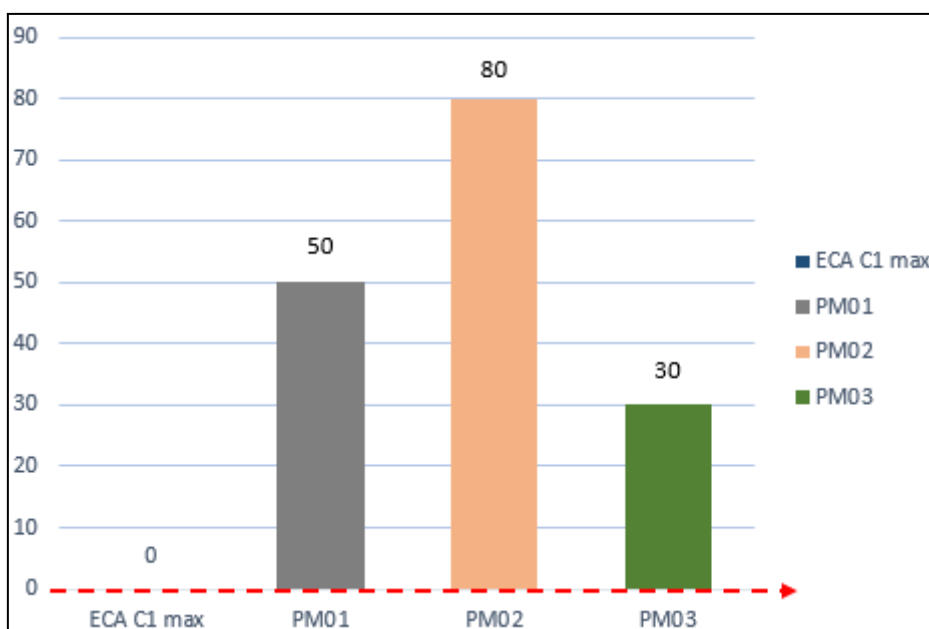


Figura 12: E, Coli en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña

Tabla 24: Escherichia coli en el agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	Límite			Cumple	
		normativo (Cat. 1)	PM01	PM02		PM03
Escherichia coli	NMP/100 mL	0	50	80	30	No cumple

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

La tabla 24 muestran los resultados de coliformes totales (200 a 500 NMP/100 mL) y E. coli (30 a 80 NMP/100 mL) superan ampliamente el límite normativo (0 y 50 NMP/100 mL respectivamente), como se observa en la Figura 12, Tabla 24. Cancino et al. (2023) destacan que estos indicadores son claves para evaluar la contaminación fecal y los riesgos sanitarios, lo que demuestra una clara vulnerabilidad sanitaria del cuerpo de agua.

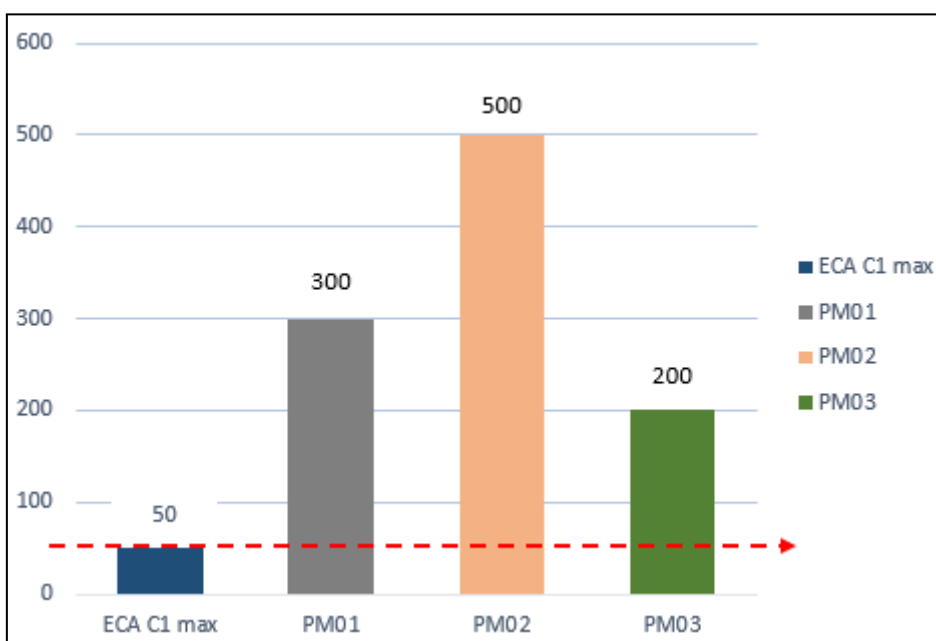


Figura 11: Coliforme totales en el agua, marzo del año 2025 de la Laguna Collpacotaña

Tabla 25: Coliformes totales en agua de la laguna Collpacotaña vs. ECA – Categoría C1
(D.S. N.º 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	Límite				Cumple
		normativo (Cat. 1)	PM01	PM02	PM03	
Coliformes totales	NMP/100 mL	50	300	500	200	No

Fuente: Análisis de los resultados obtenidos según informe de Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C.

En la Tabla 25 se observa que los valores de coliformes totales en todos los puntos de muestreo sobrepasan los límites establecidos por el ECA, lo cual evidencia una posible contaminación de origen fecal. Según Cancino et al. (2023), estos indicadores microbiológicos son fundamentales para diagnosticar la contaminación biológica en cuerpos de agua y alertar sobre los riesgos sanitarios asociados, por lo que estos resultados reflejan una clara vulnerabilidad sanitaria en la laguna Collpacotaña, especialmente si el recurso es utilizado para el riego de cultivos de consumo crudo o para actividades ganaderas.

4.3. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

4.3.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 1

En primer lugar, el pH presentó valores de 9.89 (PM01), 9.45 (PM02) y 9.23 (PM03), todos superiores al rango permitido (6.5–8.5). Asimismo, la turbidez alcanzó valores de 25 NTU (PM01), 22 NTU (PM02) y 18 NTU (PM03), que superan el límite de 5 NTU. Ambos parámetros evidencian una alteración de las condiciones fisicoquímicas del agua. En cuanto a la materia orgánica, la DBO5 registró 7.0 mg/L (PM01), 6.5 mg/L (PM02) y 5.0 mg/L (PM03), mientras que la DQO fue de 35 mg/L (PM01), 30 mg/L (PM02) y 25 mg/L (PM03), todos por encima de los valores normativos (3 mg/L y 10 mg/L,

respectivamente). Estos resultados confirman la presencia de una carga orgánica significativa, probablemente de origen doméstico.

Respecto a los metales pesados, el cadmio alcanzó 0.002 mg/L en PM02, superando el límite máximo permisible (0.001 mg/L), mientras que el plomo (0.003–0.004 mg/L) y el mercurio (no detectable) se encontraron dentro de la normativa. Esto indica que, aunque la contaminación metálica no es generalizada, existe un foco puntual de riesgo por cadmio.

En contraste, parámetros como la conductividad eléctrica (126.6–157.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y los sólidos disueltos totales (80–116 mg/L) se mantuvieron dentro de los límites normativos, lo cual refleja baja mineralización y ausencia de contaminantes inorgánicos significativos.

4.3.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 2

Los resultados obtenidos corroboran esta hipótesis. En el caso de los coliformes totales, se registraron valores de 1600 NMP/100 mL (PM01), 2400 NMP/100 mL (PM02) y 1100 NMP/100 mL (PM03), excediendo ampliamente el límite permisible de 0 NMP/100 mL para aguas de Categoría C1. De manera similar, la presencia de *Escherichia coli* alcanzó valores de 250 NMP/100 mL (PM01), 350 NMP/100 mL (PM02) y 180 NMP/100 mL (PM03), lo cual también sobrepasa de manera significativa el valor establecido en la normativa (0 NMP/100 mL).

Estos hallazgos confirman que el agua de la laguna presenta una contaminación fecal generalizada, siendo más crítica en el punto PM02, lo que indica descargas directas de aguas residuales domésticas en esta zona. La magnitud de los valores reportados sugieren un impacto antrópico constante, que compromete la aptitud del agua para fines agrícolas y representa un riesgo sanitario en caso de contacto directo o consumo sin tratamiento previo.

En comparación con antecedentes, resultados similares fueron reportados por Ángel et al. (2019) en ecosistemas acuáticos donde la presencia de *E. coli* se asoció a vertimientos domésticos, y por Alberca (2023) en el río Huancabamba, donde se atribuyó la contaminación microbiológica a la falta de tratamiento de aguas residuales urbanas. Esto

evidencia que el caso de Collpacotaña sigue el mismo patrón observado en cuerpos de agua con presión antrópica directa.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1

Los resultados mostraron que parámetros como el pH (9.23–9.89), turbidez (18–25 NTU), DBO5 (5.0–7.0 mg/L) y DQO (25–35 mg/L) superan los valores establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM para aguas de la Categoría C1 (riego de vegetales de consumo crudo). En contraste, la conductividad (126.6–157.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), los sólidos totales disueltos (80–116 mg/L) y los nitratos (2.0–3.0 mg/L) se mantuvieron dentro de los límites permisibles.

Estos hallazgos indican que la laguna presenta contaminación orgánica y alteración de sus condiciones de oxigenación, lo cual concuerda con lo reportado por Sánchez (2007) en cuerpos de agua impactados por descargas urbanas y por Quispe (2020) en la laguna Umayo, donde el exceso de pH y turbidez se asoció a vertimientos domésticos. Sin embargo, a diferencia de estudios como el de Costa (2021) en el río Chillón, los bajos valores de nitratos sugieren que la presión agrícola no es el principal problema en Collpacotaña, sino los aportes domésticos sin tratamiento.

4.4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2

Los resultados microbiológicos evidenciaron que en los tres puntos de muestreo se registró la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* por encima de los límites establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM (0 UFC/100 mL para aguas de Categoría C1). En PM01 se obtuvo un valor de 1600 NMP/100 mL, en PM02 2400 NMP/100 mL, y en PM03 1100 NMP/100 mL de coliformes totales, mientras que *E. coli* alcanzó valores de 250 NMP/100 mL (PM01), 350 NMP/100 mL (PM02) y 180 NMP/100 mL (PM03).

Estos valores demuestran una contaminación fecal significativa en toda la laguna, con mayor intensidad en el punto PM02, lo que sugiere aportes directos de aguas residuales domésticas en esta zona.

Los resultados coinciden con lo señalado por Ángel et al. (2019), quienes consideran a *E. coli* como un indicador clave de contaminación fecal en ecosistemas acuáticos, y con lo encontrado por Alberca (2023) en el río Huancabamba, donde la contaminación microbiológica estuvo relacionada con vertimientos urbanos sin tratamiento. A diferencia de lo reportado por Costa (2021) en el río Chillón, donde la actividad agrícola intensiva fue la principal fuente de contaminación, en la laguna Collpacotaña los resultados evidencian que la presión antrópica proviene principalmente de los asentamientos humanos aledaños y del deficiente manejo de residuos líquidos.

CONCLUSIONES

Primera: Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo indican que la calidad del agua de la laguna Collpacotaña presenta importantes alteraciones fisicoquímicas, particularmente en los parámetros de pH, turbidez, DBO5 y DQO, los cuales exceden los límites establecidos por el ECA – Categoría C1 del D.S. N.º 004-2017-MINAM. Esta situación sugiere una influencia negativa de actividades humanas y procesos de acumulación orgánica, lo que podría estar comprometiendo el equilibrio ecológico del cuerpo de agua.

Segunda: En cuanto a los metales pesados, se detectaron concentraciones superiores al límite normativo en el caso del cadmio, especialmente en el punto PM02, mientras que el plomo se mantuvo por debajo del valor límite, pero con presencia constante en todos los puntos. Aunque el mercurio no fue detectado, la aparición de metales tóxicos representa un riesgo potencial para la biota acuática y una señal de posibles fuentes contaminantes localizadas o acumulativas en el entorno de la laguna.

Tercera: Los resultados microbiológicos evidencian una contaminación fecal significativa, con valores de coliformes totales y *Escherichia coli* (*E. coli*) que superan ampliamente los límites del ECA-C1, como se muestra en la Tabla 25. Según Cancino et al. (2023), estos indicadores son clave para determinar el riesgo sanitario del agua, por lo que se concluye que la laguna presenta una vulnerabilidad sanitaria considerable, especialmente si el agua es utilizada en actividades agrícolas o recreativas.

RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad distrital de Desaguadero a través del Área Técnica Municipal (ATM) implementar un programa de monitoreo continuo de la calidad del agua en la laguna Collpacotaña, con campañas al menos semestrales que permitan registrar las variaciones temporales de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de metales pesados. Este monitoreo permitirá establecer una línea base ambiental y generar alertas tempranas ante posibles eventos de contaminación.

Segunda: Es fundamental identificar y controlar las fuentes de contaminación asociadas a la actividad humana en el entorno de la laguna, como vertimientos de aguas residuales, ganadería extensiva o arrastre de sedimentos. Para ello, se propone desarrollar acciones de educación ambiental comunitaria y articulación con las autoridades locales, promoviendo una gestión participativa y responsable del recurso hídrico.

Tercera: Como medida correctiva y preventiva, se recomienda promover la implementación de infraestructura verde o tecnologías de bajo costo, tales como filtros naturales, zanjas de infiltración, biojardineras o barreras vegetales, que reduzcan la carga orgánica y microbiológica antes de que los contaminantes lleguen a la laguna. Estas soluciones, además de ser sostenibles, pueden mejorar progresivamente la calidad del agua y conservar el valor ecosistémico del cuerpo natural.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberca Neira, O. (2023). *Calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico, causas y alternativa de solución, 2020*. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1905>
- Ángel, P. P. J., Alejandrina, G. P., Javier, G. A., Carlos, B. Y. J., Asunción, G. M. M., & Gema, P. G. (2019). *CRITERIOS DE CALIDAD Y GESTIÓN DEL AGUA POTABLE*. Editorial UNED.
- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA*. (s. f.). Recuperado 9 de septiembre de 2024, <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Cajahuaman Huaman, A. M., & Vásquez Ramos, T. (2022). Determinación de la calidad del agua del río Shanay-Timpishka del distrito de Honoria, departamento de Huánuco. *Universidad Nacional de Ucayali*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5216>
- Constitución Política del Perú de 1993*. (s. f.).
- Costa Rodriguez, C. P. (2021). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019. *Repositorio institucional - URP*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4126>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.-*. (s. f.). Ministerio del Ambiente. Recuperado 19 de agosto de 2024, de <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Díaz Bances, K. L., & Mamani Chambi, N. R. (2020). *Diagnóstico situacional del abastecimiento del agua superficial del centro poblado de San Miguel de Viso – Huarochirí*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3217>
- Gómez, G. P., García, V. A., Rodríguez, J. A. R., Herrera, F., & Gutiérrez, R. S. (2021). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de

- Tárcoles, Costa Rica: Un enfoque ecológico. *UNED Research Journal*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.22458/urj.v13i1.3148>
- Gutierrez Nazario, Z. D. R. (2023). *Evaluación de la calidad fisicoquímica de las aguas de la laguna la encantada en Santa María, Huaura*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/318434>
- Hídricos, A. N. del A. D. de G. de C. de los R. (2011). Evaluación técnica de la identificación de fuentes de contaminación y monitoreo de la calidad del agua en las cuencas Coata, Illpa, llave y Laguna Pasto Grande: Informe Técnico. *Autoridad Nacional del Agua*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2052>
- Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338*. (s. f.). Recuperado 9 de septiembre de 2024, de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>
- Moreno, E., & Grey, A. (2021). *DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL A PARTIR DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS EN PERIODO SECO Y LLUVIOSO, ÁREA RECREATIVA DEL LAGO GATÚN, PROVINCIA DE COLÓN*. 152-165. <https://doi.org/10.47300/978-9962-5599-8-6-08>
- Ramirez Sanga, F. W. (2021). Calidad del agua superficial de la cuenca del Rio Chonta empleando filtro lento de arena ascendente y descendente, Cajamarca 2019. *Universidad Privada del Norte*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/510011>
- R.J. 056-2018-ANA. (s. f.). Drupal. Recuperado 9 de septiembre de 2024, de <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-056-2018-ana>
- R.J. N° 182-2011-ANA. (s. f.). Drupal. Recuperado 10 de septiembre de 2024, de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-182-2011-ana-0>
- Rodríguez, M. F., & Lacaba, R. M. G. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba Evaluation of Water Quality Index in Cabaña River, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, 37, 105-119.
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de

- parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Vargas, R. P. R., & Vizcarra, L. N. R. (2023). CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. *Revista de Investigaciones*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.26788/ri.v12i1.4014>
- Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., & Pereda-Solís, M. E. (2023). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25(1), 1-13.
- Calvo-Brenes, G., & Mora-Molina, J. (2009). Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de las Cuencas de los ríos Tárcoles y Reventazón. *Revista Tecnología en Marcha*, 22(1), Article 1.
- Cancino, I. P. A. R., Vera, A. V., Jaramillo, S. E. M., Pérez, C. A., Romo, C. R. R., Guerra, N. E. P. G. N. E. P., & Vergara, M. E. S. V. M. E. S. (2023). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de lluvia en la ENMSG. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 21, 1-9.
- Costa Rodriguez, C. P. (2021). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019. *Repositorio institucional - URP*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4126>
- Evaluación del estado de las aguas superficiales*. (s. f.). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado 24 de septiembre de 2024, de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/concepto-estado.html>
- Ibarrarán, M. E., Mendoza, A., Pastrana, C., & Manzanilla, E. J. (2015). Determinantes socioeconómicos de la calidad del agua superficial en México. *Región y sociedad*, XXIX(69), 89-125.

Instituto del Agua > Institutodelagua.es. (s. f.). Instituto del Agua. Recuperado 24 de septiembre de 2024, de <https://institutodelagua.es/>

Parámetros de control del agua potable | iAgua. (s. f.). Recuperado 24 de septiembre de 2024, de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>

Pavan, J. V., Masachessi, G., Prez, V. E., Di Cola, G., Re, V. E., & Nates, S. V. (2022). Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales, una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, 79(2), 210-214. <https://doi.org/10.31053/1853.0605.v79.n2.33403>

Pérez-Gómez, G., Alvarado-García, V., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Herrera, F., Sánchez-Gutiérrez, R., Pérez-Gómez, G., Alvarado-García, V., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Herrera, F., & Sánchez-Gutiérrez, R. (2021). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: Un enfoque ecológico. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(1). <https://doi.org/10.22458/urj.v13i1.3148>


ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TEMA: CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA COLLAPACOTAÑA PROVINCIA DE CHUCUITO, REGIÓN PUNO - 2025

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
¿Cuál es la calidad de agua de la laguna del sector de Collpa Cotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025?	Evaluar la calidad de agua de la laguna del sector de Collpa Cotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025	La calidad del agua de la laguna en Collpa Cotaña en 2025 no cumple con los estándares de calidad establecidos: ECA del agua	VARIABLE INDEPENDIENTE parámetros fisicoquímico y microbiológica	Parámetros Fisicoquímicos pH Conductividad eléctrica Temperatura Turbidez Oxígeno disuelto Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) Demanda química de oxígeno (DQO) Sólidos totales disueltos (STD) Nutrientes (nitratos, fosfatos) Metales pesados (plomo, cadmio, mercurio.) Parámetros biológicos: Bacterias coliformes totales y termotolerantes	D.S N° 004-2017-MINAM observación directa Análisis de laboratorio	Diseño de investigación: No experimental Tipo: descriptivo transversal población/muestra: 2,1 km ²
PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cómo se encuentran los parámetros físico químicos del agua de la laguna del sector de Collpa Cotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025? ¿Cómo se encuentran los parámetros microbiológicos del agua de la laguna del sector de Collpa Cotaña provincia de Chucuito, región Puno 2025?	ESPECÍFICO Evaluar los parámetros fisicoquímicos, sector de Collpacotaña de la provincia de Chucuito. Evaluar los parámetros microbiológicos, del agua de la laguna del sector de Collpacotaña de la provincia de Chucuito.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Los parámetros fisicoquímicos se encuentran fuera de los límites permisibles. Los parámetros microbiológicos están fuera de los parámetros establecidos.	VARIABLE DEPENDIENTE calidad del agua			

Anexo 02: Análisis de Laboratorio de la Laguna de Collpacotaña.



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

INFORME DE ENSAYO 0103/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS


ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA SUPERFICIAL

UBICACIÓN	: Laguna Collpacotaña
INTERESADO	: Brayan Charles Flores Huanca
MOTIVO	: Ensayo físico químico y microbiológico de aguas
MUESTREO	: Muestras
ANÁLISIS	: Análisis físico químico y microbiológico de aguas superficiales
MUESTRA TOMADA	: Por el interesado y ha sido aceptada en laboratorio en envases de vidrio y polietileno cerrados etiquetados. En contenedor isotérmico.


CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	PM01	PM02	PM03	Unidad de medida
Temperatura	13.5	14.2	13.8	°C
pH	9.89	9.23	9.60	U de pH
Conductividad eléctrica	126.6	157.2	149.6	µS/cm
Sólidos Totales Disueltos	80	100	116	mg/L
Turbidez	20	25	18	NTU
Salinidad	60	70	20	mg/L
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
Alcalinidad	8	12	8	mg/L
Dureza (CaCO ₃)	113.90	160.40	120.00	mg/L
Calcio	56	43	25.60	mg/L
Cloruros (Cl ⁻)	99.26	85.08	141.80	mg/L
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	29.32	38	50	mg/L
Nitratos NO ₃ ⁻	2.5	3.0	2.0	mg/L
Oxígeno disuelto	6.2	5.8	6.5	mg/L
DBO ₅	6.5	7.0	5.0	mg/L
DQO	30	35	25	mg/L
Piomo	0.003	0.004	0.003	mg/L
Cadmio	0.001	0.002	0.001	mg/L
Mercurio	N D	N D	N D	mg/L

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	PM01	PM02	PM03	Unidad de medida
Coliforme fecales (E. coli)	50	80	30	NMP/100mL
Coliformes Totales	300	500	200	NMP/100mL
Bacterias Heterotróficas	8500	12000	7000	cfu/mL



Brayan Charles Flores Huanca
Analista de Laboratorio



Brayan Charles Flores Huanca
Analista de Laboratorio

Jr. Femenalda N°193 (BR) - Villa Florida - a una cuadra del local Pírgola - Puno
Cel. 973296546 - 963003185

Anexo 03: Decreto Supremo N° 004 -2017 MINAM

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

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseñe y aplique, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contempladas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP), y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Agregación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébanse los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

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

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como predonación, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente.

Anexo 04: Límites Máximos Permisibles para el agua D.S. 004-2017 MINAM
Categoría 1: Poblacional y Recreacional
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cloruro Total	mg/L	0,07	**	**
Cloruro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruro	mg/L	250	250	250
Color (a)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃ -N) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ -N) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco-N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,0	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Anexo 05: Panel Fotográfico



Figura 5.1: Toma de muestra de agua parte baja de la laguna Collpacotaña.



Figura 5.2: Toma de muestra de agua parte alta de la Laguna Collpacotaña.



Figura 5.3: Procedimiento del análisis microbiológico.



Figura 5.4: Procedimiento del análisis microbiológico.