Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL BOFEDAL MILLOC Y SU RIESGO AMBIENTAL, HUAROCHIRI-LIMA 2025

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora

Díaz Floriano, María Rosario

Asesor

Martínez Cabrera, Rubén

ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado

Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

Legua Terry, Alberto Israel

Lima - Perú

2026

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL BOFEDAL MILLOC Y SU RIESGO AMBIENTAL, HUAROCHIRI-LIMA 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	14%	7%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL BOFEDAL MILLOC Y SU RIESGO AMBIENTAL, HUAROCHIRI-LIMA 2025

Línea de Investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Díaz Floriano, María Rosario

Asesor:

Martínez Cabrera, Rubén

ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado:

Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

Legua Terry, Alberto Israel

Lima-Perú

2026

Dedicatoria

A mi querida madre, Luzmila Floriano por su amor, sacrificio y esfuerzo en cuidarme siempre.

A mi hermana, Analí Floriano por su cariño y constante apoyo, mi gratitud eterna.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la fortaleza en cumplir mis metas.

Agradezco a mi profesor y asesor Rubén Martínez por su tiempo, guía y palabras de motivación en la revisión de mi tesis.

Agradezco a mi asesora externa Mónica Maldonado por su gran apoyo, paciencia y amabilidad en compartir sus valiosos conocimientos en bofedales.

Agradezco a mi profesor Omar Vásquez, por su tiempo y recomendaciones en la presente investigación.

A Karlo Núñez por su tiempo, paciencia y compañía.

Al presidente de la Comunidad de Santiago de Carampoma, así como a la Municipalidad por las facilidades y atenciones en la realización de la presente investigación.

A todas las personas que con sus valiosos aportes permitieron el desarrollo de la presente investigación.

A mi querida Matie por su compañía y amor.

ÍNDICE

Resumen....12

Abstract....13

I. INTRODUCCIÓN....14

1.1 Descripción y formulación del problema....15

1.1.1 Problema general....16

1.1.2 Problemas específicos....16

1.2 Antecedentes....17

1.2.1 Nacionales....17

1.2.2 Internacionales....21

1.3 Objetivos....25

1.3.1 Objetivo general....25

1.3.2 Objetivos específicos....25

1.4 Justificación....25

1.4.1 Justificación teórica....25

1.4.2 Justificación práctica....25

1.4.3 Justificación metodológica....26

1.5 Hipótesis....26

1.5.1 Hipótesis general (H_1)....26

1.5.2 Hipótesis especificas....27

II. MARCO TEÓRICO....28

2.1 Bases teóricas....28

2.1.1 Humedal *28*

2.1.2 Turberas *28*

2.1.3 Bofedal *29*

2.1.4 Agua *31*

2.1.5 Vegetación *32*

2.1.6 Suelo *35*

2.1.7 Metales pesados *36*

2.1.8 Retención y acumulación de metales pesados en turba (suelo) *36*

2.1.9 Beneficios de los bofedales *37*

2.1.10 Riesgo ambiental *38*

2.1.11 Principales amenazas a los bofedales *39*

2.1.12 Marco legal ambiental *41*

III.MÉTODO 43

3.1 Tipo de investigación 43

3.1.1 Nivel de investigación *43*

3.1.2 Diseño de la investigación *43*

3.2 Ámbito temporal y espacial 43

3.2.1 Ámbito temporal *43*

3.2.2 Ámbito espacial *44*

3.3 Variables 46

3.3.1 Variable 1 ..... *46*

3.3.2 Variable 2 ..... *46*

3.4 Población y muestra 48

3.4.1 Población *48*

3.4.2 Muestra *48*

3.4.3 Muestreo *48*

3.4.4 Limitaciones en la selección de la muestra *49*

3.5 Instrumentos 51

3.5.1 Materiales y recursos de gabinete *52*

3.5.2 Materiales y equipos de campo *52*

3.5.3 Software *52*

3.6 Procedimientos 53

3.6.1 Determinación de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la ganadería y al ambiente. *53*

3.6.2 Análisis de la concentración de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la salud humana *55*

3.6.3 Estrategias para minimizar el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc. *55*

3.7 Análisis de datos 56

IV. RESULTADOS 57

4.1 Resultados de concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la ganadería y al ambiente. 57

4.1.1 Resultados de metales pesados en comparación con la categoría 3 D2: bebida de animales *58*

4.1.2 Resultados en comparación con la categoría 4 E1: lagunas y lagos *72*

4.2 Resultados de concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la salud humana 84

4.2.1 Metales pesados *87*

4.2.2 Parámetros complementarios *96*

4.3 Planteamiento de estrategias para minimizar el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc 99

4.3.1 Estrategias *99*

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 101

VI. CONCLUSIONES 103

VII. RECOMENDACIONES 105

VIII. REFERENCIAS 106

IX. ANEXOS 116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los horizontes acrotelmo y catotelmo 30

Figura 2. Bofedal y el ciclo hidrológico del agua 32

Figura 3. Bofedal de almohadilla en Puno 33

Figura 4. Bofedal alfombrado en Ayacucho 33

Figura 5. Bofedal de gramíneas y graminoides en Junín. 34

Figura 6. Bofedal de musgos en Cajamarca.....34

Figura 7. Perturbaciones antropogénicas entorno al bofedal Milloc 40

Figura 8. Mapa de ubicación del bofedal Milloc 45

Figura 9. Distribución de los puntos de Muestreo en el bofedal Milloc.....50

Figura 10. Concentración de arsénico (As) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 61

Figura 11. Concentración de berilio (Be) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 62

Figura 12. Concentración de boro (B) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 62

Figura 13. Concentración de cadmio (Cd) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....63

Figura 14. Concentración de cobre (Cu) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....63

Figura 15. Concentración de cobalto (Co) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....64

Figura 16. Concentración de cromo (Cr) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 65

Figura 17. Concentración de litio (Li) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 65

Figura 18. Concentración de magnesio (Mg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc .66

Figura 19. Concentración de manganeso (Mn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

.....67

Figura 20. Concentración de mercurio (Hg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc...67

Figura 21. Concentración de níquel (Ni) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 68

Figura 22. Concentración de plomo (Pb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....69

Figura 23. Concentración de selenio (Se) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....69

Figura 24. Concentración de zinc (Zn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 70

Figura 25. Medición de pH en los puntos de muestreo del bofedal Milloc 70

Figura 26. Resultados de pH en comparación con el ECA para Agua-Categoría 3 D2 71

Figura 27. Resultados de conductividad eléctrica en comparación con el ECA para Agua categoría 3 D2 72

Figura 28. Concentración de antimonio (Sb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc..75

Figura 29. Concentración de arsénico (As) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. ..76

Figura 30. Concentración de bario (Ba) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....76

Figura 31. Concentración de cadmio (Cd) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....77

Figura 32. Concentración de cobre (Cu) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....77

Figura 33. Concentración de cromo (Cr) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 78

Figura 34. Concentración de mercurio (Hg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc...79

Figura 35. Concentración de níquel (Ni) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 79

Figura 36. Concentración de plomo (Pb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....80

Figura 37. Concentración de selenio (Se) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 80

Figura 38. Concentración de talio (TI) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 81

Figura 39. Concentración de zinc (Zn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 82

Figura 40. Resultados de pH en comparación con el ECA para Agua-Categoría 4 E1 82

Figura 41. Resultados de conductividad eléctrica en comparación con el ECA para Agua categoría 4 E1 83

Figura 42. Concentración de aluminio (Al) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. ...87

Figura 43. Concentración de antimonio (Sb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc..88

Figura 44. Concentración de arsénico (As) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. ...88

Figura 45. Concentración de bario (Ba) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.....89

Figura 46. Concentración de boro (B) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 90

Figura 47. Concentración de cadmio (Cd) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 90

Figura 48. Concentración de cobre (Cu) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 91

Figura 49. Concentración de hierro (Fe) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 92

Figura 50. Concentración de molibdeno (Mo) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 92

Figura 51. Concentración de sodio (Na) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 93

Figura 52. Concentración de mercurio (Hg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. ..93

Figura 53. Concentración de níquel (Ni) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 94

Figura 54. Concentración de plomo (Pb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 94

Figura 55. Concentración de selenio (Se) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 95

Figura 56. Concentración de uranio (U) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 96

Figura 57. Concentración de zinc (Zn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc. 96

Figura 58. Resultados de pH en comparación con valores establecidos en el D.S. N° 031-2010-S. A 97

Figura 59. Resultados de conductividad en comparación con valores establecidos en el D.S. N° 031-2010-S. A 97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación del área de estudio 44

Tabla 2. Operacionalización de las variables de Investigación 47

Tabla 3. Coordenadas de los puntos de muestreo en el bofedal Milloc 49

Tabla 4. Ficha de campo utilizada para el registro de información en el muestreo de agua subsuperficial 51

Tabla 5. Metales evaluados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc 57

Tabla 6. Valores del ECA para Agua-Categoría 3 D2 (D.S N° 004-2017-MINAM) 59

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos y metales pesados comparados con el ECA para agua-Categoría 3 D2 60

Tabla 8. ECA Agua Categoría 4 E1 73

Tabla 9. Resultados en comparación con el ECA Categoría 4 E1 lagunas y lagos 74

Tabla 10. Valores límite permisibles de contaminantes en agua según anexo 2 del D.S. N° 031-2010-S. A 84

Tabla 11. Valores límite permisibles de contaminantes en agua según anexo 3 del D.S. N° 031-2010-S. A 85

Tabla 12. Comparación de resultados de agua subsuperficial valores establecidos en el D.S. N° 031-2010-S. A 86

Tabla 13. Estrategias ambientales para minimizar el riesgo ambiental 99

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la concentración de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal altoandino Milloc y su riesgo ambiental. **Método**: Diseño aplicado, no experimental, de enfoque cuantitativo y muestreo no probabilístico intencional. Se establecieron dos estratos: conservado y degradado, y se tomaron muestras de agua para el análisis de metales pesados, conductividad y pH. **Resultados:** El 20% de las muestras presentó concentraciones de cobre (Cu) superiores al ECA categoría 3 (D2) para bebida de animales, mientras que el 70% presentó concentraciones de manganeso (Mn) superiores a dicho estándar; el 100% de las muestras presentó concentraciones de cadmio (Cd) superiores al ECA categoría 4 (E1), mientras que el 40% de las muestras del estrato conservado presentó concentraciones de cobre (Cu), el 60% de zinc (Zn) y el 80% de plomo (Pb) superiores al estándar. Asimismo, el 50% de los puntos presentó concentraciones elevadas de arsénico (As) y plomo (Pb), mientras que el 80% registró concentraciones de aluminio (Al) y hierro (Fe) superiores a los valores establecidos para agua de consumo humano. **Conclusiones:** Las altas concentraciones de Mn y Cu representan un riesgo potencial para la ganadería debido a que superaron los valores establecidos para bebida de animales; los metales (Cu, Cd, Pb y Zn) representan un riesgo potencial para el ambiente, mientras que (As, Al, Fe y Pb) representan un riesgo potencial para la salud humana. Se proponen medidas hidrológicas, ecológicas y sociales para reducir el riesgo ambiental identificado.

Palabras clave: bofedal, metales pesados, riesgo ambiental

ABSTRACT

Objective: To evaluate the concentration of heavy metals in the subsurface water of the Milloc high-Andean wetland and its environmental risk. **Method:** An applied, non-experimental research design with a quantitative approach and purposive non-probability sampling was used. Two strata were established: conserved and degraded areas. Water samples were collected for the analysis of heavy metals, electrical conductivity, and pH. **Results:** Twenty percent (20%) of the samples showed copper (Cu) concentrations exceeding the Environmental Quality Standard (EQS) for Category 3 (D2), applicable to water for animal drinking, while 70% showed manganese (Mn) concentrations exceeding the same standard. All samples (100%) showed cadmium (Cd) concentrations exceeding the EQS for Category 4 (E1). Furthermore, 40% of the samples from the conserved stratum showed copper (Cu) concentrations, 60% showed zinc (Zn) concentrations, and 80% showed lead (Pb) concentrations exceeding the applicable standard. Additionally, 50% of the sampling points showed elevated arsenic (As) and lead (Pb) concentrations, while 80% recorded aluminum (Al) and iron (Fe) concentrations exceeding the established values for human drinking water. **Conclusions:** The high concentrations of Mn and Cu represent a potential risk to livestock because they exceeded the established values for animal drinking water. The metals Cu, Cd, Pb, and Zn represent a potential environmental risk, while As, Al, Fe, and Pb represent a potential risk to human health. Hydrological, ecological, and social measures are proposed to reduce the identified environmental risk.

Keywords: wetland, heavy metals, environmental risk

I. INTRODUCCIÓN

Este estudio analiza la concentración de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal altoandino Milloc y su riesgo ambiental. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicado. Para la recolección de muestras se empleó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, lo que permitió realizar el análisis de metales pesados, así como mediciones de conductividad eléctrica y pH. Finalmente, se interpretaron los resultados obtenidos y se plantearon estrategias orientadas a reducir el riesgo ambiental.

El primer capítulo desarrolla el planteamiento del problema y de la investigación, así como los antecedentes nacionales e internacionales, los objetivos, la justificación y la hipótesis.

El segundo capítulo presenta el marco teórico, en el cual se compila y explica la información que orienta el estudio. En este apartado se precisan conceptos relacionados con los bofedales, los metales pesados y el riesgo ambiental.

El tercer capítulo describe la metodología empleada, correspondiente a una investigación de carácter aplicado. Asimismo, se detalla el ámbito espacial, que comprende el bofedal Milloc, ubicado en Carampoma, Huarochirí, Lima, y el proceso de muestreo del agua subsuperficial realizado en el mes de agosto de 2025.

El cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua subsuperficial, los cuales son organizados y expuestos en función de los objetivos planteados.

El quinto capítulo contiene la discusión de los resultados, contrastándolos con estudios previos y fundamentos teóricos.

El sexto y séptimo capítulo exponen las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Finalmente, en el octavo y noveno capítulo se incluyen las fuentes bibliográficas utilizadas y la información complementaria en los anexos.

1.1 Descripción y formulación del problema

A escala global, la Convención sobre Humedales (RAMSAR, 2016) señala que los humedales representan entre el 4 % y el 6 % de la superficie terrestre. Sin embargo, su extensión se ha reducido considerablemente debido al cambio climático y por intervención humana. Esta reducción resulta preocupante pues implica la pérdida de una fuente crucial de agua dulce y de múltiples beneficios esenciales para el bienestar humano. Estos ecosistemas pueden aportar hasta el 40% de los servicios ecosistémicos anuales. (Machuca, 2017).

En el Perú, los humedales altoandinos conocidos como bofedales abarcan aproximadamente 1 052 210.6 ha, lo que equivale al 0.8% del territorio nacional, según el (Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montañas [INAIGEM], 2023). De esta superficie, cerca del 7% cuenta con algún tipo de protección, el 20% se encuentra bajo el manejo de las comunidades campesinas y alrededor del 41% está dentro de concesiones mineras. Entre las principales amenazas para este ecosistema, se consideran las alteraciones hidrológicas y el cambio climático, siendo las actividades antrópicas las que ocasionan los mayores impactos negativos, entre ellas la extracción desmedida de turba, el sobrepastoreo, la construcción de represas, el turismo sin planificación y la siembra de pastos mejorados en áreas de bofedal, asimismo, se identifica como amenaza la alteración de la calidad del agua evidenciada en el incremento de metales pesados en las fuentes de agua que llegan al bofedal por presencia de relaves mineros o por procesos de contaminación natural, como el drenaje ácido de roca (INAIGEM, 2023). Esta situación afecta de manera significativa el bienestar de comunidades locales, así como de las ciudades situadas en las zonas media y baja de la cuenca del río Rímac, las cuales dependen directamente de los servicios ecosistémicos que estos ambientes proporcionan (Franco-Vidal et al., 2013).

El bofedal Milloc es un bofedal ubicado dentro del territorio de la comunidad campesina de Santiago de Carampoma, este ecosistema ha sido afectado por muchos años por

diversos factores entre ellos el sobrepastoreo según (Forest Trends, 2024), por la extracción de la turba presente bajo su cobertura vegetal (Machuca, 2017), lo cual disminuye los servicios ecosistémicos que brindan (Maldonado, 2019). Asimismo por la cercanía a la laguna Canchis donde hay drenaje minero (Valencia, 2019) producto de actividades de la ex unidad minera Caridad de la Compañía minera Venturosa , la química del bofedal podría alterarse (Machuca, 2017), a ello se suman impactos derivados por la construcción de carreteras, canales de drenaje, y la erosión lateral (Forest Trends, 2024), por el Túnel Trasandino Cuevas-Milloc que se encuentra en la zona, que es una tubería subterránea inclinada de 10 kilómetros que cruza los Andes y desemboca en el río Santa Eulalia.

El agua es un elemento fundamental para los humedales altoandinos, ya que su existencia y buen funcionamiento dependen directamente de este recurso. Por ello comprender los procesos hidrológicos que los mantienen y los factores que pueden alterarlos resulta esencial para su adecuada gestión y restauración (Oyague-Passuni et al., 2022). En este sentido, esta investigación aporta información relevante que permite optimizar las estrategias de gestión ambiental.

1.1.1 Problema general

- ¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y su riesgo ambiental, Huarochirí-Lima 2025?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la ganadería y al ambiente?
- ¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc, y si representan un riesgo a la salud humana?

- ¿Cuáles son las estrategias para minimizar el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc?

1.2 Antecedentes

1.2.1. Nacionales

Mallqui y Quispe (2024), en su estudio tuvo como finalidad principal caracterizar las propiedades hidrogeológicas del bofedal Ichiccollcococha, situado en la unidad hidrográfica Pachacoto, Ancash, para ello se analizaron los siguientes parámetros hidrogeológicos, conductividad hidráulica, la porosidad, y los niveles piezométricos tanto mínimos y máximos, Asimismo, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua, como el pH, oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica. Se consideraron variables climáticas como la precipitación, la temperatura y la humedad relativa con el fin de determinar su influencia sobre la dinámica del bofedal. Los resultados obtenidos permitieron interpretar la variabilidad hidrológica en función de las funciones ecológicas del ecosistema, aportando información valiosa para su manejo y conservación, se observó que el nivel freático promedio máximo durante la temporada húmeda (cercano a la superficie) fue de 18 cm, mientras que en la temporada seca (más profundo) alcanzó un promedio mínimo de 77 cm.

Forest Trends (2024), entre el año 2021y 2022, el Servicio de agua potable y alcantarillado de Lima (SEDAPAL) ejecutó un proyecto de recuperación del bofedal Milloc, en colaboración con la comunidad campesina de Carampoma, dentro del marco de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE). Este proyecto contó con apoyo técnico y financiero del programa Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica - NIWS, de USAID y el Gobierno de Canadá, como parte de las acciones se colocaron cercos de protección, sistema de riego, así como revegetación con tepes.

Fernández (2023), llevó a cabo un estudio dirigido a evaluar el potencial de *Distichia muscoides* en procesos de biorremediación de un bofedal afectado por DAR en la subcuenca

Pachacoto, distrito Cátac, Áncash. La investigación consideró la comparación de las características del agua, tejidos radiculares, turba, y partes aéreas de *D. muscoides,* así como la presencia de bacterias sulfato reductoras en los sedimentos de cuerpos de agua de dos bofedales: uno sin evidencia aparente de impacto por DAR y otro afectado. Para determinar el potencial de biorremediación se calcularon los factores de bioacumulación en la turba y de traslocación de metales en cojines de *D. muscoides* tanto trasplantados como no trasplantados. En los distintos componentes evaluados (agua, turba y tejido vegetal radicular y aéreos) de ambos bofedales, se cuantificaron las concentraciones de metales como Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn, junto con la presencia de bacterias sulfato reductoras, lo que permitió considerar a ambos sitios como impactados por DAR. El análisis del factor de traslocación reveló que los cojines trasplantados de *D. muscoides* funcionaron como Fito extractores de Cr, Mn, Al, Fe y As y como Fito estabilizadores de Pb y Cu en contraste los cojines no trasplantados actuaron como Fito extractores de Al, Mn y Cu y como Fito estabilizadores de Cr, Fe, As, Zn y Pb. Asimismo, se evidenció la capacidad de adaptación y la acumulación de metales pesados en los tejidos aéreos y radiculares de *D. muscoides* trasplantada en el bofedal con mayor impacto de DAR.

Paredes (2023), realizó un estudio con el objetivo principal de evaluar las características fisicoquímicas de las aguas superficiales del bofedal Guitarrachayocc, ubicado en la cabecera del río Apacheta en Ayacucho, a una altura aproximada de 4586 m.s.n.m. Para ello se establecieron catorce estaciones de muestreo en aguas contenidas en pequeñas depresiones (lénticas), de las cuales cuatro eran permanentes y cinco temporales, además de cinco estaciones de muestreo en riachuelos (lóticos), las muestras se recolectaron de manera mensual entre agosto, 2018 y junio de 2019. Se midieron in situ parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales utilizando un multiparámetro; adicionalmente a partir de las muestras de agua recolectadas se analizaron

parámetros químicos como alcalinidad, cloruros, la dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica. Los resultados mostraron que los bofedales presentan una alta heterogeneidad con variaciones en las características fisicoquímicas dependiendo de la ubicación de los cuerpos de agua. En el sistema lótico la conductividad presentó valores que fueron desde 138,6 µS/cm hasta 157,3 µS/cm, sin mostrar diferencias relevantes entre estaciones, mientras que el pH varió desde 6,1 hasta 7,6. En contraste los sistemas lénticos, presentaron valores de pH desde 3,0 hasta 6,8 en la quinta y tercera estación permanente respectivamente, los resultados de conductividad fluctuaron entre 43,3 µS/cm hasta 1 149,1 µS/cm en la cuarta temporal y quinta estación permanente respectivamente; presentando variaciones significativas. También se encontró que las estaciones cuarta y quinta permanentes presentan valores mínimos pH y máximos de conductividad eléctrica (µS/cm), sólidos disueltos totales (mg/L), cloruros (mg cl/L) y sulfatos.

Cornejo-Olarte et al. (2023), en su estudio se enfocaron en evaluar la contaminación por metales pesados en los sedimentos del río Coata hasta su desembocadura al Lago Titicaca (Perú), durante dos periodos del año, estudio consideró cinco puntos de muestreo seleccionados mediante un muestreo simple en los que se analizaron las concentraciones de cromo(Cr), mercurio (Hg), arsénico(As), cadmio (Cd), y plomo (Pb), para determinar el nivel de contaminación los resaltados se compararon con estándares de referencia para sedimentos incluyendo el (Límite Efecto Nivel) y la clasificación SES (Levemente Elevado Arroyo Sedimentos). Las concentraciones registradas en los sedimentos (mg/kg) fueron: As (0,80-14,90), Cd (0,10-0,70) y Hg (0,004-0,30); los cuales superaron los valores de referencia establecidos. Asimismo, el Cr (4,10-28,41) superó el estándar de referencia SESS, los resultados evidencian que los sedimentos del río Coata presentan una carga significativa de metales tóxicos de origen tanto antropogénico como litogénico, asociado principalmente a las descargas del río Torococha, que contribuyen a la contaminación de estas aguas.

Gómez (2021), desarrolló un estudio orientado a caracterizar la hidroquímica del bofedal Piticocha, Ancash, así como evaluar su variación temporal y espacial. Durante el trabajo de campo se midieron parámetros *in situ* del agua como conductividad eléctrica, temperatura, y potencial hidrogeno, empleando un multiparámetro portátil, las mediciones se efectuaron en 16 pozos de monitoreo establecidos a partir de una malla de muestreo y se recolectaron muestras de agua en 10 pozos de monitoreo seleccionados aleatoriamente. Posteriormente se analizaron los iones a cationes (Ca++, Mg++, Na+, K+) y aniones (HCO3=, Cl-, SO4=, CO3=) durante la temporada seca, transición y húmeda. Con la información recopilada se analizaron las variaciones temporales y espaciales tanto de los parámetros *in situ* como de los iones mayoritarios mediante métodos estadísticos; Asimismo se clasificó el tipo de agua correspondiente a los cinco meses de muestreo empleando el diagrama de Piper. Los resultados indicaron que la química del agua presenta pH ligeramente ácido ligeramente básicos (6,10 a 8,50), conductividad eléctrica que oscilan entre 100 a 830 µS.cm-1 y temperaturas comprendidas entre 7,30 a 12,50 °C. El análisis realizado evidenció que a lo largo de todas las campañas y en los distintos puntos de monitoreo, la composición iónica está dominada por el bicarbonato como anión principal y el calcio como catión predominante. Esta configuración química se relaciona con los procesos de disolución de formaciones calcáreas y dolomíticas presentes en la geología local, bajo estas condiciones, el recurso hídrico se clasifica casi en su totalidad como agua bicarbonatada cálcica aproximadamente el 99%. El 1% restante corresponde a tipos bicarbonatados sódicos y sulfatados cálcicos. En conjunto esta caracterización indica que la calidad del agua es favorable para su aprovechamiento.

Alarcón-Jibaja et al., (2020), desarrollaron una evaluación destinada a determinar de manera transdisciplinaria el nivel de degradación del bofedal Milloc, proponiendo estrategias participativas orientadas a la recuperación de sus servicios ecosistémicos. La investigación adoptó un enfoque multidisciplinario, que integró evaluaciones en los ámbitos de hidrología,

edafología, biología, agrostología, sociología, entre los resultados indican que el agua del bofedal Milloc presentan altos contenidos de metales pesados debido a pasivos mineros, y/o geología de la zona, se distinguen dos áreas, la zona conservada que presenta infiltración lenta a muy lenta, la turba se encuentra a una profundidad mínima de 5m, se identificaron 26 especies (10 familias y 22 géneros) a diferencia de la zona degradada en el margen izquierdo donde la infiltración es rápida, la turba es también profunda, la cantidad de especies registradas es menor 8 especies (5 familias y 7 géneros) siendo las poáceas del género *Calamagrostis* la más dominante los cauces naturales se encuentran erosionados, entre sus conclusiones hay múltiples factores antropogénicos han llevado al bofedal Milloc a un nivel crítico de degradación, como medida de restauración del bofedal se planteó la recuperación de la función hidrológica mediante la implementación de un sistema de riego complementada con la rehabilitación de la cobertura vegetal a través de la revegetación con tepes de *Distichia muscoides* y esquejes de *Calamagrostis chrysantha*. Asimismo, se recomendó restringir todo tipo de actividades productivas o ilegales dentro del ecosistema.

1.2.2. Internacionales

Zamri-Saleh et al., (2024), se plantearon analizar el patrón de perfil geoquímico de los metales pesados presentes en los horizontes del suelo de turba, así como caracterizar los patrones del nivel freático en turberas localizadas dentro de plantaciones de palma aceitera establecidas en el flanco oeste de la península de Klias en el territorio de Malasia. El marco geológico de la península está constituido en su mayoría por la Formación Crocker y por depósitos aluviales del cuaternario, los cuales constituyen principalmente suelos de turba. Para el estudio se recolectaron muestras de turba en diez estaciones de muestreo, las cuales fueron sometidas a análisis geoquímicos y complementadas con evaluaciones geofísicas destinadas a determinar el nivel freático, variable que influyó en los niveles de metales traza. Los resultados obtenidos para los perfiles edáficos de naturaleza turbosa con profundidades ente 0 y 6 m

evidenciaron pH ácido (3,0-4,0), elevados porcentajes de humedad (90%-100%) y altos contenidos de materia orgánica (30-99) %. Asimismo, se identificó una variación textural en el perfil, pasando de turba en los estratos superiores a arcilla limosa en los niveles más profundos. Los resultados geoquímicos evidenciaron que el hierro (Fe) presentó las concentraciones más elevadas en el perfil de turba con valores entre 37,54 y 2049,18 mg/kg, en menor proporción se registraron zinc (5,13-270,06) mg/kg, plomo (0,71- 157,46) mg/kg, manganeso (0,1-253,56) mg/kg, níquel (0,1-64,48) mg/kg, Cobre (1,81-61,39) mg/kg y cromo (0,05- 152,62) mg/kg. Se determinó que el nivel freático fluctuante entre (0,25 m-0,3 m) favoreció los procesos de oxidación del Fe. Asimismo, la presencia de Fe2+ mostró tendencia a retener o asociarse con elementos Zn y Mn. Por otro lado, el elevado contenido de materia orgánica junto con valores de pH entre 5 y 5,5 favoreció la retención de cobre, níquel, plomo y cromo en el interior del estrato turbal.

Guijarro, (2022) en su investigación estuvo orientada a analizar el comportamiento cinético del proceso de adsorción empleando piedra caliza, carbón activado y turba frente a los metales pesados bivalentes Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn y Cr (VI), Ambato-Ecuador, se desarrolló mediante ensayos por lotes, lo que permitió analizar tanto el comportamiento cinético como la influencia de la matriz en el proceso de adsorción. En cada experimento se emplearon 10 g del adsorbente, los cuales se dispusieron en 500 ml de una solución preparada con concentraciones metálicas equivalentes a diez veces los límites establecidos por el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Segundaria de Medio Ambiente), las mezclas se sometieron durante un periodo de 60 min. El potencial adsorbente y la proporción de remoción fueron considerados como los principales parámetros de evaluación, mientras que el análisis cinético se realizó empleando los enfoque cinéticos tipo de pseudo-1 y pseudo-2. En los ensayos en flujo continuo se trabajó con dos columnas experimentales que funcionaron como medios filtrantes para generar las curvas de ruptura. Los ensayos por lotes demostraron que tanto la el carbón activado como la

turba lograron las mayores eficiencias de remoción, superiores al 80% en la mayoría de los elementos metálicos estudiados, asimismo el modelo cinético de pseudo-segundo orden resultó ser el más adecuado para describir los datos obtenidos, evidenciando un comportamiento más representativo del proceso de adsorción en la mayor parte de las evaluaciones.

Novosyolova-Sergeevna et al., (2021), en su investigación tuvo por objetivo evaluar dos turberas ubicadas en la zona central de la región de Kirov, Rusia. Durante tres temporadas de campo, se recolectaron perfiles de suelo y muestras de turba por capas. Mediante voltamperometría de inversión se determinó el contenido total y móvil de zinc, cobre, plomo y cadmio. Los resultados mostraron que las concentraciones de estos elementos no superaron los valores promedio registrados para los distintos tipos de suelo de la región. El desarrollo y aprovechamiento de las turberas provocó variaciones en el contenido y la redistribución de elementos químicos en los perfiles más recientes. Además, se observó que la composición botánica de la turba está estrechamente relacionada con el contenido de elementos químicos: evidenciándose una mayor acumulación de metales en las capas con predominio de restos de madera. El uso económico conduce a una mineralización activa de la parte superior de la masa de turba restante. Los perfiles de las turberas intervenidas presentaron notables fluctuaciones en la concentración de metales pesados tanto en diferentes perfiles como en diferentes horizontes de un mismo perfil. En cuanto a la vegetación las plantas que crecen en las turberas secas mostraron bajas concentraciones de los metales analizados sin exceder los límites máximos permitidos, *rosa mayalis* acumuló cantidades mínimas de zinc, plomo y cadmio mientras que las hojas de *desalix caprea* presentaron las concentraciones más altas de los cuatro elementos estudiados.

Escobar-Arrieta et al., (2021), en su estudio se propuso analizar la fluctuación a lo largo de las estaciones de los parámetros fisicoquímicos en la laguna Colta, en la región ecuatoriana rodeada de bofedales, para ello se establecieron 16 puntos de colecta situados en diversas zonas

circundantes al cuerpo de agua. En cada punto se efectuaron mediciones directas de pH, la turbiedad y temperatura complementadas con análisis de las características del agua para determinar parámetros entre ellos el contenido de anhídrido carbónico, la conductividad eléctrica, las fracciones de fosfatos y carbonatos, las especies nitrogenadas, los sólidos en suspensión y su fracción sedimentable, el nivel de oxígeno disuelto y los bicarbonatos. Se registraron valores medios de pH 8,53, capacidad conductora eléctrica de 687 μS/cm, cantidad de fosfatos de 0,35 mg/L y contenido de oxígeno en el agua con 3,39 mg/L. De acuerdo con el índice trófico de Carlson, tanto en la temporada seca como en la lluviosa, la laguna Colta se clasificó como un ecosistema lacustre eutrófico presentando condiciones fisicoquímicas relativamente estables a lo largo del tiempo.

Kozhevnikov-Ivanchenko et al., (2020), se desarrolló un análisis orientado a evaluar la distribución de metales pesados conforme a la profundidad en un sistema lacustre del humedal de Ilas, Rusia. Para ello se analizaron capas de turba genéticamente homogéneas a diferentes profundidades: 0–5, 5–35, 35–85, 85–140, 140–220 y 220–375 cm en dichas muestras se determinaron las concentraciones de manganeso, cobalto, hierro, plata, plomo, níquel, mercurio, cromo, zinc, cobre, cadmio, arsénico, talio y arsénico, empleando para ello análisis elemental ICP-MS y un estándar interno compuesto por Bi, In, Li, Sc, Tb e Y. Las condiciones analíticas se establecieron con base en un material de referencia certificado para suelos. Los estudios demostraron que los niveles más altos detectados de metales se localizaron en el estrato superior de la turba disminuyendo progresivamente con la profundidad. Se identificó un patrón definido únicamente para los elementos Mn, Tl, Co, Ni y Pb, mientras que el resto de los metales presentó una distribución más uniforme a lo largo de los diferentes estratos de turba sin una tendencia clara.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar las concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y su riesgo ambiental, Huarochirí-Lima 2025

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la ganadería y al ambiente.
- Analizar las concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc, y si representan un riesgo a la salud humana.
- Plantear estrategias para minimizar el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación teórica

Los datos obtenidos en esta investigación contribuirán a ampliar el conocimiento de la relación de las concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y su riesgo ambiental. Esto es especialmente relevante debido a la limitada información disponible sobre la presencia, concentración de metales pesados en las reservas hídricas que abastecen a los bofedales, los impactos que generarían en la salud de la población y en la producción ganadera. Asimismo, se desconoce en gran medida el proceso de purificación del agua en bofedales, así como los niveles de tolerancia que las distintas especies vegetales y animales tienen frente a diversos metales pesados.

1.4.2 Justificación práctica

Los resultados previstos del presente estudio podrán aportar a la preservación de estos sistemas ecológicos que deben conservarse debido a los importantes servicios ambientales que

brindan. Estos ecosistemas frágiles constituyen un hábitat esencial para diversas especies de flora, fauna silvestre y especies de aves migratorias, además desempeñan un rol significativo en la captura de carbono, los bofedales de Milloc cumplen una función clave en la regulación del equilibrio ecológico. De igual manera, bajo un enfoque socioeconómico proporcionan recursos forrajeros indispensables para el ganado de la comunidad. Bajo estas condiciones la presencia de metales pesados en concentraciones elevadas en el agua subsuperficial del bofedal Milloc podrían representar un riesgo ambiental que comprometa la estabilidad y el correcto desempeño del ecosistema.

1.4.3 Justificación metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se valida por su carácter replicable, lo que posibilita su aplicación en diversos bofedales, por ello se emplea un enfoque cuantitativo, basado en la observación sin manipulación de variables, se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, se tomaron muestras para ser analizadas en un laboratorio acreditado para luego realizar el contraste de los resultados de los niveles de metales pesados con estándares nacionales como el ECA agua en las categorías 3 y 4 así como los valores establecidos y vigentes para consumo humano, a fin de determinar si estos valores implican un riesgo ambiental.

1.5 Hipótesis

Las hipótesis consideradas como planteamientos preliminares que buscan explicar la asociación que podría presentarse entre distintas variables. (Hernández-Sampieri et al., 2014).

1.5.1 Hipótesis general (H_1)

Las concentraciones de metales pesados se encuentran en niveles elevados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc, lo que representa un riesgo ambiental para la ganadería, el ambiente y la salud humana.

1.5.2 Hipótesis especificas

- **H_1a:**

  Las concentraciones de metales pesados se encuentran en niveles elevados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y representan riesgo para la ganadería y el ambiente.

- **H_1b:**

  Las concentraciones de metales pesados se encuentran en niveles elevados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y representan un riesgo para la salud humana.

- **H_1c:**

  Las estrategias ambientales minimizan el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Humedal

Constituyen hábitats esenciales para numerosas especies, con relevancia para la ecología, el esparcimiento y la valoración del paisaje (Ramsar, 2013).

Ramsar (2013) lo define como:

> Sectores conformados por superficies de marismas, áreas anegadas y suelos turbosos, que, durante períodos de intensas precipitaciones, permanecen saturados de agua. Estos ecosistemas cumplen funciones clave, como amortiguar inundaciones y actuar como reservas hídricas en épocas de sequía. Además, operan como filtros naturales que retienen sedimentos, contribuyen a la recarga de acuíferos y suministran agua a riachuelos y manantiales, desempeñando así un importante papel en la purificación natural del recurso hídrico. (p. 7)

2.1.2 Turberas

Estos ecosistemas se desarrollan en zonas donde la presencia permanente de agua impide la descomposición completa de la materia orgánica, permitiendo la acumulación de turba y manteniendo condiciones de saturación hídrica durante la mayor parte del año (Valderrama-Buitrago et al., 2017). Ocupan aproximadamente el tres por ciento de la extensión mundial, incluyendo áreas terrestres y de agua dulce y tienen la capacidad de almacenar aproximadamente una tercera parte de carbono global, además de contener aproximadamente un 10 % de las reservas globales de agua dulce (Holden, 2005). Predominan en territorios de clima boreal y subártico, donde destacan por su capacidad para acumular y mantener restos vegetales como musgos, juncos, gramíneas y árboles (Charman, 2002).

2.1.3 Bofedal

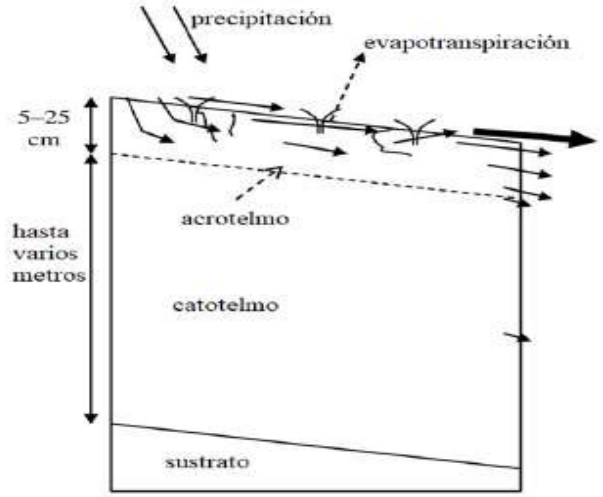
Es un tipo de humedal condicionado por la saturación hídrica y caracterizado por la presencia de plantas herbáceas adaptadas a condiciones húmedas, que prosperan en territorios altoandinos del Perú, sobre terrenos nivelados suavemente inclinados o en concavidades del paisaje. Los terrenos de estos ambientes permanecen continuamente anegados o saturados por agua de escorrentía, debido a su deficiente drenaje, la cobertura vegetal abundante y consistente mantiene un tono verdoso a lo largo del periodo anual y adopta una estructura de acolchada o en forma de cojín. Su morfología corresponde a comunidades herbáceas que alcanzan entre 0,1 y 0,5 metros de altura, además los sustratos del lugar pueden presentar acumulaciones con profundas capas de materia orgánica o turba. Este tipo de ambiente está catalogado como humedal en la región andina (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018).

Baldoceda (2020), los bofedales considerados turberas altoandinas presentan una organización estructural de tipo diplotélmica compuesta por dos capas principales: el acrotelmo y el catotelmo:

- El acrotelmo corresponde a la capa superior (0,1-0,6 m) formada por turba fibrosa y poco descompuesta. Se caracteriza por su alta conductividad hidráulica (K), y por experimentar condiciones aeróbicas temporales siendo el estrato donde se ubican las raíces activas encargadas de la captación de nutrientes.
- El catotelmo corresponde al estrato inferior donde la turba permanece constantemente saturada y con baja conductividad (K), presenta mayor compactación y ausencia de raíces nutricias debido a las condiciones anóxicas que predominan en esta zona.

Figura 1

Distribución de los horizontes acrotelmo y catotelmo



Nota. Tomado de la distribución de los horizontes acrotelmo y catotelmo, por Holden,2005.

2.1.3.1 Tipos de bofedales. La interrelación de los componentes de los bofedales nos permite distinguir tipos de bofedales, que evidencian la gran heterogeneidad que se puede encontrar en estos ecosistemas (INAIGEM, 2023).

CED (2002) señala que los bofedales pueden clasificarse según los siguientes criterios:

A) Origen

Naturales. Son aquellos creados por la humedad de deshielos, manantiales naturales de aguas subsuperficiales o aguas subterráneas y precipitaciones pluviales.

Artificiales. Son aquellos creados por el hombre, de acuerdo a su conveniencia y necesidad.

B) Altitud

Altiplánicos. Se ubican por debajo de los 4.100 m.s.n.m.

Altoandinos. Se ubican por encima de los 4.100 m.s.n.m.

C) Régimen Hídrico

Hidromórficos o údicos. Presentan presencia permanente de agua.

Mesicos o ústicos. Tienen presencia de agua temporal.

Para entender el funcionamiento natural de los bofedales, es importante considerar sus tres principales componentes: agua, vegetación, suelo; y las interacciones entre ellos (INAIGEM, 2023).

2.1.4 Agua

La condición del sistema hídrico constituye el factor principal para el equilibrio ecológico de los bofedales. Cuando estos sistemas pierden la conectividad con los puntos de aporte de agua, o se ve afectado su régimen hídrico natural, su recuperación resulta sumamente compleja (INAIGEM, 2023).

MINAM (2019) resalta que, aunque la vegetación es uno de los aspectos más investigados en bofedales, el funcionamiento y las características de los bofedales y de los humedales en general dependen principalmente de su condición hidrológica la cual está determinada por el pH, los nutrientes y el hidroperíodo.

La disponibilidad de agua en los bofedales depende de la combinación de aportes subterráneos y precipitación. Además, su ubicación en la vertiente determina si el flujo hídrico es continuo o variable según la época del año (MINAM, 2019).

De igual forma, el agua procedente de glaciares, colinas, ríos y del sustrato rocoso, al infiltrarse en el suelo o en la capa orgánica puede modificar el perfil químico del ecosistema (Cooper, et al., 2010).

2.1.4.1 Agua subsuperficial. Se trata del agua que se localiza bajo la superficie terrestre, pero por encima del nivel freático. Se deposita o circula dentro de la turba de los bofedales (Cooper, et al., 2010).

2.1.4.2 Agua subterránea. Son aguas presentes en el subsuelo que se recargan a partir de la infiltración de la lluvia, el deshielo o el goteo proveniente del lecho de cuerpos lacustres y fluviales. Una parte de este recurso hídrico es aprovechada por la cobertura vegetal, mientras que otra fluye por el perfil de suelo insaturado (Gómez, 2021).

Figura 2

Bofedal y el ciclo hidrológico del agua



Nota. Tomado del bofedal y el ciclo hidrológico del agua, por Forest Trends, 2020.

2.1.5 Vegetación

La composición vegetal presente en un bofedal está determinada por las propiedades del agua y el suelo. Estudios indican que la condición del agua y el hidro período son factores determinantes en la riqueza y estructura de la comunidad vegetal (INAIGEM, 2023).

En los bofedales se pueden observar diversas formas de crecimiento vegetal, cada una asociada a comunidades específicas. Si bien la vegetación en forma de cojín es la más representativa, estos ecosistemas albergan una amplia variedad de especies. Las principales formaciones vegetales identificadas en los bofedales son:

2.1.5.1 Bofedales de cojín o almohadillados. Corresponden a aquellos bofedales donde predominan especies que conforman cojines compactos y perennes, siendo este tipo el más frecuente en el país. Estos bofedales son dominados por las especies *Distichia muscoide*s y *Oxychloe andina*. Debido a las características propias de las especies dominantes estos bofedales poseen una elevada capacidad de secuestro de carbono (INAIGEM, 2023).

Figura 3

Bofedal de almohadilla en Puno



Nota. Tomado del Inventario Nacional de Bofedales del Perú, por INAIGEM, 2023.

2.1.5.2 Bofedales alfombrados. Son aquellos en los que predominan especies que desarrollan alfombras compactas y siempre verdes, caracterizados principalmente por el dominio de *Plantago tubulosa* acompañado por *Werneria pygmaea* (Salvador-Pérez et al.,2014)

Figura 4

Bofedal alfombrado en Ayacucho



Nota. Tomado del Inventario Nacional de Bofedales del Perú, por INAIGEM, 2023.

2.1.5.3 Bofedales de gramíneas y graminoides. Se caracterizan por un patrón de desarrollo que los asemeja a un pastizal hidromórfico que favorece la acumulación de turba. La comunidad vegetal está integrada principalmente por especies pertenecientes a las familias de las gramíneas y las ciperáceas destacando plantas de los géneros *Festuca, Calamagrostis, Carex, Eleocharis y Phylloscirpus* (INAIGEM, 2023).

Figura 5

Bofedal de gramíneas y graminoides en Junín.



Nota. Tomado del Inventario Nacional de Bofedales del Perú, por INAIGEM, 2023.

2.1.5.4 Bofedales de musgos y arbustos. Son los tipos de bofedales menos comunes en el Perú, localizados principalmente en la región norte del país. Se caracterizan por la dominancia de musgos (briofitos) del género *Sphagnum*, los cuales suelen estar acompañados por pequeños arbustos del género *Loricaria* (Cooper et al., 2010)

Figura 6

Bofedal de musgos en Cajamarca



Nota. Tomado del Inventario Nacional de Bofedales del Perú, por INAIGEM, 2023.

2.1.6 Suelo

La característica predominante de la base edáfica del bofedal es su naturaleza orgánica, conocida como turba, la cual se define por presentar un contenido de materia orgánica del 30 % (Cooper et al., 2010). La acumulación de turba se produce cuando la tasa de aporte de material vegetal como hojas o raíces en descomposición es mayor que la velocidad con la que estos se degradan, lo que provoca que se vaya acumulando material orgánico de manera continua, presentando diversos niveles de descomposición (Chimner y Ewel, 2004).

Las particularidades ambientales de los bofedales determinan la baja tasa del sustrato orgánico como las bajas temperaturas (asociada a la gran altitud en que se desarrollan) y condiciones anaeróbicas (sin presencia de oxígeno) provocadas por la saturación del suelo con agua (Suárez-Robalino, et al., 2022).

Un incremento en la cantidad de turba y material orgánico en el suelo se refleja en valores más bajos de densidad, lo que implica una mayor capacidad de retención de agua (Fuentealba y Mejia, 2016). Por esta razón en los bofedales permanentes, se espera que el suelo presente condiciones favorables para acumular una mayor profundidad de turba; lo cual está relacionado con una mayor capacidad de retener tanto carbono como agua (Fuentealba y Mejia, 2016).

2.1.7 Metales pesados

Se denomina metales pesados a aquellos elementos sin función biológica conocida cuya presencia, en determinadas concentraciones, puede afectar las funciones vitales de los organismos. Entre ellos destacan el mercurio, el cadmio y el plomo (Fichet et al., 1999).

La toxicidad de estos elementos está condicionada por factores como su concentración, la especie química en la que se encuentran y el tiempo de permanencia en el ambiente (Navarro-Aviñó et al., 2007).

Asimismo, presentan una elevada capacidad de acumulación en los organismos vivos. Este efecto se incrementa a medida que los compuestos son transferidos a través de los diferentes niveles de la cadena alimentaria, fenómeno conocido como biomagnificación (Navarro-Aviñó et al., 2007).

2.1.8 Retención y acumulación de metales pesados en turba (suelo)

Las turbas se componen principalmente de materia lignosa, componente estructural vegetal y diversos compuestos húmicos entre los que se encuentran las sustancias fúlvicas, huminas [1-3] y húmicos. Estos compuestos poseen grupos funcionales, especialmente carboxílicos y fenólicos, que les confieren un carácter polar y una elevada capacidad para adsorber metales pesados (Martinez et al., 2012).

Debido a estas características, la turba actúa como un importante medio de retención de metales en los ecosistemas de humedal. La adsorción de estos elementos reduce su movilidad y biodisponibilidad en el ambiente, limitando su incorporación a los organismos vivos y contribuyendo a la regulación natural de la contaminación por metales pesados (Martinez et al., 2012).

2.1.9 Beneficios de los bofedales

2.1.9.1 Almacenamiento de agua. Los bofedales desempeñan diversos servicios ecosistémicos, entre ellos el suministro de agua y múltiples funciones de regulación como la depuración natural del recurso hídrico, al atenuar la concentración de metales y contribuyen a regular el régimen hídrico. El suelo característico, constituido por turba, posee una elevada capacidad de retención, actuando como un medio de almacenamiento que retiene y libera agua lentamente. Esta propiedad permite no solo conservar el recurso, sino también disminuir la velocidad del flujo dentro del bofedal. (MINAM, 2019).

2.1.9.2 Almacenamiento de carbono. Los bofedales presentan una elevada capacidad de almacenamiento de carbono, característica de gran relevancia por sus implicancias en las intervenciones para la mitigación climática (Biancalani y Avagyan, 2014). El carbono en los bofedales se encuentra almacenado principalmente en la turba y también es capturado mediante la fotosíntesis de la vegetación.

Diversos estudios han evidenciado que los humedales altoandinos constituyen significativos reservorios de carbono, por ejemplo, el bofedal de Chalhuanca (Perú) contiene alrededor de 795 415.65 toneladas de CO_2 (Alvis et al., 2021). De manera similar, evaluaciones orientadas a cuantificar este servicio ecosistémico han reportado que estos ecosistemas en la reserva protegida de Salinas y Aguada Blanca almacenan en promedio 639.39 Mg/ha de CO_2 (INAIGEM, 2023).

2.1.9.3 Ecosistema refugio para la biodiversidad y fauna. Los humedales altoandinos presentan características singulares en la región andina, las cuales favorecen la persistencia de numerosas especies vegetales adaptadas a estos ambientes y que contribuyen al mantenimiento del ciclo de nutrientes (MINAM, 2019).

2.1.9.4 Fuente de alimento para el ganado. La cobertura vegetal representa uno de los servicios de mayor importancia de los humedales altoandinos, en especial para la población que hace uso de los pastos para la crianza de sus animales. Estos ecosistemas son fuente de alimento para el ganado nativo, como las alpacas y al ganado introducido, como los ovinos, vacunos y equinos (INAIGEM, 2023).

2.1.9.5 Ecoturismo. Diversos estudios indican que los humedales de altura promueven el turismo de naturaleza, por ejemplo, el humedal altoandino Caripe en Bolivia permite que los alojamientos cercanos obtengan ingresos gracias a las actividades ecoturísticas desarrolladas en la zona, lo que representa un beneficio monetario para las comunidades locales (Gandarillas et al., 2016).

2.1.10 Riesgo ambiental

Se refiere la posibilidad de que un peligro genere efectos adversos, directos o indirectos, sobre los ecosistemas y la diversidad biológica en un lugar y período determinados (MINAM, 2010).

La valoración de las amenazas ecológicas se define como el método a través del cual se identifica y analiza la presencia de posibles amenazas que puedan afectar las condiciones del recurso hídrico, el suelo o el aire representando un riesgo para la salud de las personas debido a la presencia de sustancias tóxicas en el área, tanto de origen industrial externo o de diversas fuentes de polución (MINAM, 2010).

La presencia de metales pesados en el recurso hídrico puede generar efectos adversos sobre los ecosistemas y la salud humana cuando sus concentraciones exceden los niveles considerados seguros por la normativa ambiental vigente. Por ello, la evaluación de estos contaminantes constituye una herramienta importante para identificar potenciales riesgos ambientales y establecer medidas de prevención y control.

2.1.11 Principales amenazas a los bofedales

2.1.11.1 Sobrepastoreo. Las prácticas inadecuadas en la ganadería son las que provocan alteraciones en la composición de la cobertura vegetal e incrementan la erosión del sustrato de turba (Salvador et al., 2014)

2.1.11.2 Factores climáticos. La disminución de la masa glaciar, vinculada a la alteración climática, genera cambios en el suministro hídrico de los humedales altoandinos. **(Polk, et al., 2017)**.

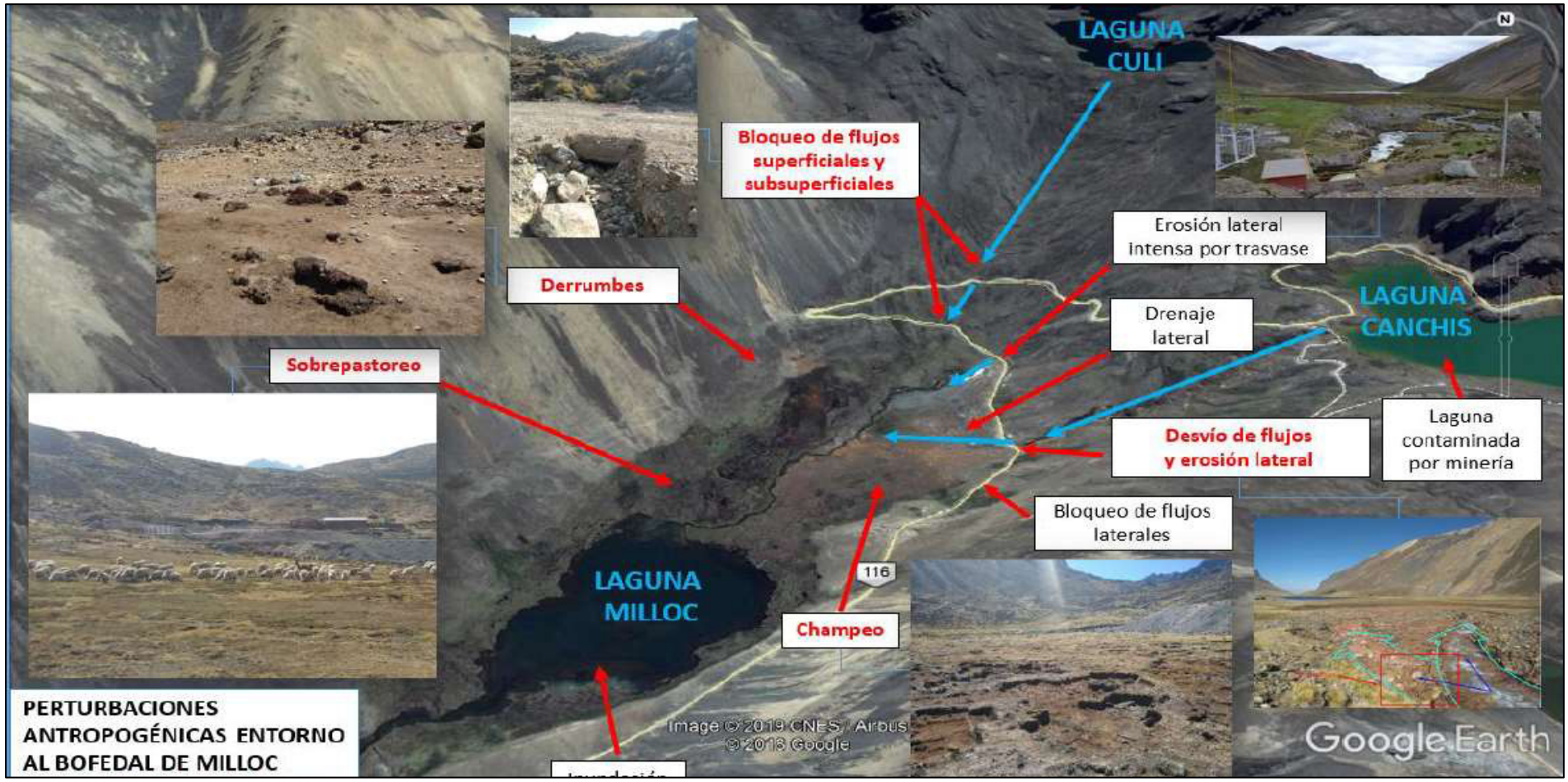
2.1.11.3 Minería. La influencia de relaves mineros podría modificar las condiciones del agua que abastece al humedal altoandino (Maldonado, 2015).

Alarcón-Jibaja et al. (2020), las aguas del humedal Milloc presentan concentraciones significativas de metales pesados, posiblemente asociadas a remanentes de actividad minera y/o características geológicas locales.

2.1.11.4 Extracción de turba. Es una amenaza relevante para estos ecosistemas frágiles (Salvador et al., 2014). Esta práctica es particularmente común en la región andina central del país, donde la turba se destina al comercio hacia los centros de producción de plantas. Asimismo, en las zonas centrales y meridionales del Perú, la comunidad local aprovecha la turba para cocinar.

Figura 7

Perturbaciones antropogénicas entorno al bofedal Milloc



Nota. Tomado de "Diagnóstico transdisciplinario del bofedal Milloc (Lima) y diseño de estrategias para la recuperación de sus servicios ecosistémicos", por Alarcón-Jibaja et al., 2020.

2.1.12 Marco legal ambiental

2.1.12.1 Ley N°28611, ley general del ambiente de 2005. Establece en su artículo que el estado tiene la obligación de garantizar la protección de los ecosistemas con baja capacidad de recuperación ante perturbaciones incluyendo a los humedales. Por su parte el artículo 100 dispone que el estado tiene la responsabilidad de preservar los ecosistemas de altura, fomentando el uso responsable de los recursos y la conservación de los servicios ambientales que proveen (Ley N.º 28611, 2005).

2.1.12.2 Ley N° 32099 del 2024. establece que los bofedales son sistemas ecológicos vulnerables que necesitan protección de la alteración antropogénica la cual solo se permite bajo la regulación del Ministerio del Ambiente. De igual manera, la norma asigna a la sociedad civil, empresas y todas las autoridades administrativas, la responsabilidad de garantizar su conservación. La ley reconoce el valor de los humedales altoandinos como fuente de biodiversidad, hábitat de especies y por su rol estratégico en la gestión del agua (Ley N.º 32099, 2024).

2.1.12.3 Ley N° 29338. ley de recursos hídricos, 2009. Establece el contexto regulatorio para la el manejo integral y responsable del agua promoviendo la participación público-privada en su administración y conservación. La ley reconoce el valor del agua como recurso natural fundamental y prioriza su acceso equitativo para todos los sectores de la población. Asimismo, fomenta la cultura del agua y el respeto por las prácticas y tradiciones ancestrales de las comunidades rurales y originarias relacionadas con la gestión del agua (Ley N.º 29338, 2009).

2.1.12.4 Decreto supremo N° 004-2017-MINAM. Los estándares de Calidad ambiental para agua establecen los niveles de calidad ambientan que deben mantenerse en los cuerpos de agua, de acuerdo a sus categorías de uso, con el objetivo de proteger la salud humana y conservar el ambiente. Se definieron 43 estándares clasificados en 4 categorías según el uso: consumo poblacional y recreación; extracción y acuicultura; riego y consumo animal; y conservación de ecosistemas acuáticos. Esta clasificación sirve como herramienta para la gestión sostenible del recurso hídrico (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, 2017).

2.1.12.5 Decreto supremo N° 031-2010-SA. Determina los límites y estándares de calidad del agua potable en el país con la finalidad de asegurar su consumo seguro y preservar la salud pública (Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, 2010).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, debido a que busca evaluar el riesgo ambiental asociado a la concentración de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal altoandino Milloc, con la finalidad de resolver una problemática, generando información útil para la gestión ambiental y la toma de decisiones.

3.1.1 Nivel de investigación

El estudio corresponde a un nivel descriptivo–evaluativo, dado que se describen las concentraciones de metales pesados presentes en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y se evalúa si representan un riesgo ambiental mediante la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y, con los valores establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

3.1.2 Diseño de la investigación

El estudio corresponde a un diseño no experimental de corte transeccional, debido a que las variables se observan en su estado natural sin manipulación. Asimismo, presenta un enfoque cuantitativo, basado en la medición de concentración de metales pesados y parámetros adicionales como pH y conductividad eléctrica.

3.2 Ámbito temporal y espacial

3.2.1 Ámbito temporal

La investigación se desarrolló entre los meses de febrero y octubre de 2025, considerando tres etapas: recopilación y procesamiento de información (febrero–julio), trabajo de campo y toma de muestras (agosto), y análisis de resultados y elaboración del informe final septiembre–octubre.

3.2.2 Ámbito espacial

3.2.2.1 Ubicación del área de estudio. El presente estudio se desarrolla en el humedal altoandino Milloc localizado en el área de la comunidad campesina Santiago de Carampoma, situado en la parte alta del afluente Santa Eulalia. Desde el punto de vista político-Administrativo pertenece al distrito de Carampoma, jurisdicción de Huarochirí, en la región Lima. A continuación, se presenta una tabla que describe la posición geográfica y jurisdiccional, así como los límites de la zona investigada.

Tabla 1

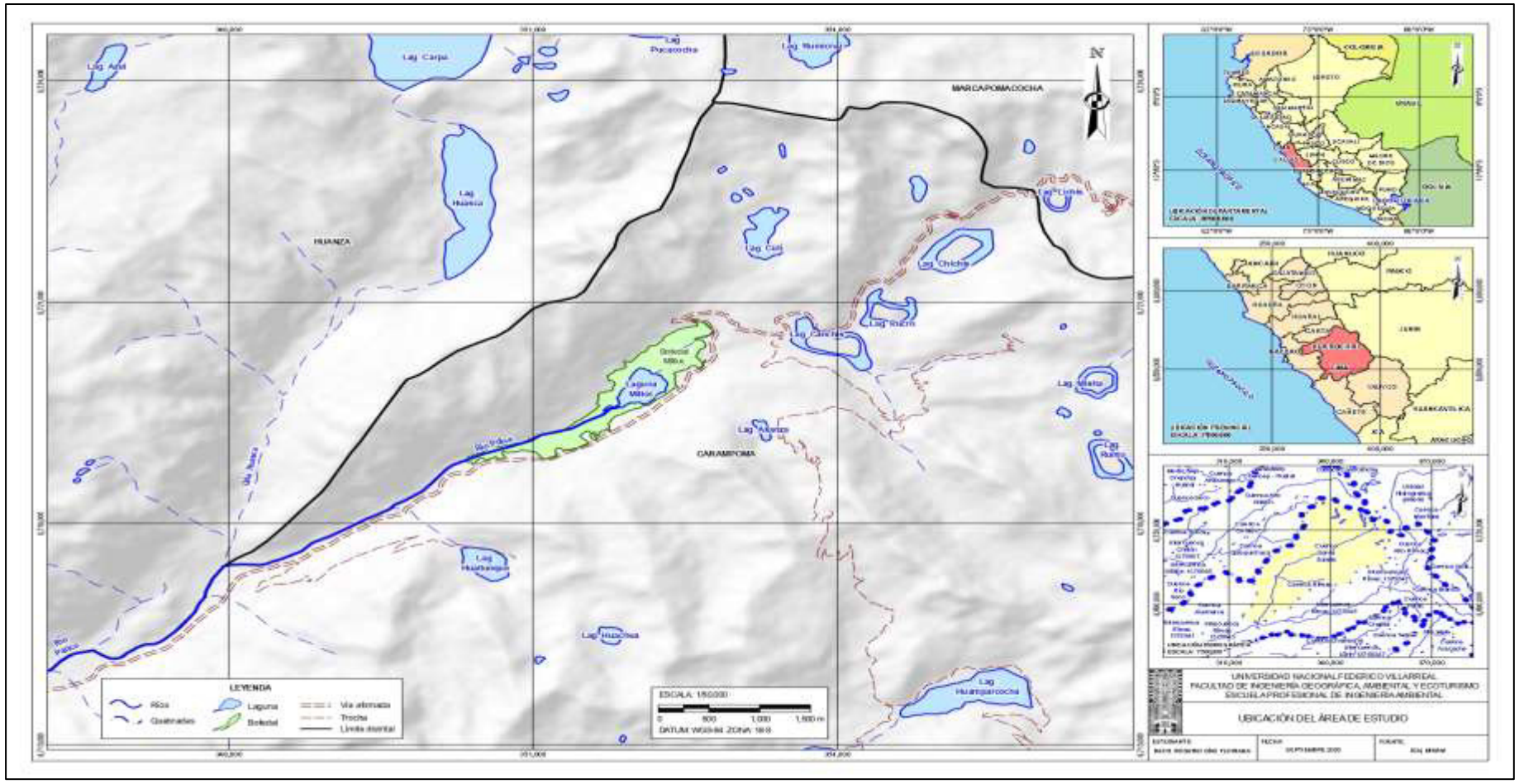
Ubicación del área de estudio

Ubicación política	
Departamento/Región	Lima
Provincia	Huarochirí
Distrito	Carampoma
Ubicación geográfica	
Coordenadas UTM (WGS 84, Zona 18S)	8 720 000 N
	354 000 E
Altitud	4300-5010 m.s.n.m
Límites distritales	
Norte	Huanza y límite departamental con Junín
Sur	San Juan de Iris, Matucana y San Mateo
Este	Chicla
Oeste	Laraos

Nota. Elaboración propia a partir de datos del IGN (Instituto Geográfico Nacional, 2025).

Figura 8

Mapa de ubicación del bofedal Milloc



Nota. Elaboración propia.

3.2.2.2 Características del área de estudio. Geología: Los suelos de Milloc presentan diversas texturas y características geomorfológicas, incluyendo pendientes moderadas, afloramientos rocosos y sectores con evidencias de erosión (Aquafondo, 2016).

Hidrología: El humedal altoandino Milloc recibe recargas provenientes de las precipitaciones, las cuales infiltran en el subsuelo (Cooper, et al., 2010).

Clima: La época seca empieza a fines de mayo y termina a fines de octubre empezando la época húmeda de noviembre hasta fines de abril nuevamente (Valencia, 2019).

3.3 Variables

Se presentan a continuación las variables consideradas en la investigación.

3.3.1 Variable 1

- concentración de metales pesados

Definición conceptual: Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano, animales y ambiente.

3.3.2 Variable 2

- riesgo ambiental

Definición conceptual: Probabilidad de que la presencia de metales pesados en elevadas concentraciones genere efectos adversos sobre la salud humana y el equilibrio del ecosistema.

Tabla 2

Operacionalización de las variables de investigación

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable 1: Concentración de metales pesados	Grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano, animales y ambiente.	Se determina mediante análisis de laboratorio utilizando el método EPA 200.8, expresando los resultados en miligramos por litro (mg/L).	Metales pesados	Concentración de As, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, Al	mg/L
Variable 2: Riesgo ambiental	Probabilidad de que la presencia de metales pesados en elevadas concentraciones genere efectos adversos sobre la salud humana y el equilibrio del ecosistema.	Evaluación mediante la comparación de las concentraciones de metales pesados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua Categoría 3 (D2), Categoría 4 (E1) y los valores establecidos para agua de consumo humano.	Ganadería	Cumplimiento de ECA categoría 3 (D2)	Cumple / No cumple
			Ambiente acuático	Cumplimiento de ECA categoría 4 (E1)	Cumple / No cumple
			Salud humana	Cumplimiento de valores establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA para agua de consumo humano.	Cumple / No cumple

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población se define como el conjunto de elementos que comparten características específicas y que son objeto de estudio en una investigación (Hernández et al., 2010).

La población estuvo conformada por el agua subsuperficial (210,000 m^3) presente en el bofedal Milloc (42 hectáreas), Huarochirí–Lima, durante el periodo 2025.

Se consideró el agua subsuperficial por ser el principal medio de interacción entre el suelo y la vegetación del bofedal, permitiendo evaluar la calidad del recurso hídrico, las condiciones geoquímicas del ecosistema y la posible migración de metales pesados hacia la napa freática.

3.4.2 Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población del cual se obtienen los datos para el análisis del estudio (Hernández et al., 2010).

La muestra estuvo conformada por diez (10) puntos de muestreo de agua subsuperficial (0.0016m^3), distribuidos en 2 sectores (conservado y degradado), en cada sector se establecieron 5 puntos de muestreo, distribuidos de manera que aseguren la representatividad espacial del área de estudio.

3.4.3 Muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por criterio. El área de estudio se consideró en dos estratos: conservado y degradado. La selección de los puntos de muestreo se realizó de manera deliberada, considerando criterios técnicos como la representatividad, accesibilidad y las condiciones del flujo de agua en el bofedal.

Tabla 3

Coordenadas de los puntos de muestreo en el bofedal Milloc

	Estratos	Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
			Este	Norte
Área de Estudio Bofedal Milloc	Estrato Conservado	P01	352073	8720099
		P02	352169	8720287
		P03	352305	8720456
		P04	352470	8720581
		P05	352650	8720651
	Estrato Degradado	P06	352612	8720383
		P07	352537	8720277
		P08	352473	8720171
		P09	352382	8720082
		P10	352323	8719957

Nota. Elaboración propia, todos los puntos de muestreo se encuentran a una altitud promedio de 4350 m.s.n.m.

3.4.4 Limitaciones en la selección de la muestra

La selección de los puntos de muestreo estuvo condicionada principalmente por las características del terreno y la accesibilidad a las diferentes zonas del bofedal. Asimismo, la distribución y las condiciones del flujo de agua subsuperficial limitaron la ubicación de algunos puntos, por lo que estos fueron establecidos considerando su accesibilidad y representatividad respecto de las áreas conservada y degradada. Estas condiciones fueron consideradas durante la planificación del muestreo para garantizar la obtención de muestras técnicamente viables para el desarrollo del estudio.

Figura 9

Distribución de los puntos de muestreo en el bofedal Milloc



Nota. Elaboración propia a partir de imagen satelital adaptada de *Google Earth* (2025). Delimitación y puntos de muestreo de los estratos conservado (P1-P5) y degradado (P6-P10).

3.5 Instrumentos

Con el fin de recopilar la información se empleó una ficha de campo elaborada para registrar la información general del punto de muestreo (coordenadas UTM, altitud, hora, sector), las condiciones del sitio (color del agua, presencia de vegetación, evidencias de impacto) y las observaciones generales.

Este formulario facilitó la estandarización del registro de información en los diez puntos de muestreo de agua subsuperficial del bofedal Milloc.

Nota. La ficha de campo adaptada para el muestreo de agua subsuperficial, fue elaborada en tomando como referencia a las normas nacionales para el monitoreo de la calidad del agua superficial (ANA, 2016), (Ver Anexo C Ficha de registro de datos en campo).

Tabla 4

Ficha de campo utilizada para el registro de información en el muestreo de agua subsuperficial

FICHA DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE AGUA SUBSUPERFICIAL									
Nombre del Proyecto:									
Responsable de Muestreo:									
Tipo de muestra:									
Fecha de Muestreo:									
Condiciones climáticas:									
Código del punto	**Coordenadas UTM (Zona 18S, Datum WGS84)**	**Altitud (m s.n.m.)**	**Sector conservado o degradado**	**Hora de muestreo**	**Descripción visual del cuerpo de agua**	**Color del agua**	**Presencia de vegetación acuática**	**Evidencia de impactos (ganado, drenaje, etc.)**	**Observaciones generales**
P01									
P02									
P03									
P04									
P05									
P06									
P07									
P08									
P09									
P10									

Nota. La ficha de campo adaptados al muestreo de agua subsuperficial, fue elaborada en base

al protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016), (Ver anexo C ficha de registro de datos en campo).

3.5.1 Materiales y recursos de gabinete

- Mapas temáticos
- Laptop hp

3.5.2 Materiales y equipos de campo

- Cuaderno de apuntes
- Tablero
- Lapiceros
- Micas para protección de documentos
- Plumón indeleble
- Insumos para el muestreo
- Cooler, Ice packs
- Equipo navegador satelital (celular)
- Wincha
- Barreno
- Botas de jebe

3.5.3 Software

- Plataforma ArcGIS 10.5
- Sistema Google Earth Pro
- Programa de gestión de datos Microsoft Excel
- Procesador de texto Microsoft Word

3.6 Procedimientos

3.6.1 Determinación de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la ganadería y al ambiente.

- Se recopilaron y procesaron las referencias técnicas y bibliográficas relacionadas con el ámbito de estudio con el objetivo de obtener información preliminar sobre sus características ambientales y geográficas.
- Previo al trabajo de campo, se gestionó la autorización correspondiente ante el presidente de la comunidad de Santiago de Carampoma (CSC) presentando la justificación del estudio, los compromisos y los beneficios esperados para la Comunidad. Con la autorización correspondiente se coordina la visita para el reconocimiento de la zona de estudio con un miembro guía de la CSC, para evitar incidentes al desconocer los accesos y la inestabilidad del terreno.
- Al llegar a Milloc a más de 4300 msnm se realiza un reconocimiento del lugar, identificando los dos estratos principales del bofedal: sector conservado y el sector degradado, teniendo como referencia Túnel Trasandino Cuevas-Milloc:
- Se identificaron los puntos de muestreo, considerando la accesibilidad al lugar, fuentes de contaminación y representatividad hidrológica, se registraron los datos de localización de los puntos de medición con apoyo de un aplicativo móvil de geoposicionamiento.
- Se utilizó un barreno manual para la apertura de los pozos de aproximadamente 50 cm de profundidad en los puntos de muestreo identificados en los dos estratos (conservado y degradado) del bofedal Milloc.
- Se esperó al día siguiente hasta que el afloramiento del agua llene los pozos de muestreo para tomar las 10 muestras del agua subsuperficial del bofedal Milloc siguiendo el diseño de muestreo, así como las especificaciones del laboratorio SGS como el uso de

envases limpios, manejo y preservación; blancos de campo, etiquetado correcto, cadena de custodia (Ver Anexo B: condiciones mínimas para la ejecución de ensayos ambientales).

- El material de laboratorio para la recolección de muestras fue transportado a la zona de estudio en un Cooler cumpliendo con las indicaciones del laboratorio S.G.S
- Para las muestras destinadas al análisis de metales totales, el agua se recolectó directamente desde el punto de muestreo mediante una manguera transparente depositándola en frascos de polietileno de 60 ml, agregando seis gotas de ácido nítrico HNO3 para su preservación.
- En campo se midió pH utilizando un pH-metro portátil previamente calibrado con soluciones buffer. Para la conductividad eléctrica el agua se recolectó directamente desde el punto de muestreo mediante una manguera transparente depositándose en frascos de PVC 100 ml boca ancha, estos parámetros se midieron con el propósito de disponer de datos referenciales sobre las condiciones físico-químicas del agua que permiten interpretar de manera más integral la dinámica de los metales pesados en el humedal altoandino Milloc.
- Las muestras se mantuvieron refrigeradas a Temperatura <6°C hasta su entrega al laboratorio. S.G.S del Perú S.A.C donde se determinaron indicadores físico-químicos y los niveles de metales pesados mediante los siguientes procedimientos analíticos:
    - ❖ Conductividad eléctrica: De acuerdo con la metodología establecida en SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, edición 2023.
    - ❖ Metales totales en agua: Se empleó el método EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994, para la cuantificación de elementos traza en agua y desechos, utilizando espectrometría de masas acoplada a plasma inductivo (ICP-MS),

Finalmente, registros de laboratorio obtenidos fueron evaluados frente los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del D.S N° 004-2017-MINAM específicamente con los valores de la categoría 3 D2 bebida de animales y con la categoría 4 E1 lagos y lagunas. Esta comparación permitió determinar la calidad del agua y su posible impacto sobre la ganadería y el entorno ambiental.

3.6.2 Análisis de la concentración de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la salud humana

- Los resultados obtenidos del laboratorio se analizaron considerando los valores máximos permitidos establecidos en el estándar legal de calidad de agua potable (D.S N° 031-2010-SA), emitido por la DIGESA del MINSA con el fin de evaluar la conformidad del agua con la normativa sanitaria vigente.
- Esta evaluación permitió identificar los metales que exceden los valores permitidos y determinar su potencial riesgo para la salud humana.

3.6.3 Estrategias para minimizar el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc.

Para el cumplimiento del objetivo específico se desarrollaron las siguientes actividades:

- Se analizaron elementos que favorecen la presencia de metales pesados en el ambiente tales como actividades antrópicas, geología del lugar, pasivos mineros, entre otros factores.
- Se revisaron estudios previos y experiencias de restauración de bofedales en zonas altoandinas para seleccionar acciones hidrológicas, ecológicas y sociales orientadas a reducir el riesgo ambiental.

- Finalmente, las estrategias fueron revisadas y priorizadas según su viabilidad económica y social destacando aquellas con mayor potencial de contribuir a la recuperación y sostenibilidad del bofedal Milloc.

3.7 Análisis de datos

Se hizo uso del software ArcGIS v.10.5, para la elaboración de cartografía temática. Los datos registrados de los análisis de laboratorio relacionados con la calidad del recurso hídrico tales como pH, conductividad eléctrica, metales pesados fueron analizados de manera descriptiva, mediante el programa Excel. Además, se evaluaron frente a los límites normativos referenciales como el ECA-agua categoría 3 D2, así como la categoría 4 E1 para realizar el contraste de hipótesis, asimismo con los valores regulados por la normativa de calidad de agua potable D.S N°031-2010-SA.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados de concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la ganadería y al ambiente.

Se evaluó la concentración de metales pesados durante la cuarta semana del mes de agosto del año 2025, se tuvo 5 puntos de muestreo en cada uno de los 2 estratos seleccionados (conservado y degradado).

Tabla 5

Metales evaluados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc

ITEM	PARÁMETRO	REFERENCIA	UNIDAD
1	plata total	EW_EPA200_8	mg/L
2	aluminio total	EW_EPA200_8	mg/L
3	arsénico total	EW_EPA200_8	mg/L
4	boro total	EW_EPA200_8	mg/L
5	bario total	EW_EPA200_8	mg/L
6	berilio total	EW_EPA200_8	mg/L
7	bismuto total	EW_EPA200_8	mg/L
8	calcio total	EW_EPA200_8	mg/L
9	cadmio total	EW_EPA200_8	mg/L
10	cerio total	EW_EPA200_8	mg/L
11	cobalto total	EW_EPA200_8	mg/L
12	cromo total	EW_EPA200_8	mg/L
13	cesio total	EW_EPA200_8	mg/L
14	cobre total	EW_EPA200_8	mg/L
15	hierro total	EW_EPA200_8	mg/L
16	galio total	EW_EPA200_8	mg/L
17	germanio total	EW_EPA200_8	mg/L
18	hafnio total	EW_EPA200_8	mg/L
19	mercurio total	EW_EPA200_8	mg/L
20	potasio total	EW_EPA200_8	mg/L
21	lantano total	EW_EPA200_8	mg/L
22	litio total	EW_EPA200_8	mg/L
23	lutecio total	EW_EPA200_8	mg/L
24	magnesio total	EW_EPA200_8	mg/L
25	manganeso total	EW_EPA200_8	mg/L
26	molibdeno total	EW_EPA200_8	mg/L
27	sodio total	EW_EPA200_8	mg/L
28	niobio total	EW_EPA200_8	mg/L
29	níquel total	EW_EPA200_8	mg/L

30	fósforo total	EW_EPA200_8	mg/L
31	plomo total	EW_EPA200_8	mg/L
32	rubidio total	EW_EPA200_8	mg/L
33	antimonio total	EW_EPA200_8	mg/L
34	selenio total	EW_EPA200_8	mg/L
35	silicio total	EW_EPA200_8	mg/L
36	estaño total	EW_EPA200_8	mg/L
37	estroncio total	EW_EPA200_8	mg/L
38	tantalio total	EW_EPA200_8	mg/L
39	teluro total	EW_EPA200_8	mg/L
40	thorio total	EW_EPA200_8	mg/L
41	titanio total	EW_EPA200_8	mg/L
42	talio total	EW_EPA200_8	mg/L
43	uranio total	EW_EPA200_8	mg/L
44	vanadio total	EW_EPA200_8	mg/L
45	wolframio total	EW_EPA200_8	mg/L
46	yterbio total	EW_EPA200_8	mg/L
47	zinc total	EW_EPA200_8	mg/L
48	zirconio total	EW_EPA200_8	mg/L

Nota. El laboratorio analizó 48 metales según el método EPA 2008; sin embargo, se consideraron solo los metales regulados en la normativa peruana para su evaluación.

4.1.1 Resultados de metales pesados en comparación con la categoría 3 D2: bebida de animales

En el marco legal peruano no se han establecido ECA para aguas subsuperficiales, subterráneas ni manantiales; por ello, de manera referencial, los datos obtenidos de las unidades muestreadas de agua subsuperficial se contrastaron con los valores de referencia en el Estándar de calidad de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 3 D2 conforme al D.S N° 004-2017-MINAM.

Tabla 6

Valores del ECA para Agua-Categoría 3 D2 (D.S N° 004-2017-MINAM)

CATEGORÍA 3 D2 BEBIDA DE ANIMALES	Parámetro	Unidad	D2: bebida de animales
	conductividad	µs/cm	5000
	pH	Unidad de pH	6.5-8.4
	arsénico	mg/L	0.2
	bario	mg/L	NA
	berilio	mg/L	0.1
	boro	mg/L	5
	cadmio	mg/L	0.05
	cobre	mg/L	0.5
	cobalto	mg/L	1
	cromo total	mg/L	1
	hierro	mg/L	NA
	litio	mg/L	2.5
	magnesio	mg/L	250
	manganeso	mg/L	0.2
	mercurio	mg/L	0.01
	níquel	mg/L	1
	plomo	mg/L	0.05
	selenio	mg/L	0.05
	zinc	mg/L	24

Nota. Adaptado de *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias*, por MINAM, 2017.

En las siguientes figuras, las barras verdes representan el estrato conservado y las barras naranjas el estrato degradado, la línea azul indica el Estándar de Calidad Ambiental y la línea roja indican los valores establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA para agua de consumo humano.

Tabla 7

Parámetros fisicoquímicos y metales pesados comparados con el ECA para agua-Categoría 3 D2

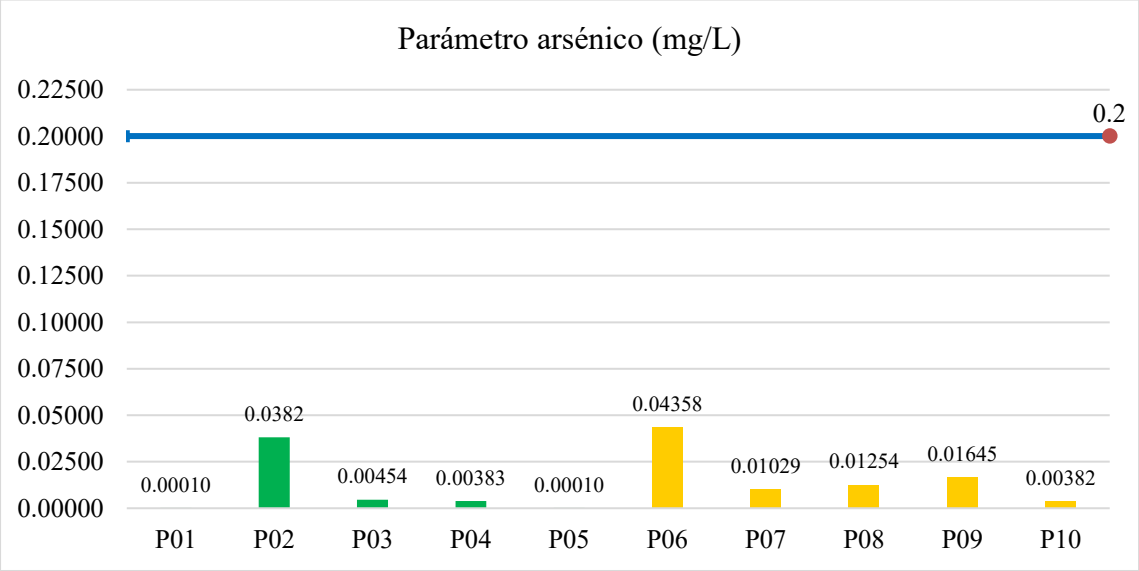
Parámetro	Unidad	ECA Agua	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
conductividad	µs/cm	5000	193.9	157.8	55.61	313.8	195.2	272.3	336.1	269.5	286	366.3
pH	Unidad de pH	6.5-8-5	5.96	6.11	5.99	5.71	4.39	6.72	6.5	6.38	6.5	6.43
arsénico	mg/L	0.2	0.00010	0.0382	0.0045	0.00383	0.00010	0.04358	0.01029	0.01254	0.01645	0.00382
bario	mg/L	NA	0.0053	0.0249	0.0085	0.0195	0.0124	0.0067	0.0084	0.0082	0.0099	0.0163
berilio	mg/L	0.1	0.00006	0.0001	0.00006	0.00006	0.00019	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006
boro	mg/L	5	0.017	0.019	0.006	0.008	0.006	0.099	0.1	0.076	0.103	0.202
cadmio	mg/L	0.05	0.00107	0.00077	0.002	0.00073	0.0006	0.00029	0.00117	0.00057	0.0011	0.00028
cobre	mg/L	0.5	0.68654	0.23898	0.1185	0.05204	0.6452	0.04636	0.04786	0.04766	0.094	0.01897
cobalto	mg/L	1	0.00279	0.00292	0.0006	0.00198	0.01394	0.00061	0.00337	0.00107	0.00207	0.00076
cromo total	mg/L	1	0.0003	0.0004	0.0006	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
hierro	mg/L	NA	0.1005	1.5714	0.652	4.5423	0.5004	15.9828	4.2138	5.2453	5.6851	0.2352
litio	mg/L	2.5	0.0079	0.0073	0.0007	0.0054	0.007	0.0261	0.0786	0.0503	0.0636	0.1766
magnesio	mg/L	250	3.557	3.36	1.459	4.846	3.071	1.748	2.519	1.965	2.347	2.042
manganeso	mg/L	0.2	0.16256	0.99798	0.0166	0.10684	0.23668	0.23561	1.27127	0.26756	0.33004	0.42875
mercurio	mg/L	0.01	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
níquel	mg/L	1	0.0019	0.0012	0.0015	0.0014	0.0026	0.0006	0.001	0.0008	0.0009	0.0006
plomo	mg/L	0.05	0.0006	0.0408	0.0061	0.0209	0.0013	0.0199	0.0146	0.0099	0.0314	0.006
selenio	mg/L	0.05	0.0013	0.0013	0.0023	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
zinc	mg/L	24	0.1582	0.0305	0.1245	0.0373	0.1294	0.0534	0.1694	0.1309	0.1698	0.0404

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de laboratorio. Los valores en rojo indican superación o incumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 3 D2.

4.1.1.1 Metales pesados. Los datos obtenidos respecto al contenido de arsénico (As) en las diez unidades de muestreo, tanto en los estratos conservado y degradado, se mantienen por debajo del límite establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2 para bebida de animales.

Figura 10

Concentración de Arsénico (As) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

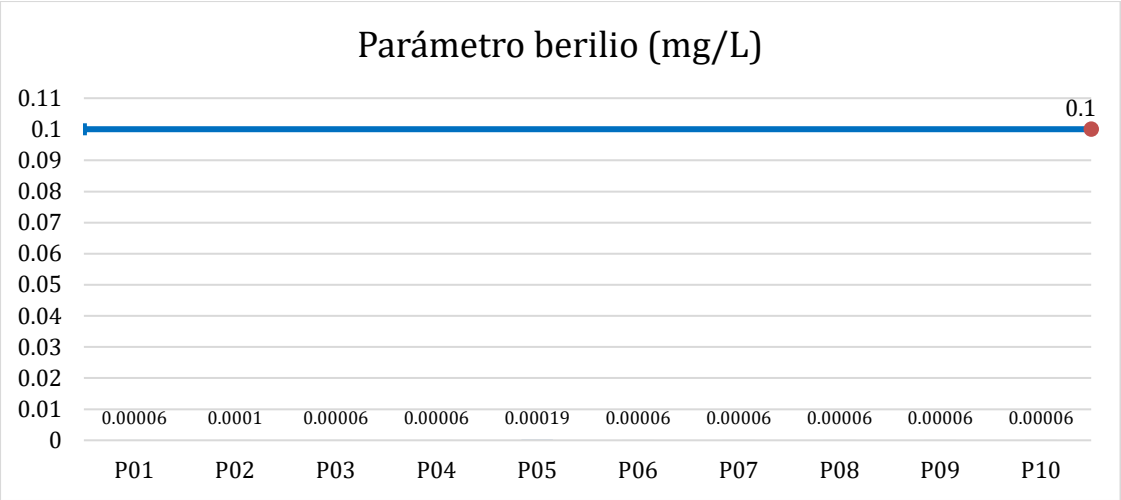


Nota. Los niveles de arsénico (As) están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de berilio (Be) en las diez unidades de muestreo en los estratos conservado y degradado se mantienen por debajo del límite establecido por el ECA Categoría 3 D2 para este parámetro, considerando que el berilio presenta valores próximos al nivel de cuantificación del procedimiento analítico.

Figura 11

Concentración de berilio (Be) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

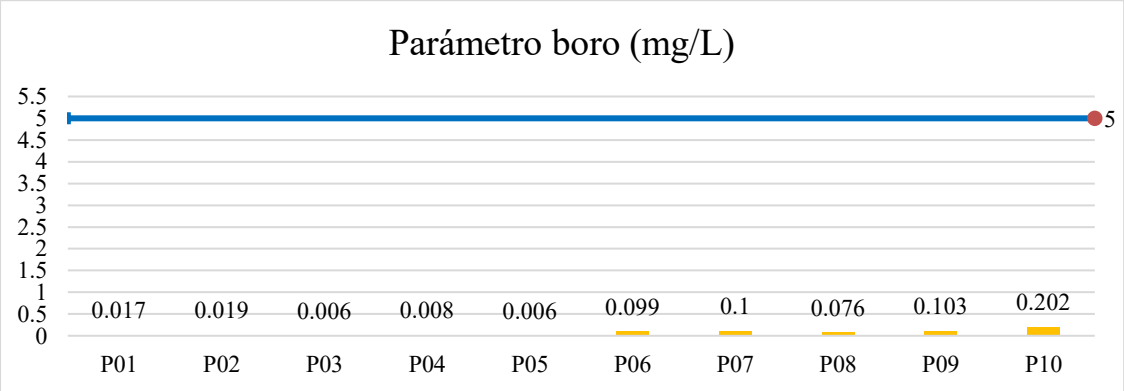


Nota. Los niveles de berilio (Be) están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de boro (B) en las diez unidades de muestreo, en los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2.

Figura 12

Concentración de boro (B) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

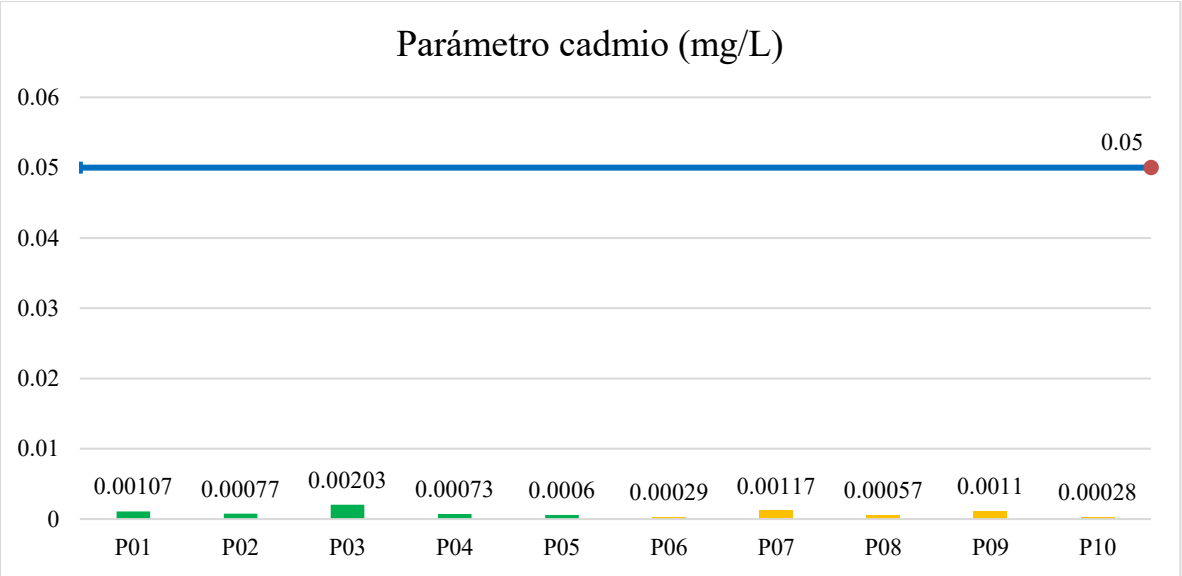


Nota. Los niveles de boro (B) están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de cadmio (Cd) en las diez unidades de muestreo, correspondientes a los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2

Figura 13

Concentración de cadmio (Cd) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

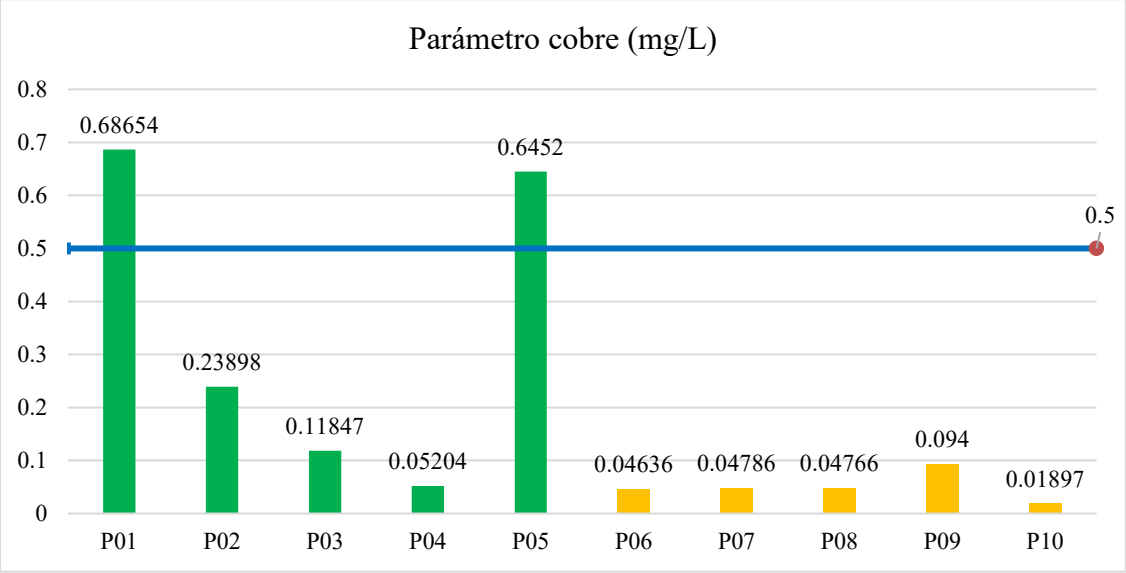


Nota. Los niveles de cadmio (Cd) están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de cobre (Cu) muestran que los puntos P01 y P05, pertenecientes al estrato conservado, exceden el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2.

Figura 14

Concentración de cobre (Cu) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

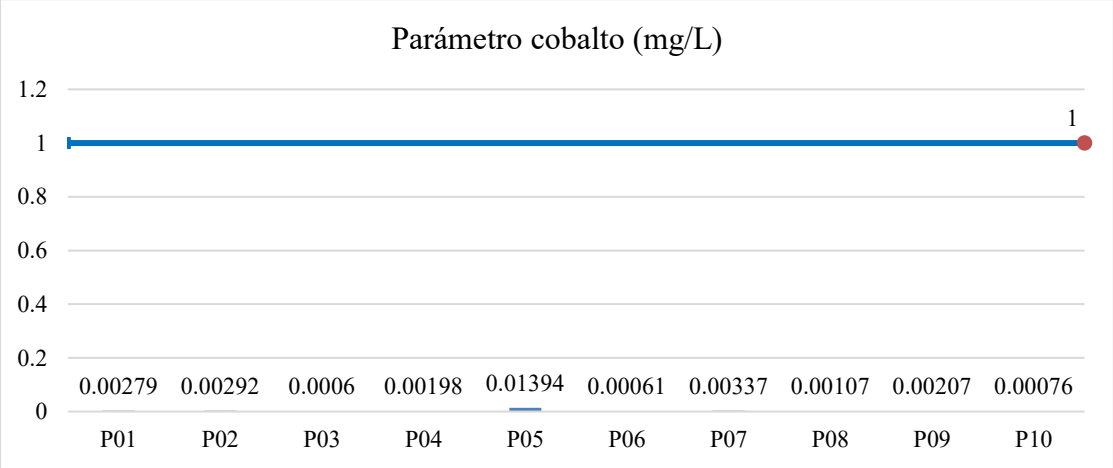


Nota. El 80% de los puntos de muestreo del metal cobre se encuentra dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de cobalto (Co) en las diez unidades de muestreo, correspondientes a los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2.

Figura 15

Concentración de cobalto (Co) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

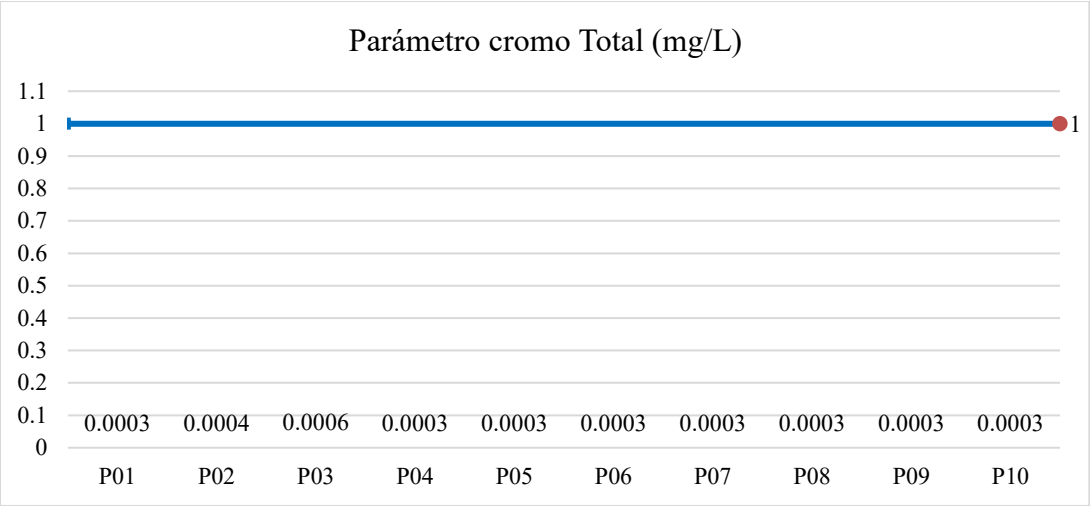


Nota. Los valores del cobalto están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de cromo total (Cr) en las diez unidades de muestreo en los estratos conservado y degradado no exceden el ECA Categoría 3 D2 para este parámetro, considerando que el Cromo total presenta valores próximos al límite de detección cuantitativa del análisis, indicando concentraciones muy bajas en el agua subsuperficial del bofedal.

Figura 16

Concentración de cromo (Cr) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

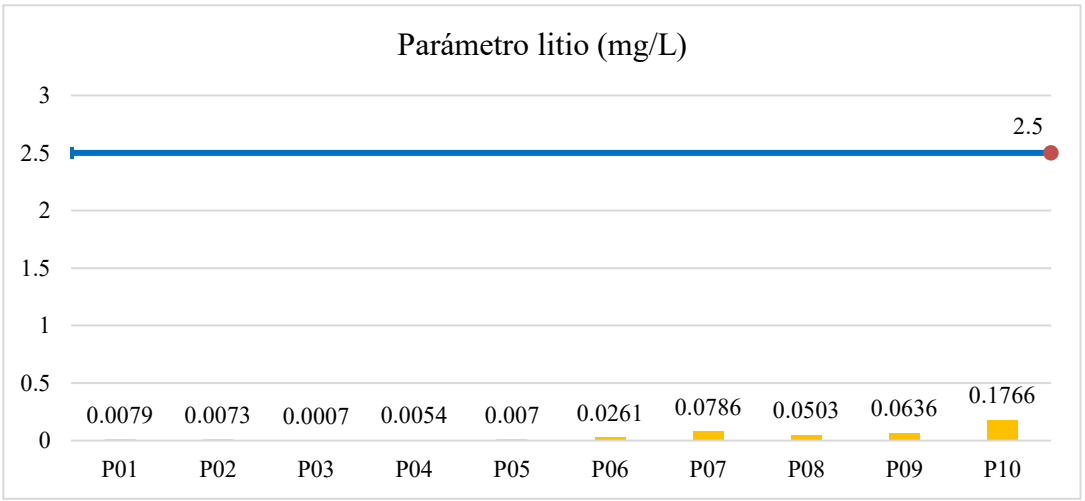


Nota. Los valores del cromo están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de litio (Li) en las diez unidades de muestreo, correspondientes a los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2.

Figura 17

Concentración de litio (Li) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

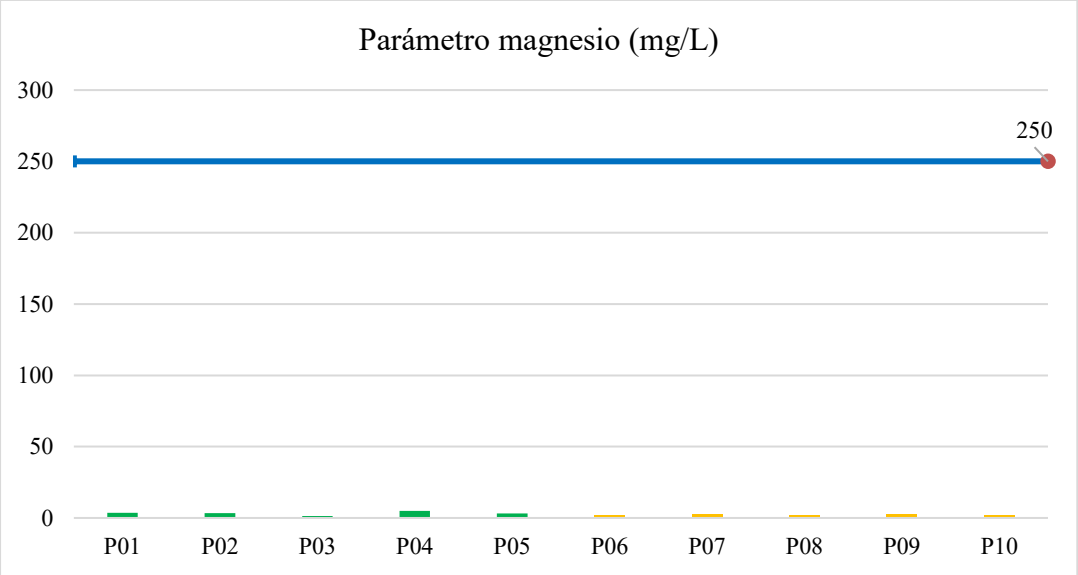


Nota. Los valores del litio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de magnesio (Mg) en las diez unidades de muestreo, correspondientes a los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2.

Figura 18

Concentración de magnesio (Mg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

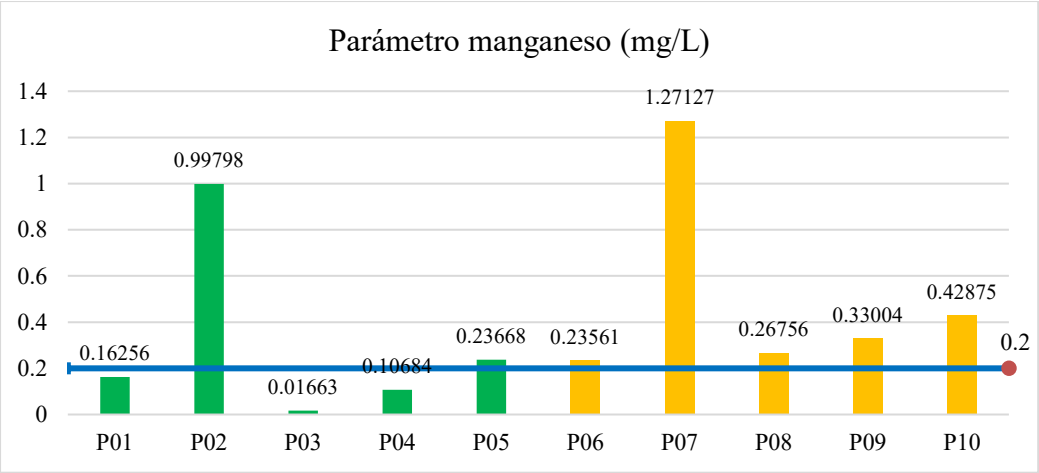


Nota. Los valores del magnesio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de manganeso (Mn) muestran que los puntos P02 y P05 del estrato conservado, así como los puntos P06, P07, P08, P09 y P10 del estrato degradado, exceden el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2. Esto evidencia concentraciones elevadas de manganeso en ambos estratos, con mayor frecuencia en el sector degradado

Figura 19

Concentración de manganeso (Mn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

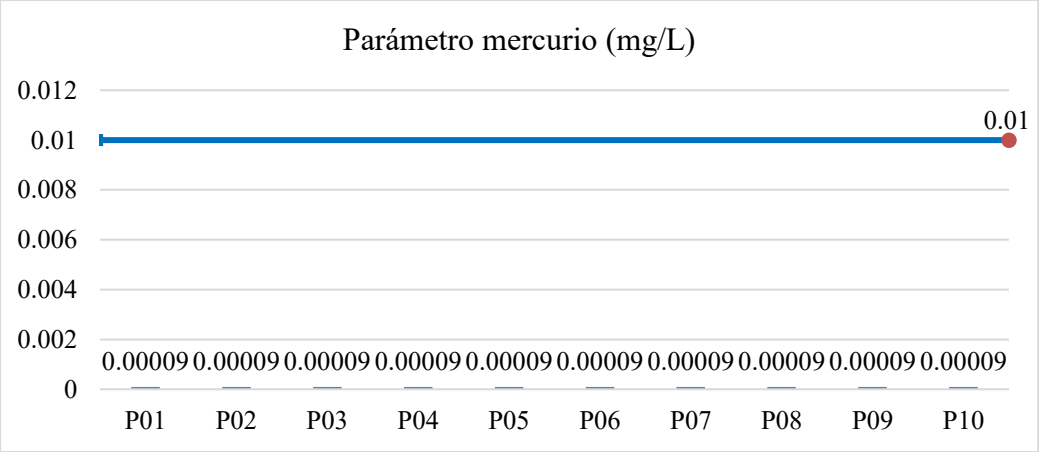


Nota. El 30% de los puntos de muestreo del metal manganeso están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de mercurio total (Hg) en las diez unidades de muestreo correspondientes a los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2. Asimismo, el Mercurio presenta concentraciones próximas al límite de detección cuantitativa del análisis, lo que indica niveles muy bajos de este metal en las aguas del bofedal.

Figura 20

Concentración de mercurio (Hg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

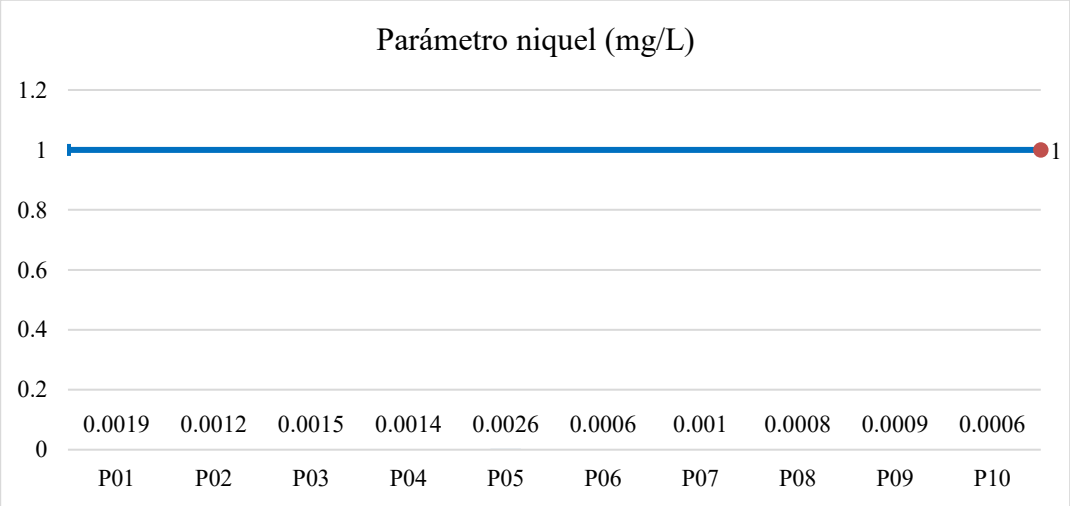


Nota. Los valores del mercurio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de níquel (Ni) en las diez unidades de muestreo, correspondientes a los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2.

Figura 21

Concentración de níquel (Ni) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

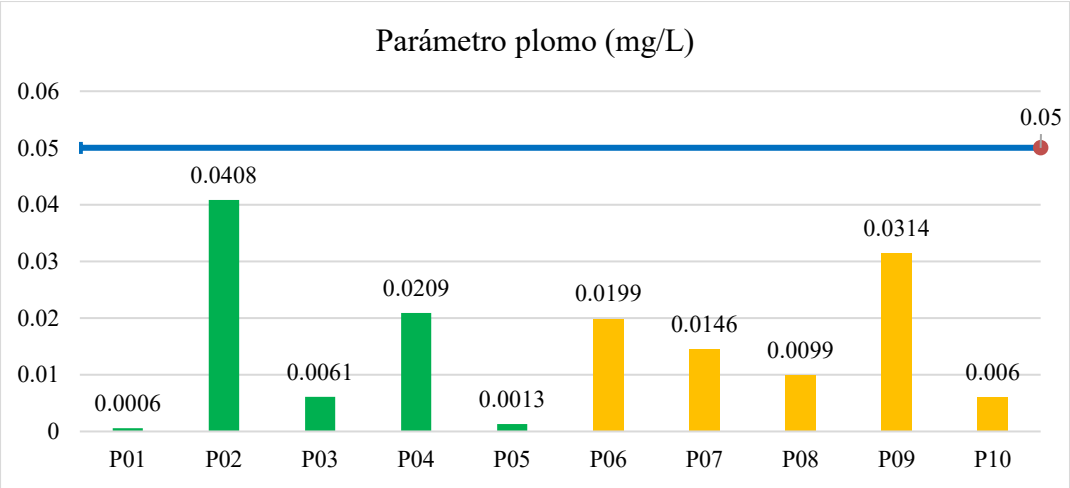


Nota. Los valores del níquel están dentro de los parámetros permitidos para este fin

Los datos obtenidos respecto al contenido de plomo (Pb) en las diez unidades de muestreo se encuentran por debajo del valor máximo permitido (0.05 mg/L) establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2. Sin embargo, los puntos P02 (estrato conservado) y P09 (estrato degradado) presentan valores próximos al límite del estándar, lo que sugiere una ligera acumulación del metal en dichos sectores.

Figura 22

Concentración de plomo (Pb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

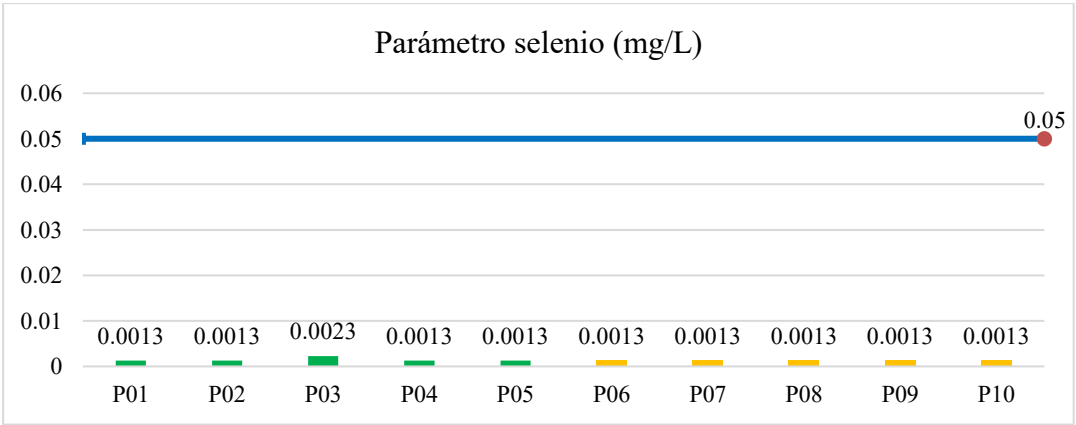


Nota. Los valores del plomo están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de selenio (Se) en las diez unidades de muestreo, correspondientes a los estratos conservado y degradado, no superan el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2. Además, las concentraciones de este elemento se encuentran próximas al límite de detección cuantitativa del análisis, lo que indica niveles muy bajos de selenio en las aguas del bofedal.

Figura 23

Concentración de selenio (Se) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

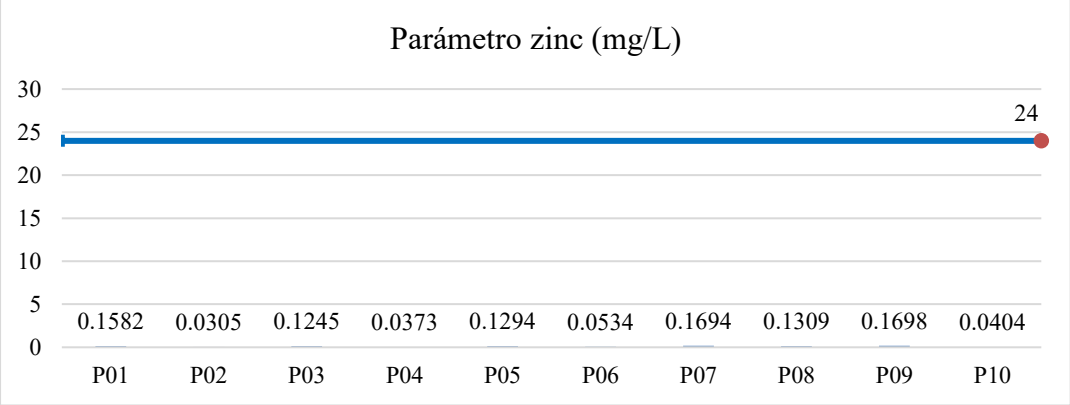


Nota. Los valores del selenio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los datos obtenidos respecto al contenido de zinc (Zn) en las diez unidades de muestreo correspondientes a los estratos conservado y degradado no exceden el valor establecido por el ECA para Agua – Categoría 3: D2

Figura 24

Concentración de zinc (Zn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc



Nota. Los valores del zinc están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

4.1.1.2 Parámetros complementarios. Se indican los resultados obtenidos de la determinación de pH en campo.

Figura 25

Medición de pH en los puntos de muestreo del bofedal Milloc

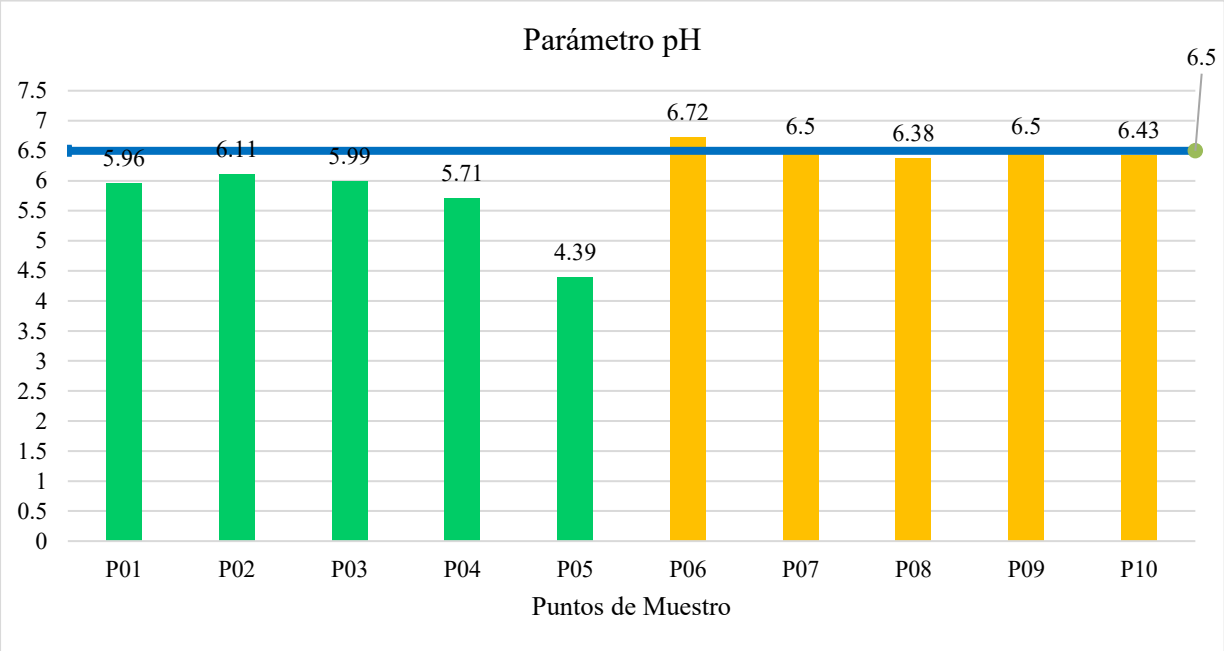


Nota. Elaboración propia, las mediciones de pH evidencian valores ácidos en la mayoría de las estaciones de muestras.

Parámetro pH. – A partir de los datos obtenidos en las diez estaciones de muestreo analizadas en campo, se observa que solo los puntos P06, P07 y P09 presentan valores de pH en el rango normativo pH entre 6.5 y 8.5 según el ECA para Agua – Categoría 3: D2, los demás puntos registran valores por debajo del estándar.

Figura 26

Resultados de pH en comparación con el ECA para Agua-Categoría 3 D2

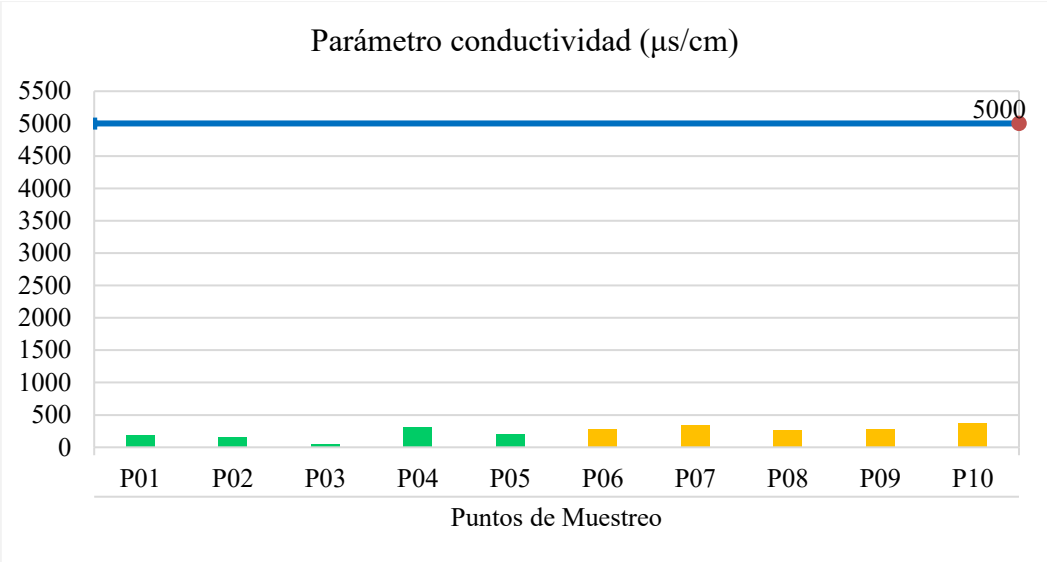


Nota. Solo el 30% de las estaciones de muestreo en pH están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Parámetro Conductividad. – Los datos obtenidos en las diez unidades de muestreo analizados en laboratorio no exceden el (ECA) para agua en la categoría 3 D2 en el parámetro de conductividad.

Figura 27

Resultados de conductividad eléctrica en comparación con el ECA para Agua categoría 3 D2



Nota. El 100% de las estaciones de muestreo en conductividad están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

4.1.2 Resultados en comparación con la categoría 4 E1: lagunas y lagos

De acuerdo con la regulación vigente en Perú, no se han definido Estándares de Calidad Ambiental (ECA) específicos para aguas subsuperficiales, subterráneas ni manantiales; por ello, de manera referencial, los datos obtenidos de las muestras de agua subsuperficial se compararon con los valores establecidos en el (ECA) para agua en la categoría 4 E1: lagunas y lagos conforme al D.S N° 004-2017-MINAM.

Tabla 8

ECA Agua Categoría 4 E1

CATEGORÍA 4 LAGUNAS Y LAGOS	Parámetro	Unidad	E1: lagunas y lagos
	conductividad	µs/cm	1000
	pH.	Unidad de pH	6.5-9
	temperatura	°C	3
	antimonio	mg/L	0.64
	arsénico	mg/L	0.15
	bario	mg/L	0.7
	cadmio	mg/L	0.00025
	cobre	mg/L	0.1
	cromo vi	mg/L	0.011
	mercurio	mg/L	0.0001
	níquel	mg/L	0.052
	plomo	mg/L	0.0025
	selenio	mg/L	0.005
	talio	mg/L	0.0008
	zinc	mg/L	0.12

Nota. Adaptado de *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias*, por MINAM, 2017.

Tabla 9

Resultados en comparación con el ECA Categoría 4 E1 lagunas y lagos

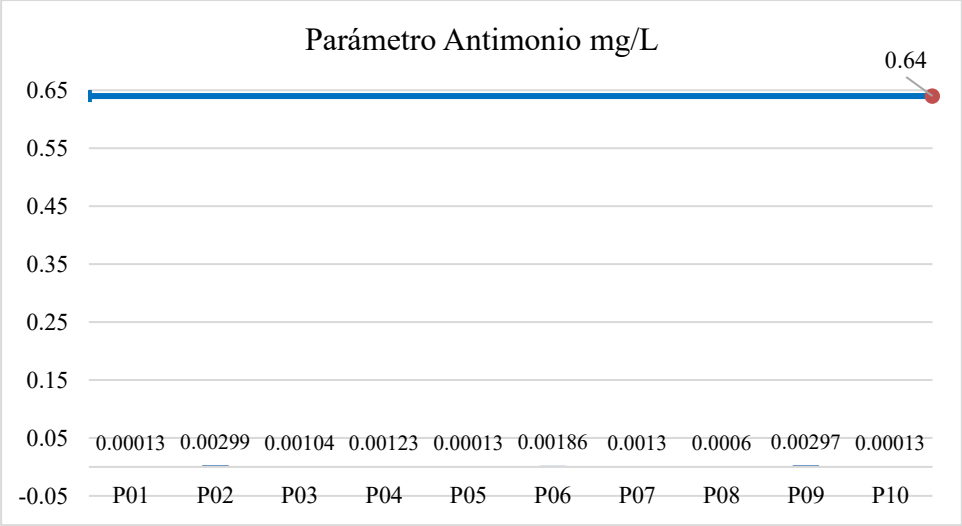
Parámetro	Unidad	ECA	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
conductividad	µs/cm	1000	193.9	157.8	55.61	313.8	195.2	272.3	336.1	269.5	286	366.3
pH	Unidad de pH	6.5-9	5.96	6.11	5.99	5.71	4.39	6.72	6.5	6.38	6.5	6.43
antimonio	mg/L	0.64	0.00013	0.00299	0.00104	0.00123	0.00013	0.00186	0.0013	0.0006	0.00297	0.00013
arsénico	mg/L	0.15	0.00010	0.0382	0.00454	0.00383	0.00010	0.04358	0.01029	0.01254	0.01645	0.00382
bario	mg/L	0.7	0.0053	0.0249	0.0085	0.0195	0.0124	0.0067	0.0084	0.0082	0.0099	0.0163
cadmio	mg/L	0.0003	0.00107	0.00077	0.00203	0.00073	0.0006	0.00029	0.00117	0.00057	0.0011	0.00028
cobre	mg/L	0.1	0.68654	0.23898	0.11847	0.05204	0.6452	0.04636	0.04786	0.04766	0.094	0.01897
cromo vi	mg/L	0.011	0.0003	0.0004	0.0006	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
mercurio	mg/L	0.0001	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
níquel	mg/L	0.052	0.0019	0.0012	0.0015	0.0014	0.0026	0.0006	0.001	0.0008	0.0009	0.0006
plomo	mg/L	0.0025	0.0006	0.0408	0.0061	0.0209	0.0013	0.0199	0.0146	0.0099	0.0314	0.006
selenio	mg/L	0.005	0.0013	0.0013	0.0023	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
talio	mg/L	0.0008	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006
zinc	mg/L	0.12	0.1582	0.0305	0.1245	0.0373	0.1294	0.0534	0.1694	0.1309	0.1698	0.0404

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de laboratorio. Los valores resaltados en rojo indican superación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 4 E1.

4.1.2.1 Metales pesados. Los resultados del parámetro antimonio (Sb) obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4: E1 lagunas y lagos.

Figura 28

Concentración de antimonio (Sb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

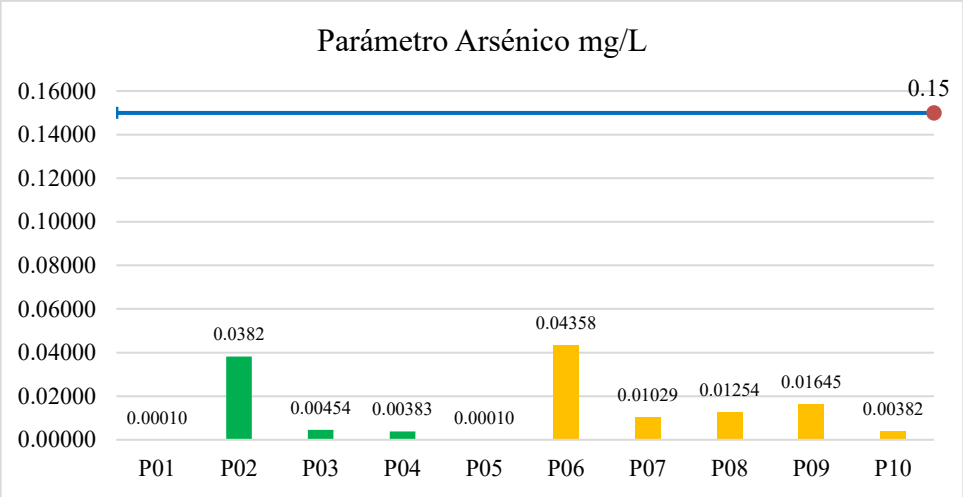


Nota. Los valores del antimonio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro arsénico (As) obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1

Figura 29

Concentración de arsénico (As) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

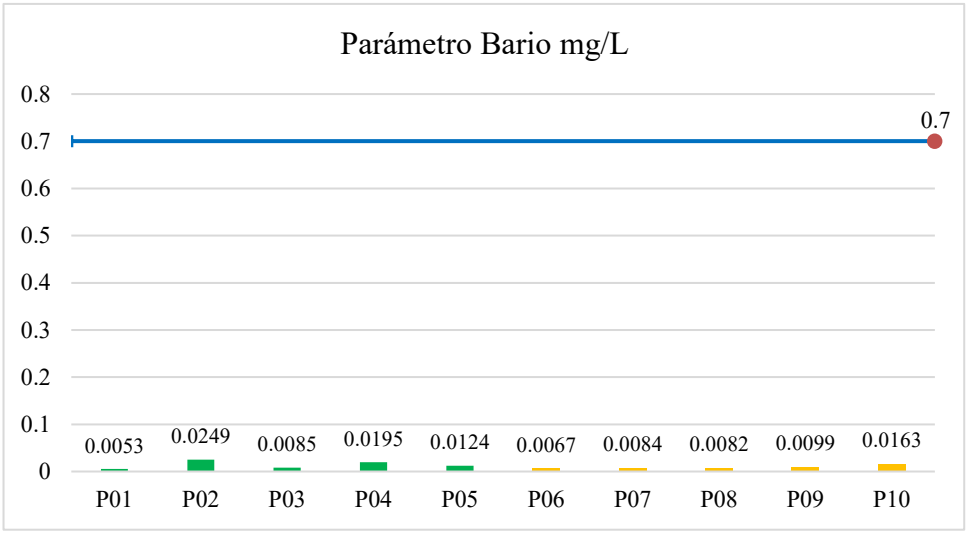


Nota. Los valores del arsénico están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro bario (Ba) obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1.

Figura 30

Concentración de bario (Ba) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

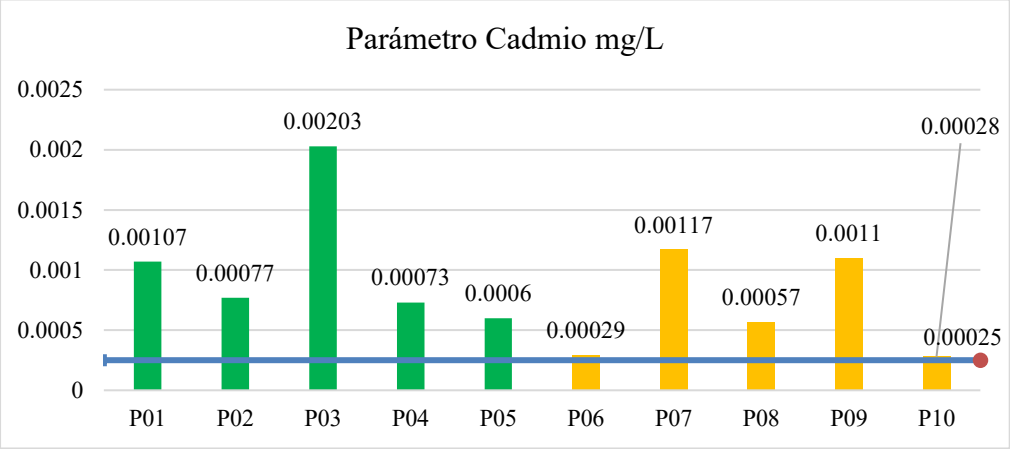


Nota. Los valores del bario están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro cadmio (Cd) obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones que exceden el valor establecido en los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1

Figura 31

Concentración de cadmio (Cd) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

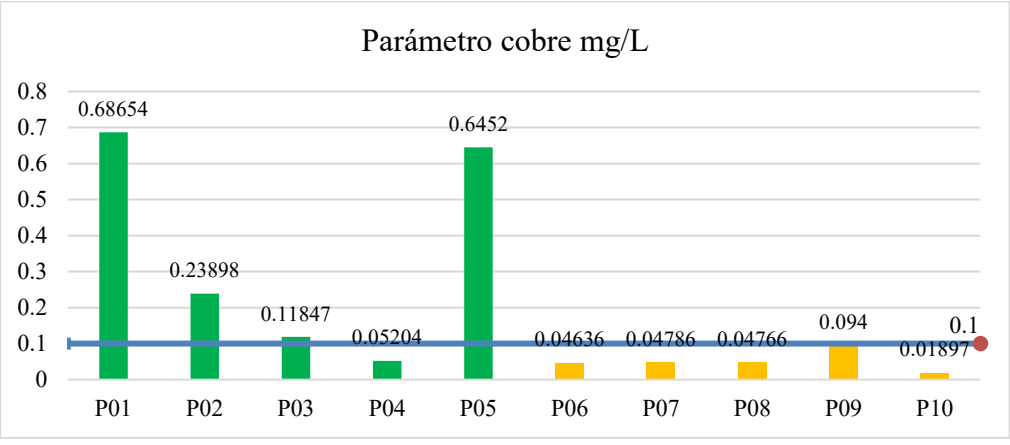


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal cadmio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro cobre evidencian que los puntos de muestreo P01, P02, P03 y P05, correspondientes al estrato conservado, presentan concentraciones que exceden el valor establecido en los (ECA) para agua, Categoría 4: E1

Figura 32

Concentración de cobre (Cu) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.



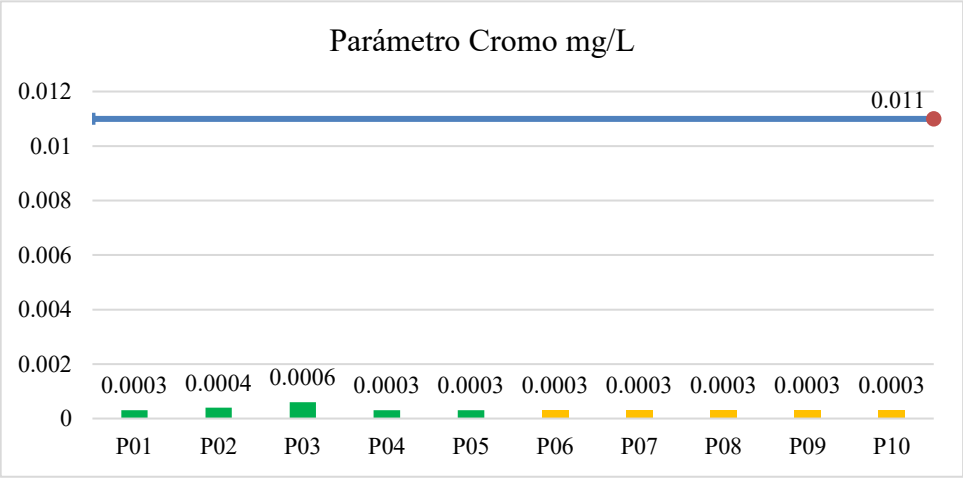
Nota. El 60% de los puntos de muestreo de cobre están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro cromo obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1. Cabe señalar que los valores de cromo se aproximan al límite de detección cuantitativa del análisis del método analítico, lo que indica concentraciones muy bajas de este metal en el agua subsuperficial del bofedal.

Asimismo, en el presente estudio se determinó cromo Total, mas no la fracción cromo VI establecida en el ECA, por ello, los resultados obtenidos representan una estimación general del contenido total de cromo en el agua subsuperficial del bofedal.

Figura 33

Concentración de cromo (Cr) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

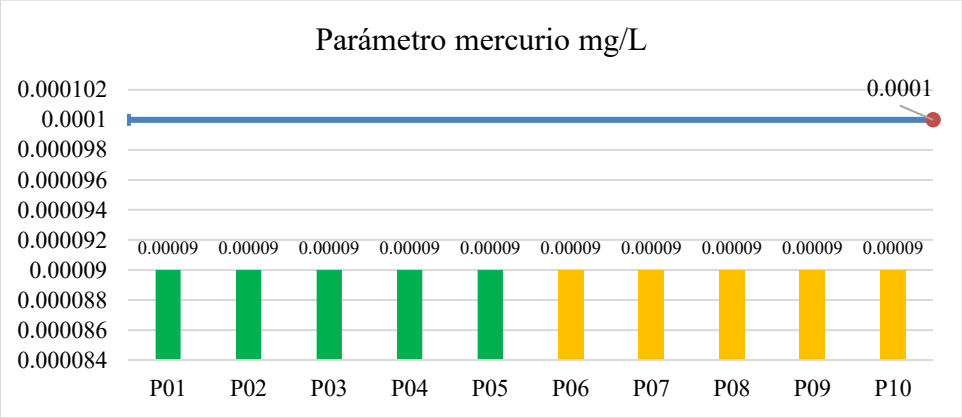


Nota. Los valores del cromo están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro mercurio (Hg) obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1. Asimismo, el mercurio presenta concentraciones próximas al límite de detección cuantitativa del análisis, lo que indica niveles muy bajos de este metal en las aguas del bofedal.

Figura 34

Concentración de mercurio (Hg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

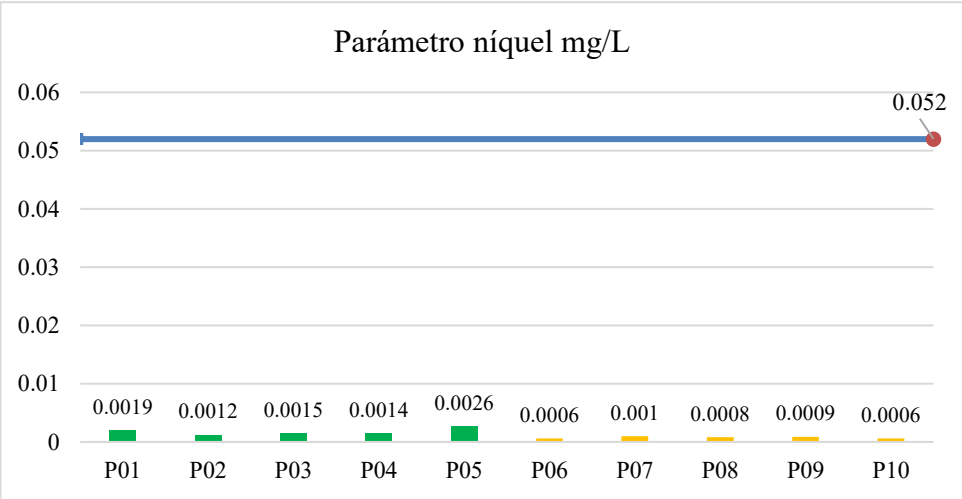


Nota. Los valores del mercurio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro níquel obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1

Figura 35

Concentración de níquel (Ni) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.



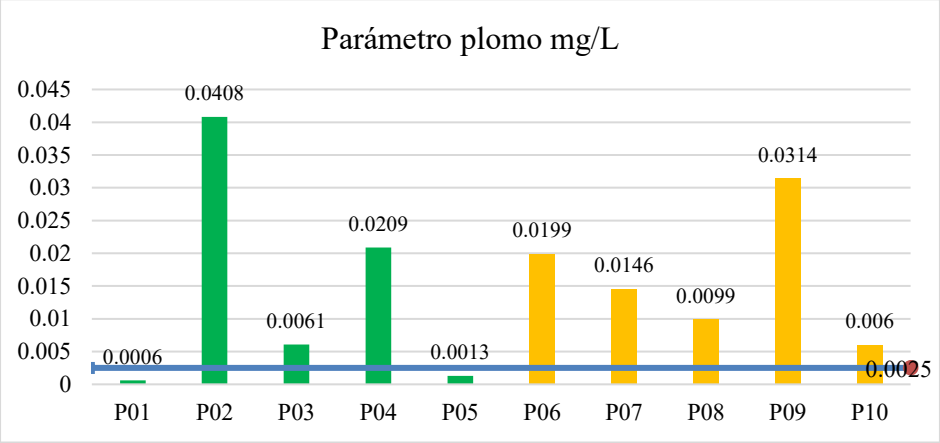
Nota. Los valores del níquel están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro plomo (Pb) evidencian que los puntos de muestreo P02, P03 y P04 correspondientes al estrato conservado, así como los puntos P06, P07, P08, P09 y

P10 del estrato degradado, presentan concentraciones que exceden el valor establecido en los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1

Figura 36

Concentración de plomo (Pb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

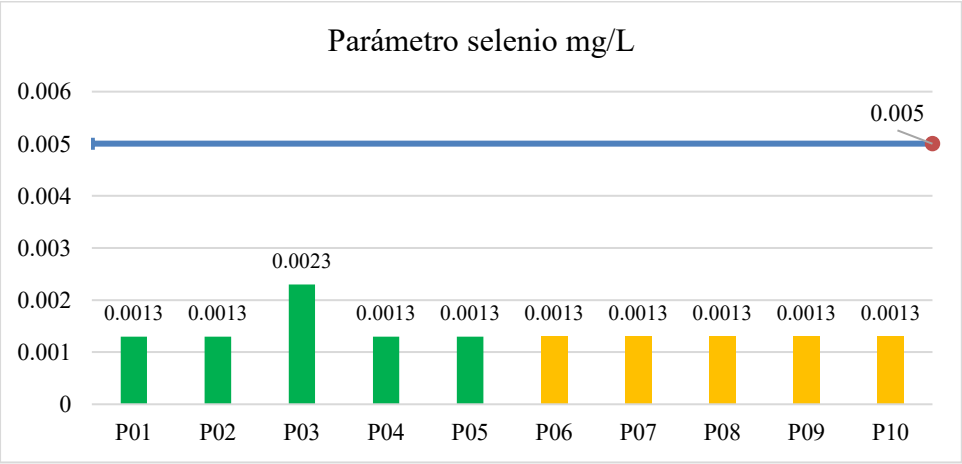


Nota. El 20% de los puntos de muestreo del metal plomo están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro selenio obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1. Asimismo, los valores de selenio se encuentran próximos al límite de detección cuantitativa del análisis del método analítico, lo que evidencia concentraciones muy bajas de este metal en el agua subsuperficial del bofedal.

Figura 37

Concentración de selenio (Se) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

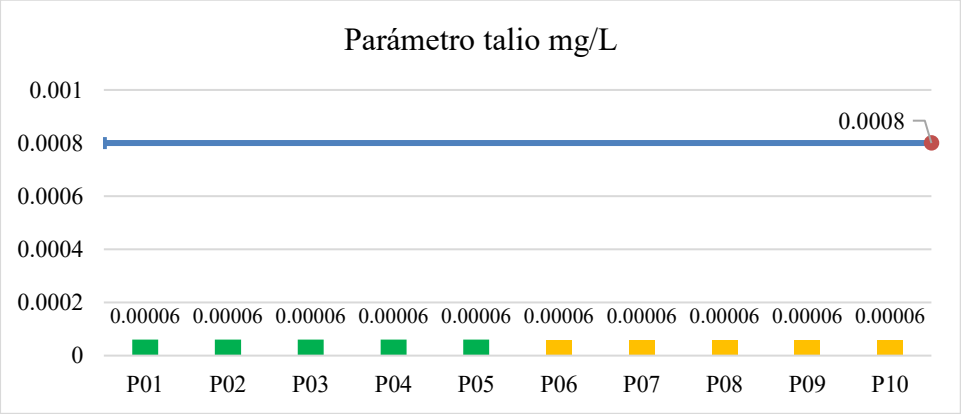


Nota. Los valores del selenio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro talio (TI) obtenidos en las diez unidades de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecido por los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1. Asimismo, los valores de talio se encuentran próximos al nivel de cuantificación del procedimiento analítico, lo que evidencia concentraciones muy bajas de este metal en el agua subsuperficial del bofedal.

Figura 38

Concentración de talio (TI) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

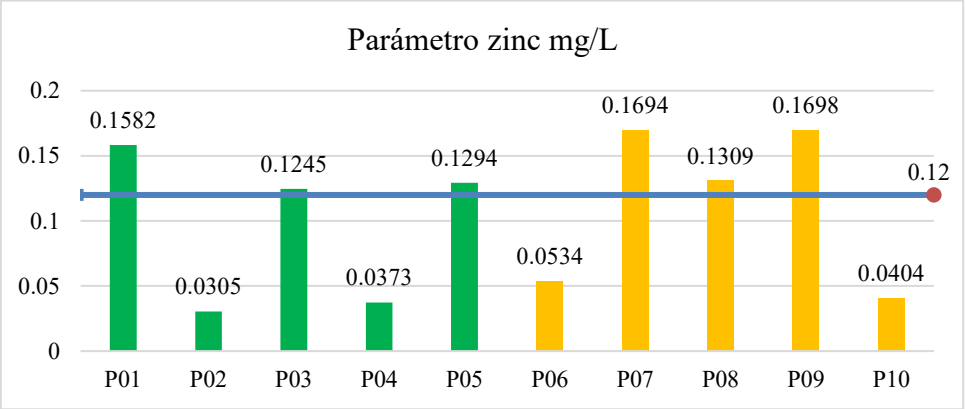


Nota. Los valores del talio se están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados del parámetro Zinc obtenidos indican que los puntos de muestreo en el estrato conservado P01, P03, P05 y los puntos P07, P08, P09 en el estrato degradado exceden el valor establecido en los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1.

Figura 39

Concentración de Zinc (Zn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

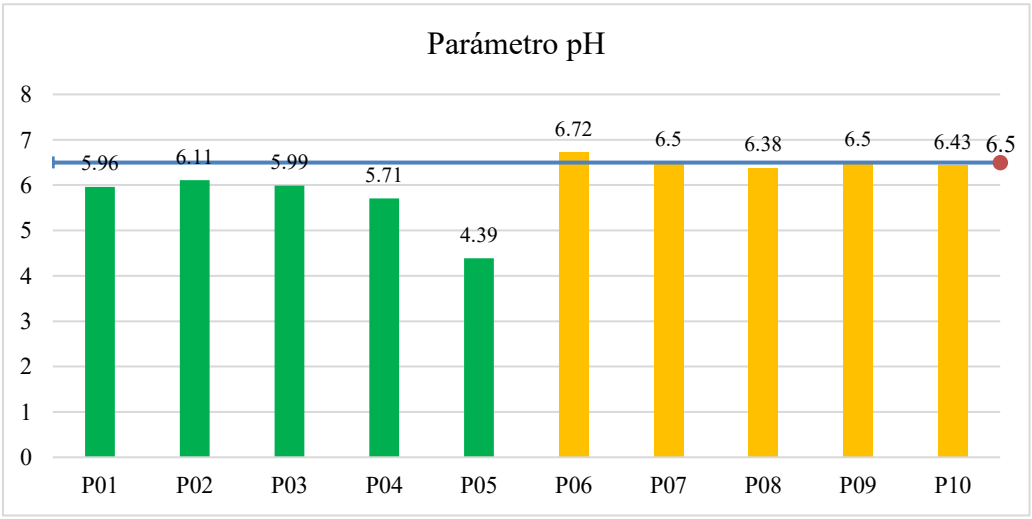


Nota. El 40% de los puntos de muestreo del metal zinc están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

4.1.2.2 Parámetros complementarios. Parámetro pH. – A partir de los datos recopilados en las diez estaciones de muestreo analizados en campo, se evidencia que los puntos de muestreo P06, P07 y P09 registran valores comprendidos entre 6.5 y 9 pH, según normativa según el ECA para Agua – Categoría 4: E1, los demás puntos registran valores por debajo del estándar.

Figura 40

Resultados de pH en comparación con el ECA para Agua-Categoría 4 E1

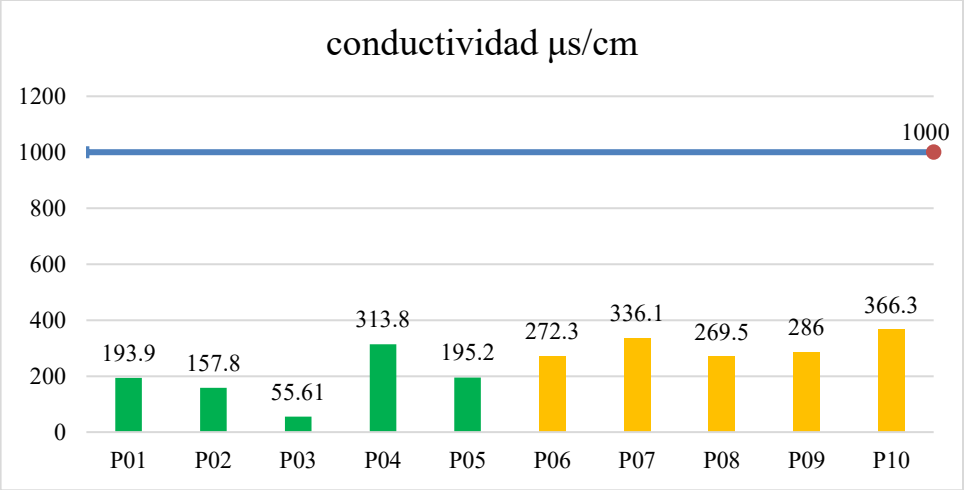


Nota. Solo el 30% de las estaciones de muestreo de pH asociadas al estrato degradado están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Parámetro conductividad. - Los resultados del parámetro de conductividad eléctrica obtenidos en los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores normativos establecidos en los (ECA) para Agua, Categoría 4: E1.

Figura 41

Resultados de conductividad eléctrica en comparación con el ECA para Agua categoría 4 E1



Nota. El 100% de los valores de conductividad están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Por lo tanto, se corrobora la hipótesis específica Hıa, los niveles de cobre y manganeso superan el ECA Categoría 3 (bebida de animales), amenazando al ganado (llamas y alpacas). Asimismo, el cadmio, cobre, plomo y zinc exceden el ECA Categoría 4, indicando un riesgo ambiental directo para la flora y fauna del humedal.

4.2 Resultados de concentraciones de metales pesados en el agua subsuperficial del bofedal Milloc y si representan un riesgo a la salud humana

Aunque el bofedal no representa una fuente directa de agua potable, se realizó la comparación con los valores establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA para agua de consumo humano, ya que resulta útil para evaluar el riesgo potencial en caso de que las aguas del bofedal se conecten con pozos, manantiales, utilizados por la población, la cual podría verse expuesta por la ingesta directa de agua contaminada, contacto directo por uso doméstico, recreativo asimismo por el consumo de alimentos o animales criados en zonas afectadas.

Tabla 10

Valores límite permisibles de contaminantes en agua según anexo 2 del D.S. N° 031-2010-S. A

Parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
olor	---	aceptable
sabor	---	aceptable
color	UCV escala Pt/Co	15
turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5-8.5
conductividad 25°C	µmho/cm	1 500
sólidos totales disueltos	mg/L	1000
cloruros	mg/L	250
sulfatos	mg/L	250
dureza total	mg/L	500
amoníaco	mg/L	1.5
hierro	mg/L	0.3
manganeso	mg/L	0.4
aluminio	mg/L	0.2
cobre	mg/L	2.0
zinc	mg/L	3.0
sodio	mg/L	200

UCV=Unidad de color verdadero UNT= Unidad nefelométrica de turbiedad

Nota. Adaptado de *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano,* por Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2010.

Tabla 11

Valores límite permisibles de contaminantes en agua según anexo 3 del D.S. N° 031-2010-S. A

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
antimonio	mg/L	0.020
arsénico	mg/L	0.010
bario	mg/L	0.700
boro	mg/L	1.500
cadmio	mg/L	0.003
cianuro	mg/L	0.070
cloro	mg/L	5
clorito	mg/L	0.7
clorato	mg/L	0.7
cromo total	mg/L	0.050
flúor	mg/L	1.000
mercurio	mg/L	0.001
níquel	mg/L	0.020
nitratos	mg/L	50.00
nitritos	mg/L	3.00 exposición corta
		0.20 exposición larga
plomo	mg/L	0.010
selenio	mg/L	0.010
molibdeno	mg/L	0.07
uranio	mg/L	0.015

Nota. Adaptado de *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano,* [DIGESA], 2010.

Tabla 12

Comparación de resultados de agua subsuperficial con valores establecidos en el D.S. N° 031-2010-S. A

Metales Totales	Valores Establecidos	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
conductividad	1500	193.9	157.8	55.61	313.8	195.2	272.3	336.1	269.5	286	366.3
pH	6.5-8.5	5.96	6.11	5.99	5.71	4.39	6.72	6.5	6.38	6.5	6.43
aluminio total	0.2	0.073	1.307	1.236	0.939	1.613	0.412	0.278	0.355	0.72	0.133
antimonio total	0.020	0.00013	0.00299	0.00104	0.00123	0.00013	0.00186	0.0013	0.0006	0.00297	0.00013
arsénico total	0.010	0.0001	0.0382	0.00454	0.00383	0.0001	0.04358	0.01029	0.01254	0.01645	0.00382
bario total	0.700	0.0053	0.0249	0.0085	0.0195	0.0124	0.0067	0.0084	0.0082	0.0099	0.0163
boro total	1.500	0.017	0.019	0.006	0.008	0.006	0.099	0.1	0.076	0.103	0.202
cadmio total	0.003	0.00107	0.00077	0.00203	0.00073	0.0006	0.00029	0.00117	0.00057	0.0011	0.00028
cobre total	2	0.68654	0.23898	0.11847	0.05204	0.6452	0.04636	0.04786	0.04766	0.094	0.01897
hierro total	0.3	0.1005	1.5714	0.652	4.5423	0.5004	15.9828	4.2138	5.2453	5.6851	0.2352
cromo total	0.050	0.0003	0.0004	0.0006	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
manganeso total	0.4	0.16256	0.99798	0.01663	0.10684	0.23668	0.23561	1.27127	0.26756	0.33004	0.42875
molibdeno total	0.07	0.01111	0.00724	0.01218	0.0046	0.00036	0.00098	0.00127	0.00107	0.0017	0.00042
sodio total	200	13	16.086	6.917	10.298	9.401	10.211	12.228	7.393	10.551	14.674
mercurio total	0.001	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
níquel total	0.020	0.0019	0.0012	0.0015	0.0014	0.0026	0.0006	0.001	0.0008	0.0009	0.0006
plomo total	0.010	0.0006	0.0408	0.0061	0.0209	0.0013	0.0199	0.0146	0.0099	0.0314	0.006
selenio total	0.010	0.0013	0.0013	0.0023	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
uranio total	0.015	0.00001	0.000202	0.00001	0.00001	0.00001	0.000153	0.000177	0.000025	0.000241	0.00001
zinc total	3	0.1582	0.0305	0.1245	0.0373	0.1294	0.0534	0.1694	0.1309	0.1698	0.0404

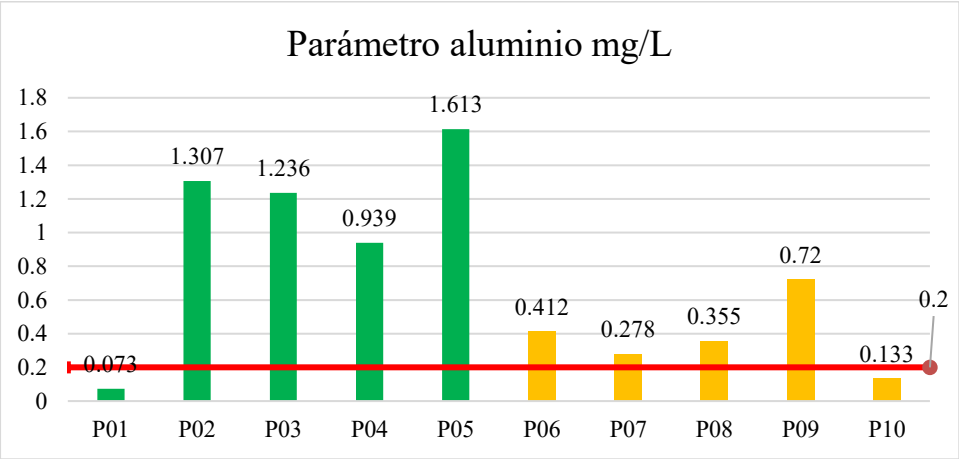
Nota. Elaboración propia con base en los resultados de laboratorio.

4.2.1 Metales pesados

Los datos registrados evidencian que las ubicaciones de muestreo correspondientes al estrato conservado (P02, P03, P04 y P05) y al estrato degradado (P06, P07, P08 y P09) presentan concentraciones de aluminio (Al) que exceden los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 42

Concentración de aluminio (Al) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

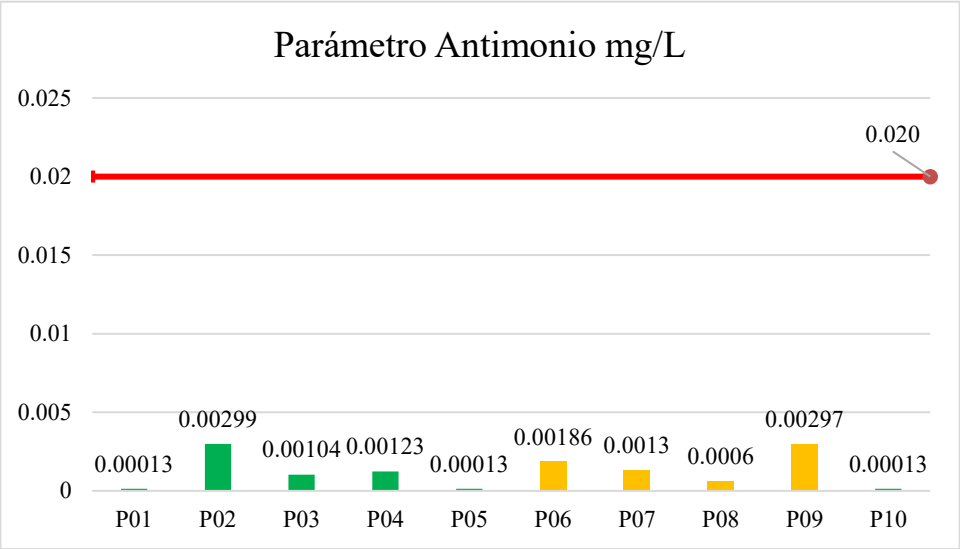


Nota. El 20% de los puntos de muestreo del metal aluminio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados analizados muestran que los diez puntos de muestreo, de ambos estratos, las concentraciones de antimonio se mantienen dentro de los los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 43

Concentración de antimonio (Sb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

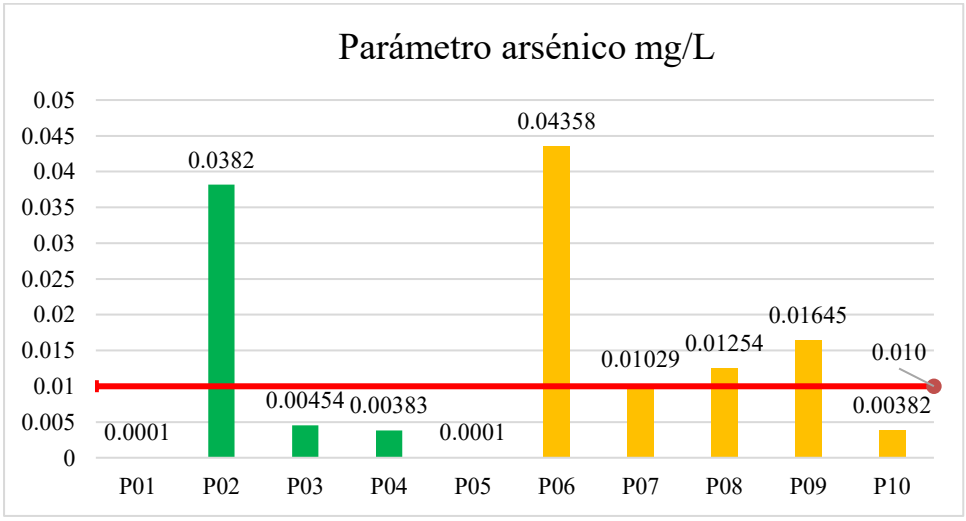


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal antimonio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados analizados evidencian que los puntos de muestreo correspondientes al estrato conservado (P02) y al estrato degradado (P06, P07, P08 y P09) presentan concentraciones de arsénico (As) que exceden los los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 44

Concentración de arsénico (As) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

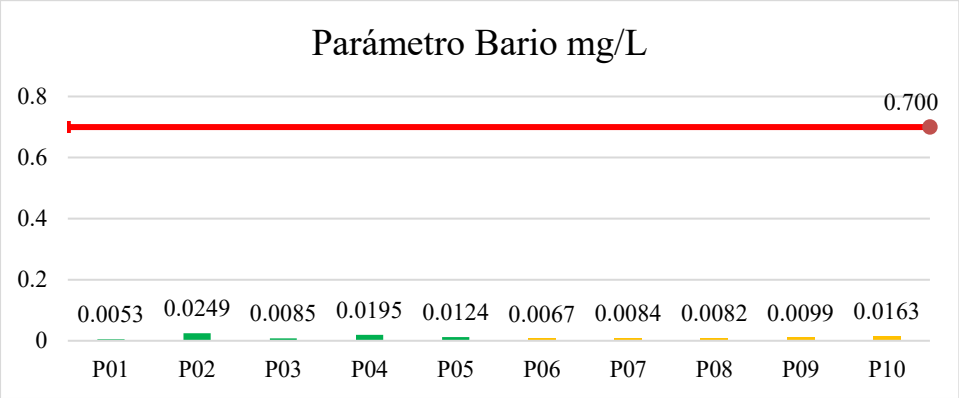


Nota. El 50% de los puntos de muestreo del metal arsénico están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de bario (Ba) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 45

Concentración de bario (Ba) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

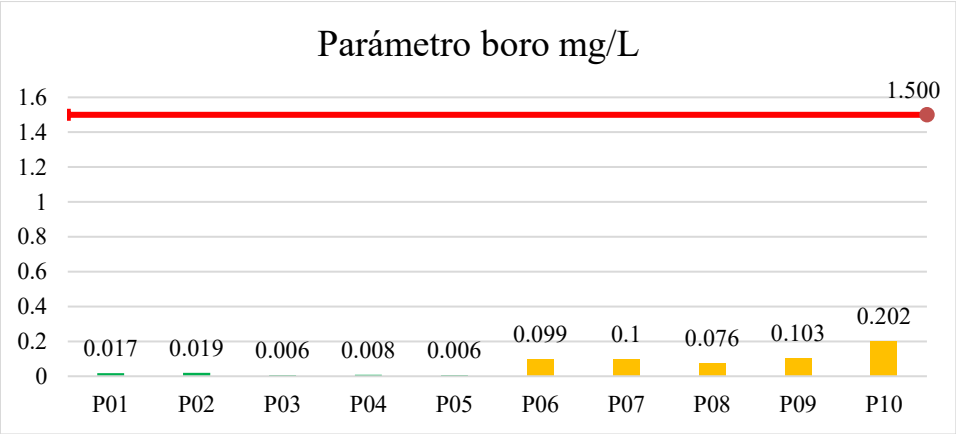


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal bario están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de boro (B) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 46

Concentración de boro (B) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

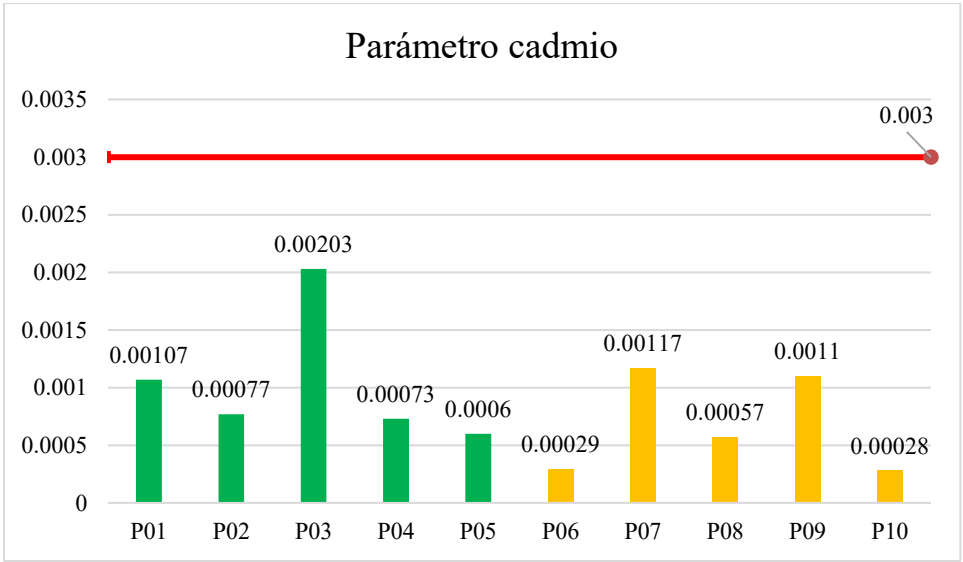


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal boro están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de cadmio (Cd) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 47

Concentración de cadmio (Cd) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

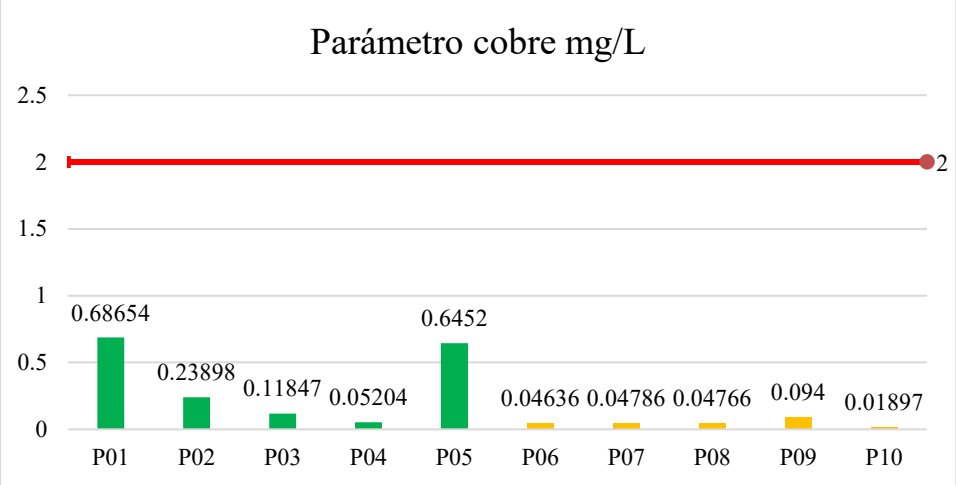


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal cadmio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de cobre (Cu) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 48

Concentración de cobre (Cu) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

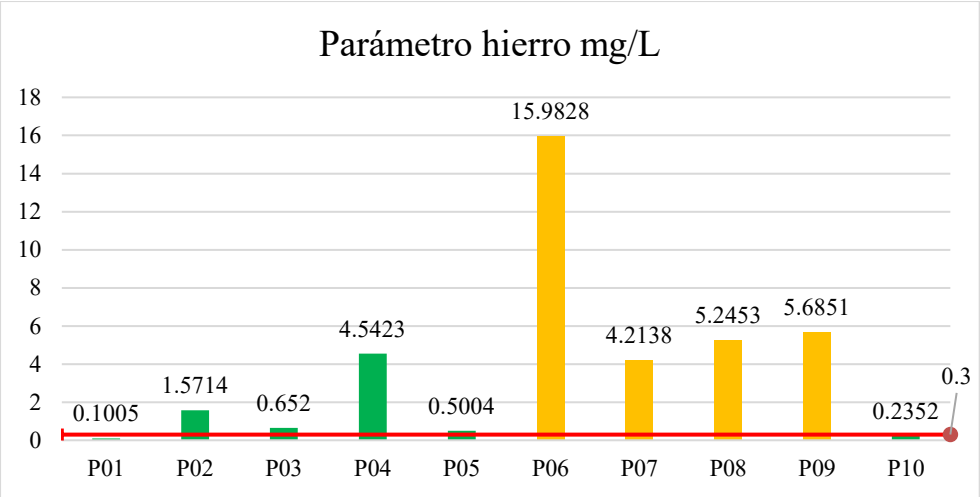


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal cobre están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados analizados evidencian que los puntos de muestreo correspondientes al estrato conservado (P02, P03, P04 y P05) y al estrato degradado (P06, P07, P08 y P09) presentan concentraciones de Hierro (Fe) que exceden los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 49

Concentración de hierro (Fe) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

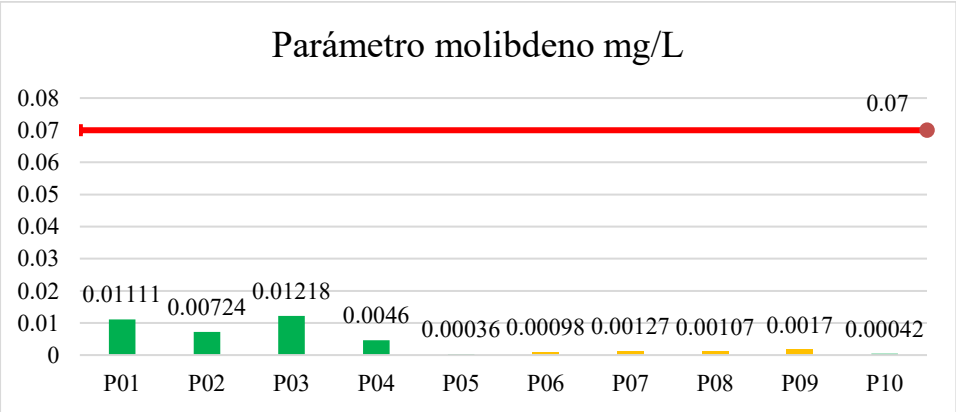


Nota. El 20 % de los puntos de muestreo del metal hierro están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de molibdeno (Mo) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 50

Concentración de molibdeno (Mo) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

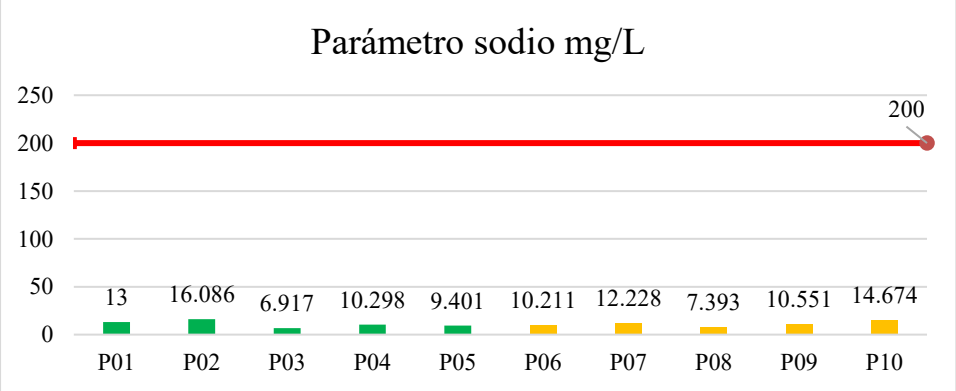


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal molibdeno están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de sodio (Na) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 51

Concentración de sodio (Na) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

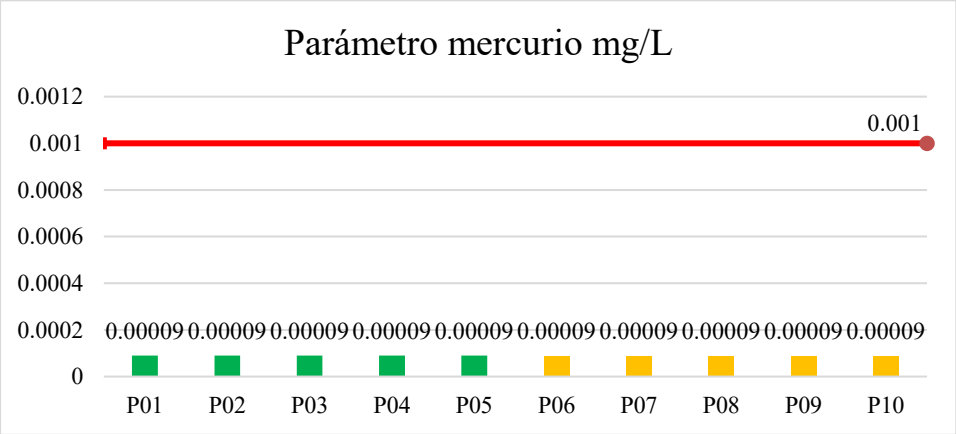


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal sodio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de mercurio (Hg) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 52

Concentración de mercurio (Hg) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.



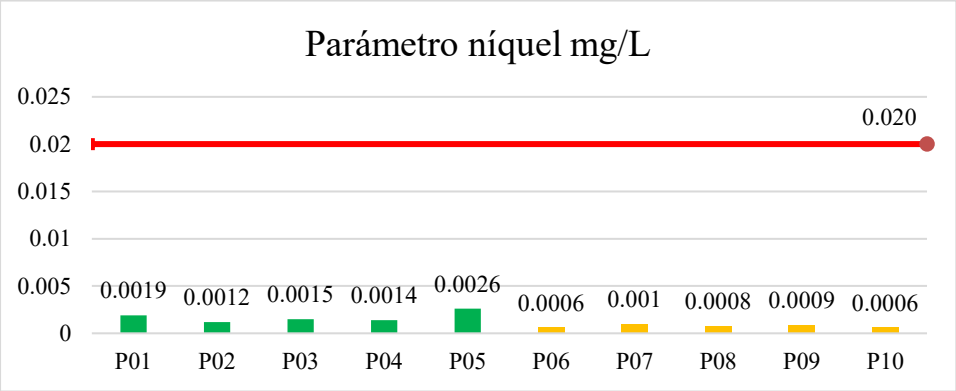
Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal mercurio están dentro de los parámetros

permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de níquel (Ni) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 53

Concentración de níquel (Ni) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

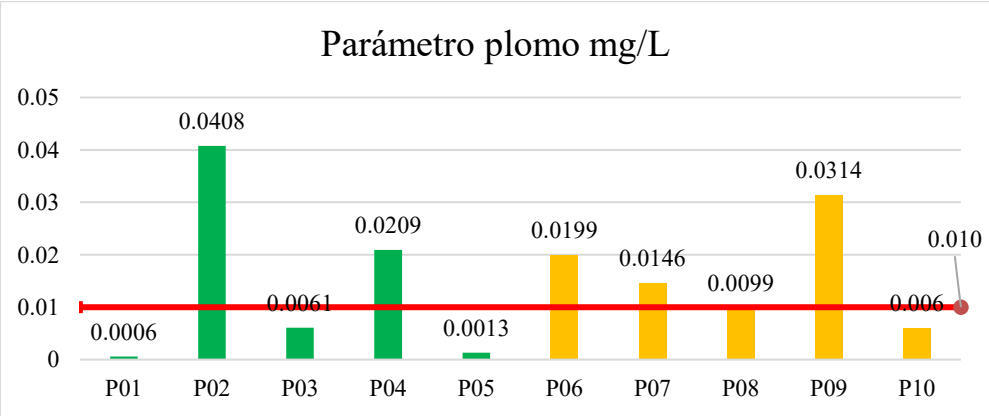


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal níquel están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados analizados evidencian que los puntos de muestreo correspondientes al estrato conservado (P02 y P04) y al estrato degradado (P06, P07 y P09) presentan concentraciones de plomo (Pb) que superan los los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 54

Concentración de plomo (Pb) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

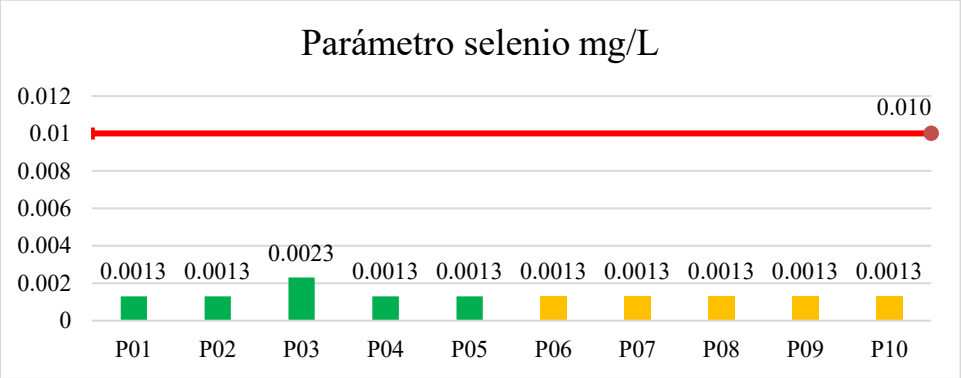


Nota. El 50% de los puntos de muestreo del metal plomo están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de selenio (Se) dentro de los los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 55

Concentración de selenio (Se) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

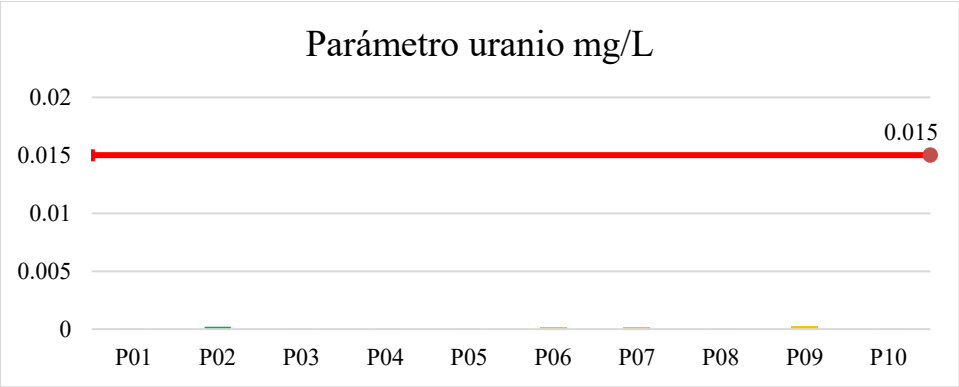


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal selenio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de uranio (U) dentro de los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 56

Concentración de uranio (U) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.

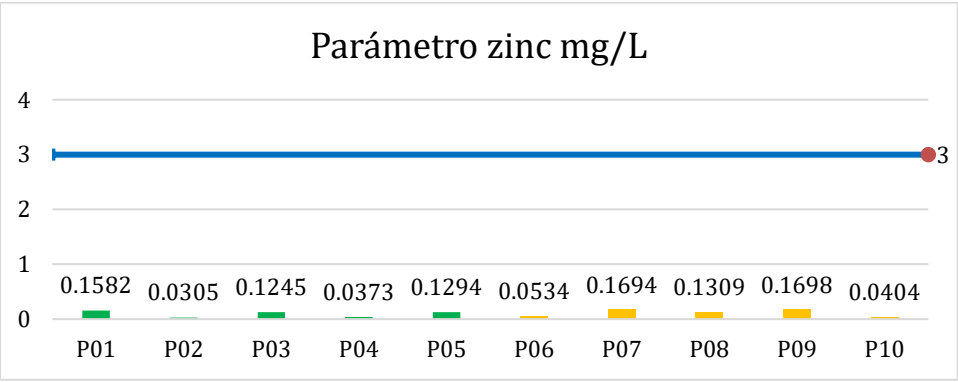


Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal uranio están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

Los resultados obtenidos muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, presentan concentraciones de zinc (Zn) dentro de los los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA).

Figura 57

Concentración de zinc (Zn) en los puntos de muestreo del bofedal Milloc.



Nota. El 100% de los puntos de muestreo del metal zinc están dentro de los parámetros permitidos para este fin.

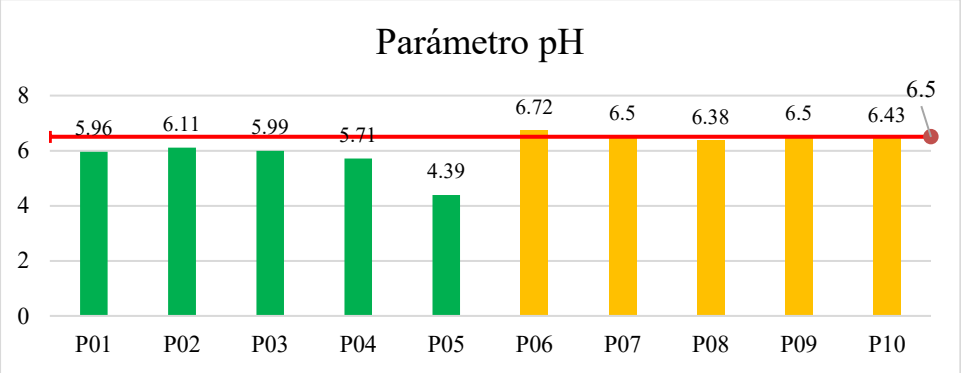
4.2.2 Parámetros complementarios

Parámetro pH. - Los resultados analizados muestran que solo los puntos de muestreo

P06, P07 y P09 del estrato degradado, se ubican dentro del intervalo 6.5 a 8.5 indicado en los los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA) para el parámetro de pH.

Figura 58

Resultados de pH en comparación con los valores establecidos en el D.S. N° 031-2010-S. A

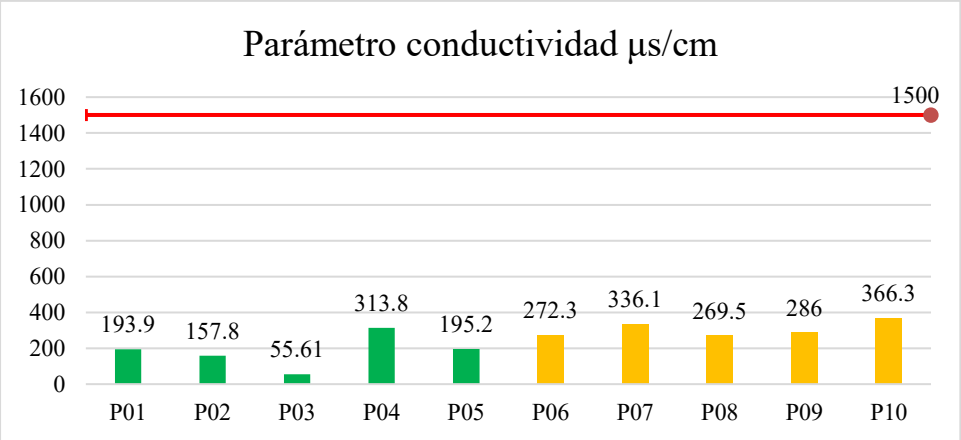


Nota. El 30% de los puntos de muestreo del parámetro pH están dentro de los valores permitidos para este fin.

Conductividad. - Los resultados analizados muestran que los diez puntos de muestreo, tanto del estrato conservado como del estrato degradado, no superan los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA) en la variable de conductividad.

Figura 59

Resultados de conductividad en comparación con los valores establecidos en el D.S. N° 031-2010-S. A



Nota. El 100% de los puntos de muestreo de la evaluación de conductividad están dentro de

los parámetros permitidos para este fin.

Se aporta evidencia para corroborar la hipótesis específica H_1b, el aluminio, arsénico, hierro y plomo superen las normas del D.S. N° 031-2010-SA en ambos estratos lo que indica que las concentraciones actuales encontradas en el agua subsuperficial representan un riesgo latente para la salud humana.

4.3 Planteamiento de estrategias para minimizar el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc

4.3.1 Estrategias

Se plantean las estrategias ambientales que buscan minimizar el riesgo ambiental en el bofedal Milloc las cuales se detallan a continuación:

Tabla 13

Estrategias para minimizar el riesgo ambiental

Tipo de Estrategias	Estrategia	Objetivo	Actividades principales	Indicadores	Responsable
Estrategias Hídricas	Recuperación de napa freática	Mejorar la retención de agua en el bofedal	Implementación de pequeños diques, sistemas de riego, control de drenajes artificiales	Nivel freático % de incremento de humedad del suelo	ANA, comunidad
	Monitoreo de calidad de agua	Evaluar la evolución del bofedal durante la restauración	Muestreo periódico (pH, conductividad, metales)	N° de monitoreos/año cumplimiento ECA	Laboratorio
	Control de residuos y relaves mineros cercanos	Prevenir contaminación del agua	Supervisión de relaves, instalación de barreras	Reducción de concentraciones de metales pesados	OEFA, ANA, comunidad
Estrategias ecológicas	Revegetación con especies nativas	Recuperar la cobertura vegetal del bofedal	Propagación de especies como *Distichia Muscoides*, monitoreo	% cobertura vegetal recuperada	Comunidad, MINAM, SERFOR
	Inventario y monitoreo de fauna y flora	Identificar especies indicadoras y amenazadas	Censos de aves, macroinvertebrados y vegetación	N° de especies registradas	Universidades, SERFOR
	Control y rotación de pastoreo	Evitar el sobrepastoreo que degrada la vegetación y el suelo	Cercos de exclusión, establecimiento de áreas de descanso, capacitación por un especialista	N° de hectáreas bajo manejo sostenible	Comunidad

	Cercos de protección perimetral	Evita ingreso de personas no autorizadas o para realizar extracción ilegal de turba	Instalación de cercos naturales	Longitud de cerco instalada (m)	Comunidad
Estrategias sociales	Seguimiento participativo y reportes técnicos	Asegurar sostenibilidad del proceso de recuperación	Informes anuales, reuniones de evaluación, registro fotográfico	N° de reportes entregados	Investigadores, asesores técnicos, comunidad, MINAM
	Fortalecimiento organizacional comunal	Consolidar una gestión local ambiental	Formación de un equipo ambiental, capacitaciones técnicas	Comité comunal	Comunidad, MINAM
	Educación y sensibilización ambiental	Promover la conservación participativa del bofedal	Charlas, campañas	N° de talleres realizados, participación %	Municipalidad
	Recuperación paisajística y ecoturismo sostenible	Revalorizar el bofedal como recurso educativo y turístico	Senderos ecológicos, miradores, guías locales	N° de visitantes controlados	Municipalidad, comunidad

Nota. Elaboración propia

Se acepta la hipótesis específica H_1c, la viabilidad de las acciones hidrológicas, ambientales y sociales propuestas en estudios anteriores y la zona de estudio indican que las estrategias ambientales son las más apropiadas para la minimización del riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron comparados con estudios previos relacionados a la investigación en bofedales altoandinos.

De acuerdo con Mallqui y Quispe, (2024), los niveles freáticos en bofedales altoandinos presentan variaciones estacionales marcadas, evidenciando su sensibilidad a las condiciones climáticas. Estos resultados son consistentes con el presente estudio, donde se observaron variaciones en las concentraciones de metales pesados, pH y conductividad eléctrica. Esto podría estar asociado a la fluctuación del nivel freático, ya que en época seca aumenta la concentración de solutos y la acidez, favoreciendo la movilidad de metales, mientras que en época húmeda se produce un efecto de dilución.

Según Fernández, (2023), destaca la capacidad de la especie *Distichia muscoides* para acumular metales pesados en humedales altoandinos afectados por drenaje ácido. En el presente estudio se identificó la presencia de esta especie en ambos estratos evaluados, así como la presencia de metales como cadmio, plomo, manganeso y zinc. La presencia de *Distichia muscoides* en el área de estudio resulta relevante debido a que investigaciones previas han reportado su capacidad para acumular metales pesados en humedales altoandinos.

De acuerdo con (Paredes, 2023), las propiedades fisicoquímicas del agua en humedales altoandinos presentan alta variabilidad y pueden superar los estándares normativos debido a factores geográficos y ambientales. Estos resultados coinciden con el presente estudio, donde se observó variabilidad en las concentraciones de metales pesados y superación de los ECA categoría 4 (E1), lo cual podría estar asociado a las condiciones naturales del área y a la influencia de actividades antrópicas.

Se proponen estrategias participativas para la restauración de bofedales, incluyendo revegetación con especies nativas, control del pastoreo y monitoreo ambiental (Alarcón-Jibaja et al., 2020). En el área de estudio se evidenciaron acciones similares, como la presencia de

cercos y control de acceso, lo que indica un manejo comunal del territorio que puede contribuir a la conservación del bofedal.

En conjunto, los resultados evidencian la presencia de metales pesados que superan los estándares normativos, evidenciando condiciones que podrían representar un riesgo en el bofedal Milloc y la necesidad de implementar medidas de gestión y recuperación del ecosistema.

VI. CONCLUSIONES

A continuación, se muestran las conclusiones derivadas de los objetivos definidos en el estudio:

6.1 Los resultados del metal cobre (0.5 mg/L) en los puntos de muestreo P01 (0.68 mg/L) y P05 (0.64 mg/L) del estrato conservado y el metal manganeso (0.2 mg/L) en los puntos de muestreo del estrato conservado P02 (0.99 mg/L) , P05 (0.236 mg/L) como en el estrato degradado con los puntos P06 (0.23 mg/L) , P07 (1.27 mg/L) , P08 (0.26 mg/L) , P09 (0.33 mg/L) , P10 (0.42 mg/L) exceden el ECA agua Categoría 3 D2: bebida de animales lo cual podría representar un riesgo para la actividad ganadera debido a los potenciales efectos tóxicos asociados a la exposición prolongada a estos metales en el organismo del ganado (llamas, alpacas). Los resultados de las diez unidades de muestreo del metal cadmio (0.0003 mg/L); así como los puntos de muestreo P01 (0.68 mg/L) , P02 (0.23 mg/L), P03 (0.11 mg/L) y P05 (0.64 mg/L) del estrato conservado del metal cobre (0.1 mg/L); en los puntos de muestreo P02 (0.0408), P03 (0.0061) y P04 (0.0209) del estrato conservado y los puntos P06 (0.0199 mg/L), P07(0.0146 mg/L), P08 (0.0099 mg/L), P09 (0.0314 mg/L), P10 (0.006 mg/L) del estrato degradado del metal plomo (0.0025 mg/L); los puntos de muestreo P01 (0.1582), P03 (0.1245 mg/L) y P05 (0.1294)del estrato conservado y los puntos P07 (0.1694 mg/L), P08 (0.1309 mg/L), P09(0.1698 mg/L) del estrato degradado del metal zinc (0.12 mg/L) todos ellos sobrepasan el ECA agua categoría 4 E1 lo cual representaría un riesgo al ambiente ya que en concentraciones elevadas puede resultar tóxico para organismos acuáticos y plantas del humedal.

6.2 Los puntos de muestreo correspondientes al estrato conservado P02 (1.30 mg/L), P03(1.23 mg/L), P04 (0.93 mg/L) y P05(1.61 mg/L) y al estrato degradado P06(0.41 mg/L), P07(0.27 mg/L), P08(0.35 mg/L) y P09(0.72 mg/L) presentan concentraciones de aluminio (0.2 mg/L) ; los puntos de muestreo correspondientes al estrato conservado P02 (0.038 mg/L) y al estrato degradado P06 (0.043 mg/L), P07 (0.010 mg/L), P08 (0.012 mg/L) y P09 (0.016

mg/L) presentan concentraciones de arsénico (0.010 mg/L); los puntos de muestreo correspondientes al estrato conservado P02 (1.57 mg/L), P03 (0.65 mg/L), P04 (4.54 mg/L) y P05 (0.50 mg/L) y al estrato degradado P06 (15.98 mg/L), P07(4.21 mg/L), P08 (5.24 mg/L)y P09(5.68 mg/L) presentan valores de hierro (0.3 mg/L) ; las estaciones de muestreo correspondientes al estrato conservado P02 (0.040 mg/L) y P04(0.020 mg/L) y al estrato degradado P06 (0.019 mg/L), P07 (0.014 mg/L) y P09 (0.031 mg/L) presentan concentraciones de plomo (0.010 mg/L), todos ellos superan los valores establecidos en el (D.S. N° 031-2010-SA) lo cual representaría un riesgo a la salud humana.

6.3 Entre las estrategias planteadas está la de tipo hidrológica como la rehabilitación de la capa freática, control de la calidad hídrica, manejo de desechos, depósitos de residuos mineros; en las de tipo ambiental está la revegetación con especies nativas, realizar un inventario, monitoreo de fauna y flora, control y rotación de pastoreo, así como continuar con el mantenimiento de los cercos de protección perimetral ya existentes finalmente las estrategias sociales como el seguimiento participativo y reportes técnicos, fortalecimiento organizacional comunal, educación y sensibilización ambiental y la recuperación paisajística y ecoturismo sostenible estas acciones podrían minimizar el riesgo ambiental producido por metales pesados en el bofedal Milloc.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Se recomienda que las próximas investigaciones amplíen el análisis de elementos metálicos en plantas y turba lo que permitirá comprender de manera integral su dinámica en el bofedal, asimismo que se profundice sobre el manejo ganadero, capacidad de carga y la reducción estacional de carga del ganado (alpacas) así como una evaluación eco toxicológica con organismos macroinvertebrados para estimar los efectos biológicos de los metales detectados.

7.2 Se sugiere llevar a cabo un análisis geoquímico de las fuentes potenciales (afloramientos de minerales, drenaje ácido de roca, relaves mineros) haciendo uso de trazadores isotópicos lo cual ayudaría a precisar las rutas de migración, procesos de disolución, precipitación y movilidad de los metales, así como integrar los datos obtenidos a través de un SIG que permita generar mapas de distribución y riesgo ambiental asociado a los metales pesados en beneficio de la población.

7.3 Se recomienda desarrollar un plan de gestión ambiental integral con énfasis en la acción coordinada de las estrategias hidrológicas, ecológicas y sociales planteadas, para ello es fundamental establecer un cronograma participativo con responsabilidades definidas entre las autoridades ambientales, entidades técnicas y la comunidad local. Asimismo, se sugiere fortalecer la capacitación comunal en prácticas sostenibles de manejo de recursos y conservación del bofedal.

VIII. REFERENCIAS

Alarcón Jibaja, V., Leyva Molina, W., Baiker, J., Vásquez Vegas, J., y Pizarro, S. (2020). *Diagnóstico transdisciplinario del bofedal Milloc (Lima) y diseño de estrategias para la recuperación de sus servicios ecosistémicos* https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12142.15686

Alvis, T., Villasante, J., Pauca, G., Quispe, J., y Luque, C. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *23*(3), 139-148. https://doi.org/10.18271/ria.2021.314

Autoridad Nacional del Agua. [ANA]. (2016). *Protocolo nacional de monitoreo de calidad de recursos hídricos superficiales*. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales

Baldoceda, I. (2020). *Análisis de la humedad de suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas* [Tesis de grado, Universidad Católica Sede Sapientiae]. Repositorio Institucional UCSS. https://hdl.handle.net/20.500.14095/814

Biancalani, R., y Avagyan, A. (2014). *Towards climate-responsible peatlands management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143358447

Charman, D. (2002). *Peatlands and environmental change*. Wiley. https://www.wiley.com/en-ca/Peatlands+and+Environmental+Change-p-9780470844106

Chimner, R., Boone, R., Bowser, G., Bourgeau, L., Fuentealba, B., Gilbert, J., y Zarria, M. (2020). Andes, Bofedales, and the Communities of Huascaran National Park, Peru. *Wetland Science and Practice*, *37*(4), 246-254. https://doi.org/10.1672/UCRT083-205

Cooper, D., Wolf, E., Colson, C., Vering, W., Granda, A., y Meyer, M. (2010). Alpine peatlands of the Andes Cajamarca. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, *42*(1), 19-33. https://doi.org/10.1657/1938-4246-42.1.19

Cornejo-Olarte, D., Sucari, W., Belizario-Quispe, G., y Cornejo-Puma, K. (2023). La contaminación por metales potencialmente tóxicos de sedimentos del río Coata, Puno, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, *11*(1-2), 17-28. https://doi.org/10.22386/ca.v11i1-2.383

Dangles, O., Meneses, R. I., y Anthelme, F. (2014). BIOTHAW: Un proyecto multidisciplinario que propone un marco metodológico para el estudio de los bofedales altoandinos en un contexto de cambio climático. *Revista del Instituto de Ecología*, *49*(3), 6-13. https://www.researchgate.net/publication/269689791

Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Decreto Supremo que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. (7 de junio de 2017). https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones

Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. (25 de junio de 2010). https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa

Dirección General de Salud Ambiental. [DIGESA]. (2010). *Estándares de calidad ambiental para agua*. Ministerio de Salud. https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa

Escobar, S., Albuja, A., y Andueza, F. (2021). Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Colta, Chimborazo, Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, *11*(1), 76-81. https://doi.org/10.29166/revfig.v11i1.3135

Fernández, M. C. (2023). *Potencial de Distichia muscoides en la biorremediación de un bofedal impactado con drenaje ácido de roca en Áncash* [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional INAIGEM. https://hdl.handle.net/20.500.12748/488

Fichet, D., Breton, M., Gauthier, R., y Prieur, M. (1999). Concentration and mobilisation of Cd, Cu, Pb and Zn by meiofauna populations living in harbour sediment: role in the heavy metal flux from sediment to food. *Science of the Total Environment*, *243*, 263-272. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00378-6

Forest Trends. (2020). *Infografía sobre bofedales*. https://www.forest-trends.org/publications/infografia-bofedales/

Forest Trends. (30 de marzo de 2021). *Infraestructura Natural: Primer proyecto ecosistémico de Sedapal recuperará infraestructura natural que abastece de agua a Lima y Callao*. https://forest-trends.org/infraestructura-natural-en-peru/inversion/primer-proyecto-ecosistemico-de-sedapal-recuperara-infraestructura-natural-que-abastece-de-agua-a-lima-y-callao/

Forest Trends. (2024). *Recuperando las reservas hídricas de Lima: Caso Milloc* [Infografía]. https://www.forest-trends.org/publications/recuperando-las-reservas-hidricas-de-lima-caso-milloc/

Franco, L., Delgado, J., y Andrade, G. I. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al Cambio Climático global. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía*, *22*(2), 69-85. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281826970005

Fuentealba, B., y Mejia, M. (2016). Caracterización ecológica y social de humedales altoandinos del Parque Nacional Huascarán. *Aporte Santiaguino*, *9*(2), 203-214. https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n2.203

Gandarillas, R., Jiang, Y., y Irvine, K. (2016). Assessing the services of high mountain wetlands in tropical Andes: A case study of Caripe wetlands at Bolivian Altiplano. *Ecosystem Services*, *19*, 51-64. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.04.006

Gómez, M. (2021). *Caracterización hidroquímica y su variación temporal y espacial del bofedal Piticocha sector 2, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas* [Tesis de grado, Universidad Católica Sede Sapientiae]. Repositorio Institucional UCSS. https://hdl.handle.net/20.500.14095/1132

González, V., y Alvarado, A. (2002). Flora cutánea como protección y barrera de la piel normal. *Revista Cent Dermatol Pascua*, *11*(1), 18-21. https://www.researchgate.net/publication/237362336

Guijarro, A. (2022). *Determinación de la cinética de adsorción y curvas de ruptura de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) en las sustancias adsorbentes piedra caliza, carbón activo y turba* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36006

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana. http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2707

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008

Holden, J. (2005). Peatland hydrology and carbon release: why small-scale process matters. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *363*(1837), 2891-2913. https://doi.org/10.1098/rsta.2005.1671

Hribljan, J., Cooper, D., Sueltenfuss, J., Wolf, E., Heckman, K., Lilleskov, E., y Chimner, R. (2015). Carbon storage and long-term rate of accumulation in high-altitude Andean peatlands of Bolivia. *Mires and Peat*, *17*(4), 1-13.

Hribljan, J., Suárez, E., Heckman, K., Lilleskov, E., y Chimner, R. (2016). Peatland carbon stocks and accumulation rates in the Ecuadorian páramo. *Wetlands Ecology and Management*, *24*(2), 113-127. https://doi.org/10.1007/s11273-015-9466-8

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM] (2023). *Inventario Nacional de Bofedales del Perú*. https://hdl.handle.net/20.500.12748/466

Instituto Geográfico Nacional. [IGN]. (2025). *Geoportal IGN: Límites politicos del Perú*. https://www.ign.gob.pe

International Groundwater Resources Assessment Centre. (2003). *Aguas subterráneas*. IGRAC. https://www.un-igrac.org/es/qu%C3%A9-es-aguasubterr%C3%A1nea

Jadia, C. D., y Fulekar, M. H. (2009). Phytoremediation of heavy metals: recent techniques. *African Journal of Biotechnology*, *8*(6), 921-928.

Kozhevnikov, A., Ivanchenko, N., Sypalov, S., Sypalova, Y., y Sobolev, N. (2020). Evaluación de la contaminación de la turba por metales pesados según la profundidad de su aparición. *Química de Combustibles Sólidos*, *54*(1), 54-60. https://doi.org/10.3103/S0361521920010097

La Matta, F. (2017). *Percepciones, actores y manejo actual de los humedales altoandinos de la Comunidad Santiago de Carampoma, Huarochirí-Lima* [Tesis de maestría,

Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. http://hdl.handle.net/20.500.12404/9123

Ley N.° 28611. Ley General del Ambiente. (13 de octubre de 2005). Normas Legales N° 30335. Diario Oficial El Peruano. https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente-ley-n-28611

Ley N.° 29338. Ley de Recursos Hídricos. (23 de marzo de 2009). Normas Legales N° 3907. Diario Oficial El Peruano. https://www.ana.gob.pe/normatividad/ley-n-29338

Ley N.° 32099. Ley que declara de interés nacional y necesidad pública la protección, conservación y recuperación de los bofedales y humedales altoandinos del territorio nacional. (11 de julio de 2024). Normas Legales N° 32099. Diario Oficial El Peruano. https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/normas-legales/32099-2301077-1

Machuca, D. (2017). *Efectos de la extracción de turba en un sistema socio-ecológico altoandino: Bofedales de Carampoma – Lima* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. http://hdl.handle.net/20.500.12404/9948

Maldonado, M. (2015). Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana. *Mires and Peat*, *15*(1), 1-13. http://www.mires-and-peat.net/

Maldonado, M. (2019). *Bofedales: extracción de turba y su implicancia frente al cambio climático*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17405.82405

Mallqui, H., y Quispe, C. (2024). *Caracterización hidrológica y geofísica del bofedal Ichiccollcococha en la Unidad Hidrográfica Pachacoto*. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. https://hdl.handle.net/20.500.12748/618

Martínez, V., Martínez, M., Reategui, K., y Escobar, M. (2012). Adsorción de las especies Cu (II), Cd (II) y Zn (II) por la turba de manglar de Cuare, Edo. Falcón, en diferentes grados de maduración artificial. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, *35*(1), 75-84. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702012000100011&lng=es&tlng=es

Medina, C., Medina, Y., y Bocardo, E. (2020). Valoración económica de la captura y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque (Valdivia)*, *41*(2), 165-172. https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Ministerio del Ambiente. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). *Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias*. https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2018). *Mapa nacional de ecosistemas del Perú: memoria descriptiva*. https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Guía de evaluación del estado del Ecosistema de Bofedal*. Ministerio del Ambiente.

Montenegro, A. (2017). *Comparación de metodologías de evaluación botánica en un bofedal en el distrito de Carampoma, Huarochirí-Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional LA MOLINA. https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/23594ede-bdd5-4745-a192-ed152111a417

Novosyolova, E., Shikhova, L., y Lisitsyn, E. (2021). Contenido de metales pesados (Zn, Pb, Cu y Cd) en turba y plantas de turberas cortadas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *862*(1), 012106. https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012106

Oropeza, Y. (2019). *Flora de los bofedales aledaños a la laguna Milloc y su relación con el agua subterránea, Distrito de Carampoma, Huarochirí* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional LA MOLINA. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4235

Oyague, E., Cooper, D. J., y Ingol, E. (2022). Effects of land use on the hydrologic regime, vegetation, and hydraulic conductivity of peatlands in the central Peruvian Andes. *Journal of Hydrology*, *609*, 127687. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127687

Paredes, J. (2023). *Característica fisicoquímica de las aguas superficiales del bofedal alto andino Guitarrachayocc, Distrito de Paras, Cangallo – Ayacucho, 2018 - 2019* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5708

Polk, M., Young, K., Baraer, M., Mark, B., McKenzie, J., y Carey, M. (2017). Exploring hydrologic connections between tropical mountain wetlands and glacier recession in Peru's Cordillera Blanca. *Applied Geography*, *78*, 94-103. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.11.004

Postigo, J., Young, K., y Crews, K. (2008). Change and continuity in a pastoralist Community in the High Peruvian Andes. *Human Ecology*, *36*(6), 903-919. https://doi.org/10.1007/s10745-008-9186-1

Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre humedales (Ramsar, Irán, 1971)* (6.ª ed.). Secretaría de la Convención de Ramsar. http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf

RAMSAR. (2016). *Introducción a la convención sobre humedales* (5.ª ed.). Secretaría de la Convención de Ramsar. https://www.ramsar.org/es/document/manuales-ramsar-5a-edicion-introduccion-la-convencion-sobre-los-humedales

Ruthsatz, B. (2012). Vegetation and ecology of the high Andean peatlands of Bolivia. *Phytocoenologia*, *42*(3-4), 143-172. https://doi.org/10.1127/0340-269X/2012/0042-0535

Salvador, F., Monerris, J., y Rochefort, L. (2014). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, *15*(2), 1-17. http://www.mires-and-peat.net/

Suárez, E., Chimbolema, S., Chimner, R. A., y Lilleskov, E. A. (2021). Root biomass and production by two cushion plant species of tropical high-elevation peatlands in the Andean páramo. *Mires and Peat*, *27*(12), 1-14. https://doi.org/10.19189/MaP.2020.OM.StA.202

Suárez, E., Chimbolema, S., Jaramillo, R., Hribljan, J., Rodney, A. C., y Lilleskov, E. A. (2022). *Turberas de páramo en el Ecuador. Notas sobre la ecología, conservación y restauración de un sistema estratégico*. https://www.researchgate.net/publication/365676162

Valderrama, M., Buitrago, D., Bedoya, M., y Benavides, J. (2017). Variación en los restos de macrofósiles y dinámica reciente en turberas de cojines de *Distichia muscoides* de la Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. *Caldasia*, *39*(1), 79-90. https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64327

Valencia, N. (2019). *Efectos de la extracción de turba en la composición y estructura florística del Bofedal de Milloc, Carampoma, Huarochirí, Lima* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional LA MOLINA. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4037

Vargas, D., Planas, A., Mejia, M., Fuentealba, B., y Chimner, R. (2023). *Restauración hidrológica de bofedales en el Parque Nacional Huascarán*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23832.37125

Yager, K., Prieto, M., y Meneses, R. (2021). Reframing Pastoral Practices of Bofedal Management to increase of resilience of Andean Water Towers. *Mountain Research and Development*, *41*(4), R31-R41. https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00021.1

Zamri, S., Saleh, H., y Musta, B. (2024). Distribución geoquímica de metales pesados en el perfil del suelo de turba y estimación de los patrones del nivel freático en las turberas de la península de Klias, Sabah. *Journal of Physics: Conference Series*, *2314*(1), 012024. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2314/1/012024

IX. ANEXOS

Anexo A. Diseño de Muestreo en el bofedal Milloc



Anexo B. Requisitos mínimos para ensayos de muestras ambientales

CANTIDAD DE MUESTRA Y REQUISITOS MINIMOS PARA ENSAYOS DE MUESTRAS AMBIENTALES POR SERVICIO

Señores: DIAZ FLORIANO MARIA ROSARIO

Fecha: 19 de agosto del 2025

Nº	Determinaciones (Servicio)	Matriz	Método de ensayo	Tipo Envase	Tamaño mínimo de muestra	Tipo muestra	Preservación	Precauciones	Tiempo de Almacenamiento
1	Conductividad	AGUA	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, 24th Ed: 2023. Conductivity: Laboratory Method /
Frasco PVC 100 ml boca ancha	100	PUNTUAL COMPOSITO	Almacenar de: > 0°C a ≤ 6°C.	POR CADA 20 MUESTRAS O MENOS ENVIAR UNA MUESTRA POR DUPLICADO. SI SE REQUIERE CONTRAMUESTRA ENVIAR 500ML DE MUESTRA ADICIONAL, 7 DIAS, 28 Dias	7 DÍAS
2	Metales Totales	AGUA	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)/
Frasco de polietileno, 60 mL	60	PUNTUAL COMPOSITO	ADICIONAR HNO3 1:1 PH < 2 (AÑADIR 0.3 ML O 6 GOTAS DE HNO3 1:1).	INCLUIR BLANCO VIAJERO POR ORDEN COMERCIAL	1 MES, EL HG SÓLO 28 DIAS. TIEMPO PROPUESTO POR LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE-CALLAO

Anexo C. Requisitos mínimos para ensayos de muestras ambientales

Anexo I

Registro de Datos en Campo

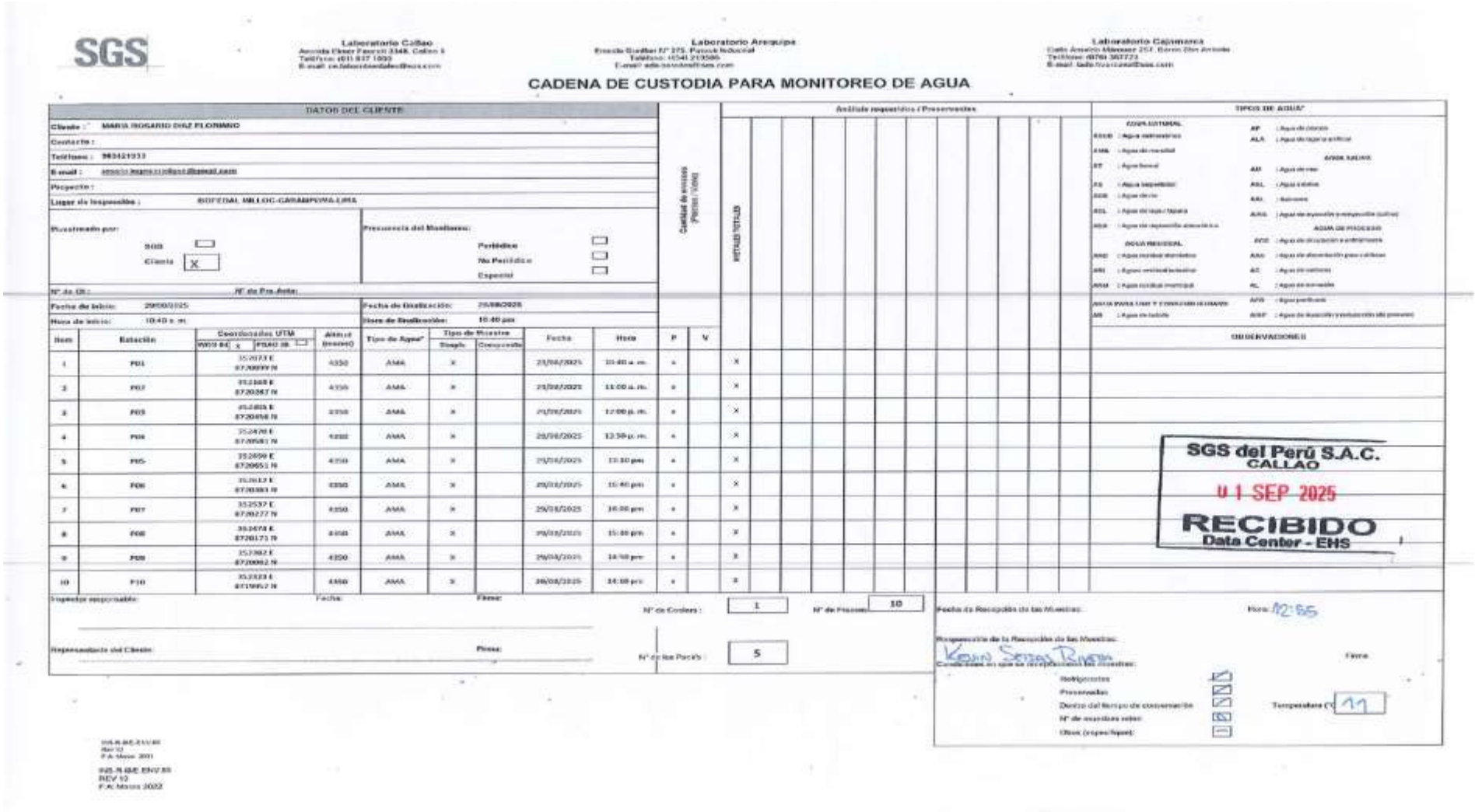
CUENCA: _____ REALIZADO POR: _____

AAA/ALA: _____ RESPONSABLE: _____

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas [1]		Altura	Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Caudal /2 profundidad	Observaciones [3]
						Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C	mg/L	µS/cm	m³/s o m	

[1] Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.
[2] Para el caso de cuerpo lótico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo léntico o marino-costero, indicar la profundidad.
[3] Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

Anexo D. Cadenas de custodia



SGS

Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1000
E-mail: callao.laboratorio@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Avenida Guardia N° 375, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213586
E-mail: sgs.arequipa@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Amarilis Manzaur 254, Barrio Obrero
Teléfono: (076) 367723
E-mail: sgs.cajamarca@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

DATOS DEL CLIENTE

Cliente : MARIA ROSARIO DIAZ FLORIANO
Contacto :
Teléfono : 983421933
E-mail :
Proyecto :
Lugar de Inspección : ROTEDAL MILLOC-CARAMPOMA-LURIS

Muestreado por:
SGS ☐
Cliente X

Procedencia del Monitoreo:
Periódico ☐
No Periódico ☐
Especial ☐

N° de OI :
N° de Pre-Ruta:
Fecha de Inicio: 29/08/2025
Hora de Inicio: 10:40 a. m.
Fecha de finalización: 29/08/2025
Hora de finalización: 10:40 pm

Ítem	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 X	Coordenadas UTM PSAD 56	Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra Simple	Tipo de Muestra Compuesta	Fecha	Hora	P	V	Análisis requeridos / Preservantes	Cantidad de envases (Plástico / Vidrio)
1	P01	35 2073 E	8720899 N	4350	AMA	X		29/08/2025	10:40 a. m.	x		X	
2	P02	35 2388 E	8720367 N	4350	AMA	X		29/08/2025	11:00 a. m.	x		X	
3	P03	35 2805 E	8720458 N	4350	AMA	X		29/08/2025	12:00 p. m.	x		X	
4	P04	35 2478 E	8720581 N	4350	AMA	X		29/08/2025	12:30 p. m.	x		X	
5	P05	35 2699 E	8720651 N	4350	AMA	X		29/08/2025	13:30 pm	x		X	
6	P06	35 2617 E	8720383 N	4350	AMA	X		29/08/2025	15:40 pm	x		X	
7	P07	35 2537 E	8720277 N	4350	AMA	X		29/08/2025	16:00 pm	x		X	
8	P08	35 2478 E	8720171 N	4350	AMA	X		29/08/2025	15:00 pm	x		X	
9	P09	35 2382 E	8720082 N	4350	AMA	X		29/08/2025	14:00 pm	x		X	
10	P10	35 2323 E	8719952 N	4350	AMA	X		29/08/2025	14:00 pm	x		X	

TIPOS DE AGUA*

COSTA LITORAL
ESUB : Agua subterránea
EMA : Agua de mar/río
ET : Agua fluvial
ES : Agua superficial
ESR : Agua de río
RDL : Agua de riego / laguna
RDA : Agua de reposición artificial
AGUA RESIDUAL
ARD : Agua residual doméstico
ARI : Agua residual industrial
ARM : Agua residual municipal
AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
AR : Agua de relave
AGUA SALINA
AM : Agua de mar
ARL : Agua salina
AAL : Salmuera
AAS : Agua de evaporación y extracción (salina)
AGUA DE PROCESO
APC : Agua de circulación y enfriamiento
AAC : Agua de alimentación para calderas
AC : Agua de calderos
AL : Agua de lavandería
APR : Agua purificada
AOP : Agua de ósmosis inversa/ultrafiltración/ablandamiento

OBSERVACIONES

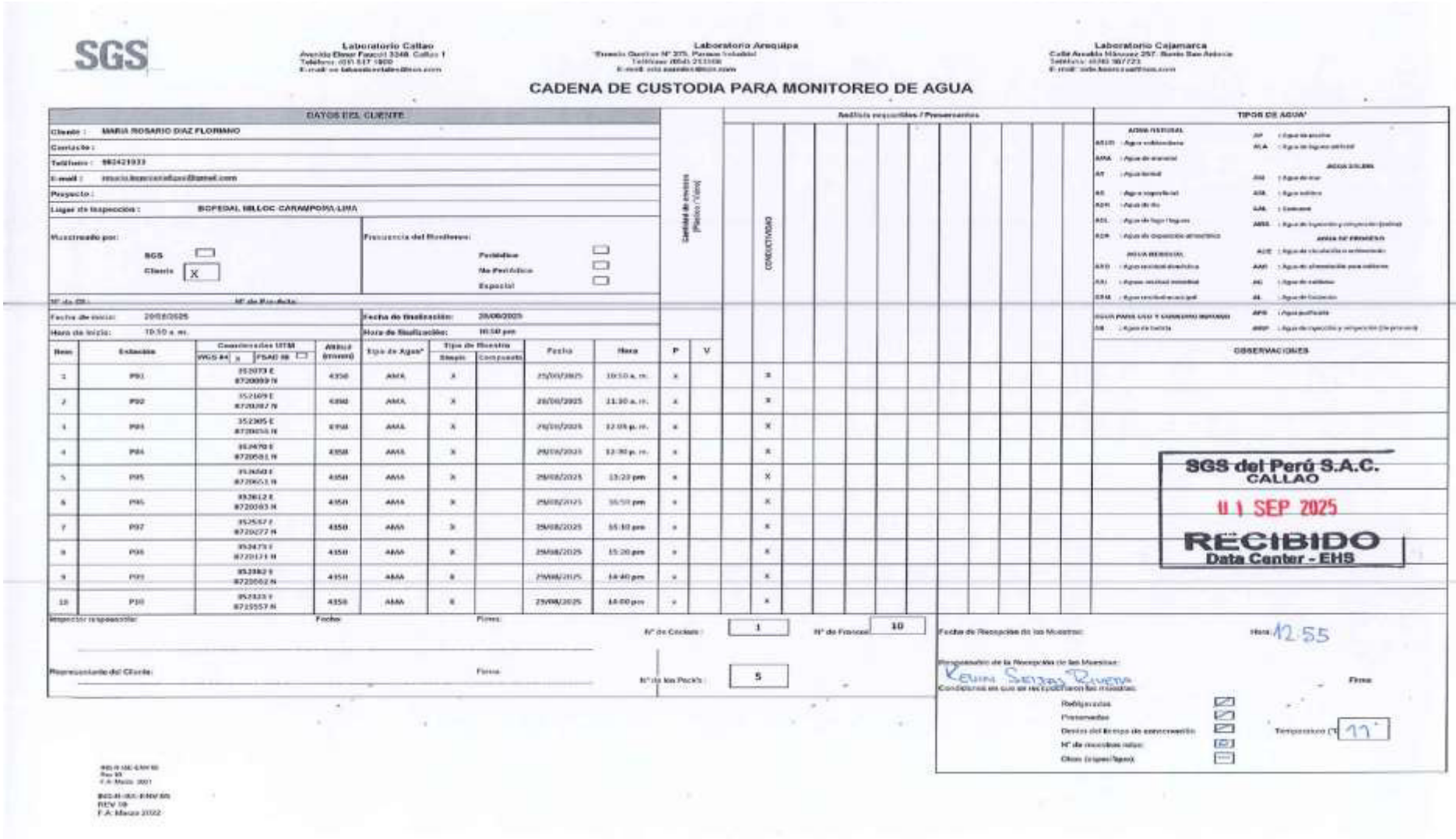
SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
01 SEP 2025
RECIBIDO
Data Center - EHS

Inspector responsable: Fecha: Firma:
Representante del Cliente: Firma:

N° de Coolers : 1
N° de Precintos : 10
N° de los Porta's : 5

Fecha de Recepción de las Muestras: Hora: 12:55
Responsable de la Recepción de las Muestras: Kevin Seijas Rivera
Condiciones en que se recepcionan las muestras: Fecha
Refrigeración ☑
Preservadas ☑
Dentro del tiempo de conservación ☑
N° de muestras sobre: 10
Otros (especificar): ☐
Temperatura (°C): 11

SGS-R-IGE-ENV.55
REV 12
F.A: Marzo 2022



SGS

Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1800
E-mail: ventas.callao@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Teléfono: (054) 213306
E-mail: ventas.arequipa@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Teléfono: (076) 367723
E-mail: ventas.cajamarca@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

DATOS DEL CLIENTE

Cliente : MARIA ROSARIO DIAZ FLORIANO
Contacto :
Teléfono : 982421933
E-mail : mauricio.lizarzaburu@gmail.com
Proyecto :
Lugar de Inspección : BOPEDAL MILLOC CARAMPOMA/LIMA

Muestreado por: SGS ☐ Cliente X

Frecuencia del Monitoreo: Periódico ☐ No Periódico ☐ Especial ☐

Nº de OS : Nº de Ficha de :

Fecha de inicio: 20/08/2025 — Fecha de finalización: 28/08/2025
Hora de Inicio: 10:10 a. m. — Hora de finalización: 10:50 pm

Cantidad de envases (Plástico / Vidrio)

Análisis requeridos / Preservantes: CONSERVADOR

Item	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 ☐ PSAD 56 ☐	Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra: Simple	Compuesto	Fecha	Hora	P	V
1	P01	352073 E 8720899 N	4350	AMA	X		25/08/2025	10:10 a. m.	x	
2	P02	352169 E 8720787 N	4350	AMA	X		26/08/2025	11:30 a. m.	x	
3	P03	352305 E 8720656 N	4350	AMA	X		26/08/2025	12:05 p. m.	x	
4	P04	352470 E 8720581 N	4350	AMA	X		26/08/2025	12:30 p. m.	x	
5	P05	352650 E 8720651 N	4350	AMA	X		25/08/2025	13:20 pm	x	
6	P06	352812 E 8720693 N	4350	AMA	X		25/08/2025	55:50 pm	x	
7	P07	352537 E 8720677 N	4350	AMA	X		25/08/2025	55:50 pm	x	
8	P08	352473 E 8720171 N	4350	AMA	X		25/08/2025	15:20 pm	x	
9	P01	352382 E 8720562 N	4350	AMA	X		25/08/2025	14:40 pm	x	
10	P10	352333 E 8721557 N	4350	AMA	X		25/08/2025	16:00 pm	x	

Inspector responsable: Fecha: Firma:

Representante del Cliente: Firma:

Nº de Coolers: 1 — Nº de Frascos: 10
Nº de los Pack's: 5

TIPOS DE AGUA*

AGUA RESIDUAL
AR : Agua residual
ARD : Agua residual doméstica
ARI : Agua residual industrial
ARM : Agua residual municipal
AM : Agua de mar
AL : Agua de lago / laguna
ARC : Agua de deposición atmosférica
AGUA REGENERADA
ARD : Agua residual doméstica
ARI : Agua residual industrial
ARM : Agua residual municipal
AP : Agua de pozo
ALA : Agua de lagua artificial
AGUAS SALADAS
AM : Agua de mar
AMA : Agua salobre
AAL : Lixiviado
ARS : Agua de inyección y extracción (pozos)
AGUA DE PROCESO
ACE : Agua de circulación o enfriamiento
AAP : Agua de alimentación para calderas
AG : Agua de calderas
AA : Agua de Cocimiento
AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
APO : Agua potable
AM : Agua de mesa
ARP : Agua de inyección y extracción (de proceso)

OBSERVACIONES

SGS del Perú S.A.C.
CALLAO
11 SEP 2025
RECIBIDO
Data Center - EHS

Fecha de Recepción de las Muestras: Hora: 12:55
Representante de la Recepción de las Muestras: KELLY SIERRA RUEDA Firma:
Condiciones en que se recepcionaron las muestras:
Refrigeradas ☑
Preservadas ☑
Dentro del tiempo de preservación ☑ Temperatura (°C) 11°
Nº de recipientes rotos ☐
Otros (cuales/fijen) ☐

REV 08
F.A. Marzo 2022

Anexo E. Informes de Ensayo Metales Totales

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

DIAZ FLORIANO MARIA ROSARIO

AV. BLASCO NUÑEZ DE VELA NRO. 204 URB. LA PASCANA

ENV / LB-356870-006

PROCEDENCIA : BOFEDAL MILLOC-CARAMPOMA-LIMA

Fecha de Recepción SGS : 01-09-2025

Fecha de Ejecución : Del 01-09-2025 al 09-09-2025

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Observación : MA2531922-AC-1: Actualización de las coordenadas de las estaciones.

"Este informe modifica, anula y sustituye el informe MA2531922-AC-0 de fecha 09-09-25 emitido por SGS del Perú"

Estación de Muestreo
P.01
P.02
P.03
P.04
P.05
P.06
P.07

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 09/09/2025

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

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1000 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 505 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

Estación de Muestreo
P.08
P.09
P.10

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 500 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS

SGS

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

INACAL
DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					P-01 8720099N / 352873E 29/08/2025 10:40:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	P-02 8720287N / 352168E 29/08/2025 11:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.073 ±0.0070	1.307 ±0.12
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	0.00299 ±0.00064
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.03820 ±0.0042
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0053 ±0.00050	0.0249 ±0.0022
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00010 ±0.000020
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00027 ±0.000060
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.017 ±0.0020	0.019 ±0.0020
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00107 ±0.00025	0.00077 ±0.00018
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	21.864 ±2.19	19.194 ±1.92
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	0.00120 ±0.00010
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ±0.00010	0.0023 ±0.00040
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00279 ±0.00025	0.00292 ±0.00026
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.68654 ±0.17	0.23898 ±0.060
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0004 ±0.00010
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00083 ±0.00016	0.00044 ±0.000080
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1220 ±0.011	0.1263 ±0.011
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	0.336 ±0.094
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00050 ±0.000040	0.00417 ±0.00034
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1005 ±0.0080	1.5714 ±0.13
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0079 ±0.00070	0.0073 ±0.00070
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	3.557 ±0.43	3.360 ±0.40
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.16256 ±0.011	0.99798 ±0.070
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.01111 ±0.0026	0.00724 ±0.0017
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0019 ±0.00040	0.0012 ±0.00030
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000036 ±0.0000050
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0408 ±0.0037
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	1.33 ±0.11	0.89 ±0.070
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0035 ±0.00040	0.0062 ±0.00050
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	19.920 ±2.39	27.190 ±3.26
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	13.000 ±1.43	16.086 ±1.77
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0010 ±0.00010	0.0199 ±0.0026
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000202 ±0.000042
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0056 ±0.00080	0.0093 ±0.0014
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0064 ±0.0011
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00007 ±0.000010
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1582 ±0.016	0.0305 ±0.0031
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	0.00295 ±0.00068

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					P-03 8720456N / 352305E 29/08/2025 12:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	P-04 8720581N / 352470E 29/08/2025 12:50:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	1.236 ±0.11	0.939 ±0.085
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00104 ±0.00029	0.00123 ±0.00034
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00454 ±0.00050	0.00383 ±0.00042
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0085 ±0.00080	0.0195 ±0.0018
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	0.008 ±0.0010
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00203 ±0.00047	0.00073 ±0.00017
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	5.582 ±0.56	45.768 ±4.58

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 505 Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

SGS

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

INACAL
DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					P 03 8720456N / 352305E 29/08/2025 12:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA AGUA DE MANANTIAL	P 04 8720581N / 352470E 29/08/2025 12:50:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00042 ±0.000030	0.00072 ±0.000060
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0004 ±0.00010	0.0007 ±0.00010
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00060 ±0.000040	0.00198 ±0.00018
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.11847 ±0.030	0.05204 ±0.013
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0006 ±0.00020	0.0003 ±0.00010
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00027 ±0.000050	0.00039 ±0.000070
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0474 ±0.0043	0.2619 ±0.024
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	0.418 ±0.12	0.457 ±0.13
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00049 ±0.000040	<0.00012
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00117 ±0.00010	0.00166 ±0.00014
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.6520 ±0.052	4.5423 ±0.36
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0007 ±0.00010	0.0054 ±0.00050
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	1.459 ±0.17	4.846 ±0.58
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01663 ±0.0012	0.10684 ±0.0075
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.01218 ±0.0028	0.00460 ±0.0011
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0015 ±0.00030	0.0014 ±0.00030
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000110 ±0.000017	0.000182 ±0.000027
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0061 ±0.00050	0.0209 ±0.0019
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	1.97 ±0.16	2.12 ±0.17
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0025 ±0.00030	0.0048 ±0.00050
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0023 ±0.00050	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	13.480 ±1.62	19.300 ±2.32
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	6.917 ±0.76	10.298 ±1.13
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0153 ±0.0020	0.0203 ±0.0026
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0081 ±0.0012	0.0055 ±0.00080
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1245 ±0.013	0.0373 ±0.0037
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00046	0.00124 ±0.00029	0.00158 ±0.00036

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					P 05 8720651N / 352660E 29/08/2025 13:10:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA AGUA DE MANANTIAL	P 06 8720383N / 352612E 29/08/2025 16:40:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	1.613 ±0.14	0.412 ±0.037
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	0.00186 ±0.00052
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.04358 ±0.0048
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0124 ±0.0011	0.0067 ±0.00060
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00019 ±0.000040	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	0.099 ±0.012
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00060 ±0.00014	0.00029 ±0.000070
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	16.849 ±1.69	42.480 ±4.25
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00158 ±0.00013	0.00044 ±0.000040
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0003 ±0.00010	0.0004 ±0.00010
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01394 ±0.0013	0.00061 ±0.000050
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.64520 ±0.16	0.04636 ±0.012
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00037 ±0.000070	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1395 ±0.012	0.1860 ±0.017
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amando Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

SGS

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

INACAL
DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P 05	P 06
FECHA DE MUESTREO					8720651N / 352650E	8720383N / 352612E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					13:10:00	16:40:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUBTERRANEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Germanio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00026 ±0.000020	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	0.5004 ±0.040	15.9828 ±1.28
Lantano Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0070 ±0.0060	0.0261 ±0.0023
Lutecio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	3.071 ±0.37	1.749 ±0.21
Manganeso Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.23668 ±0.017	0.23561 ±0.016
Mercurio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00036 ±0.000080	0.00058 ±0.00023
Niobio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0026 ±0.00060	<0.0006
Plata Total	EW EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000082 ±0.000012
Plomo Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0013 ±0.00010	0.0199 ±0.0018
Potasio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.04	0.13	1.82 ±0.15	0.18 ±0.010
Rubidio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0050 ±0.00050	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.040	0.128	20.570 ±2.47	8.610 ±1.033
Sodio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.006	0.019	9.401 ±1.034	10.211 ±1.12
Talio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0024 ±0.00030	0.0043 ±0.00060
Uranio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000153 ±0.000032
Vanadio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0042 ±0.00060	0.0012 ±0.00020
Wolframio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0015 ±0.00030
Yterbio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00026 ±0.000050	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1294 ±0.013	0.0534 ±0.0053
Zirconio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P 07	P 08
FECHA DE MUESTREO					8720277N / 352537E	8720171N / 352473E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					15:00:00	15:10:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUBTERRANEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	0.278 ±0.025	0.355 ±0.032
Antimonio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00130 ±0.00036	0.00060 ±0.00017
Arsénico Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01029 ±0.0011	0.01254 ±0.0014
Bario Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0064 ±0.00080	0.0082 ±0.00070
Berilio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.100 ±0.012	0.076 ±0.0090
Cadmio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00117 ±0.00027	0.00057 ±0.00013
Calcio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	53.501 ±5.35	42.452 ±4.25
Cerio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00040 ±0.000030	0.00037 ±0.000030
Cesio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0020 ±0.00030	0.0018 ±0.00030
Cobalto Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00337 ±0.00030	0.00107 ±0.00010
Cobre Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	0.04786 ±0.012	0.04786 ±0.012
Cromo Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00012 ±0.000020
Estroncio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2313 ±0.021	0.1894 ±0.017
Fósforo Total	EW EPA200.8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	4.2138 ±0.34	5.2463 ±0.42
Lantano Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0786 ±0.0071	0.0503 ±0.0045
Lutecio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	2.519 ±0.30	1.965 ±0.24
Manganeso Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	1.27127 ±0.089	0.26756 ±0.019
Mercurio Total	EW EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amando Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-07	P-08
FECHA DE MUESTREO					8720277N / 362537E	8720171N / 362473E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					16:00:00	15:10:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00127 ±0.00029	0.00107 ±0.00025
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0010 ±0.00020	0.0008 ±0.00020
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000084 ±0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0146 ±0.0013	0.0099 ±0.00090
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	1.05 ±0.080	0.81 ±0.060
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0044 ±0.00040	0.0031 ±0.00030
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	8.010 ±0.96	8.060 ±0.97
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	12.228 ±1.35	7.393 ±0.81
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Torio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0031 ±0.00040	0.0023 ±0.00030
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000177 ±0.000037	0.000025 ±0.0000050
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0006	0.0026	0.1694 ±0.017	0.1309 ±0.013
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-09	P-10
FECHA DE MUESTREO					8720082N / 362382E	8719957N / 362323E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					14:50:00	14:10:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.720 ±0.065	0.133 ±0.012
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00297 ±0.00083	<0.00013
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01645 ±0.0018	0.00382 ±0.00042
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0099 ±0.00090	0.0163 ±0.0015
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.103 ±0.012	0.202 ±0.024
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00110 ±0.00025	0.00028 ±0.0000650
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	44.808 ±4.48	54.578 ±5.46
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00064 ±0.00050	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0014 ±0.00020	0.0017 ±0.00030
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00207 ±0.00019	0.00076 ±0.000070
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.09450 ±0.024	0.01897 ±0.0047
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2040 ±0.018	0.2665 ±0.024
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00024 ±0.00020	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	5.6851 ±0.45	0.2352 ±0.019
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0636 ±0.0057	0.1766 ±0.016
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	2.347 ±0.28	2.042 ±0.25
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.33004 ±0.023	0.42875 ±0.030
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00170 ±0.00039	0.00042 ±0.00010
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0009 ±0.00020	<0.0006
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000142 ±0.000021	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0314 ±0.0028	0.0060 ±0.00050
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	0.83 ±0.070	1.75 ±0.14
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0026 ±0.00030	0.0049 ±0.00060
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	9.280 ±1.11	17.130 ±2.056

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amando Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

SGS

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

INACAL
DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					P 09 8720082N / 352382E 29/08/2025 14:50:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA AGUA DE MANANTIAL	P 10 8719957N / 352323E 29/08/2025 14:10:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Metales Totales						
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	10.551 ±1.16	14.674 ±1.61
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0073 ±0.00090	0.0027 ±0.00040
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000241 ±0.000051	<0.000010
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0029 ±0.00040	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1698 ±0.017	0.0404 ±0.0040
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

SGS

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

INACAL DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperacion de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	105 - 107%	96 - 108%	4%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	97 - 101%	96 - 104%	1%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	106%	101%	2%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	99 - 105%	103 - 109%	3%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	103 - 106%	95 - 104%	5%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	101 - 106%	98 - 99%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	103 - 109%	94 - 106%	2%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	95 - 101%	92 - 100%	5%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0%	104%	101 - 106%	5%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	98 - 99%	94 - 95%	1%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	105 - 106%	101 - 106%	2%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	96%	93 - 97%	0%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	100 - 104%	100 - 101%	3%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	97 - 106%	103 - 109%	8%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	103 - 104%	94 - 100%	3%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	105 - 107%	93 - 97%	3%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	102%	108 - 109%	5%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	102 - 104%	97 - 102%	2%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	96%	94 - 100%	2%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	96 - 104%	96 - 98%	7%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	106 - 108%	99 - 103%	4%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	96 - 102%	91 - 92%	9%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	92 - 101%	101 - 106%	3%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	104 - 106%	104%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	100 - 104%	99 - 106%	4%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	91 - 106%	103 - 104%	1%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	96 - 97%	101 - 104%	2%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 103%	92 - 98%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	91 - 94%	94 - 106%	11%
Níquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 100%	96 - 101%	6%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	97 - 100%	94 - 96%	0%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	92 - 107%	92 - 93%	8%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	0%	99 - 106%	102 - 108%	3%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0%	105 - 108%	102 - 103%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	92 - 106%	92 - 94%	9%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	93 - 98%	94 - 95%	1%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0%	103 - 108%	105 - 107%	1%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 107%	104%	0%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	102 - 103%	93 - 106%	10%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	102%	102 - 107%	5%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	95%	96 - 98%	9%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	98 - 104%	93 - 94%	2%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	95 - 98%	101%	1%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	98 - 106%	92 - 101%	8%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	100%	96 - 101%	4%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	100 - 105%	96 - 97%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	95 - 103%	100 - 103%	3%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	95 - 103%	102%	7%

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 082

Miembro del Grupo SGS

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Ps.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 082

Miembro del Grupo SGS

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531922-AC-1

NOTAS

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- La incertidumbre expandida de medición reportada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo F. Informes de Ensayo Conductividad

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531920-AC-1

DIAZ FLORIANO MARIA ROSARIO

AV. BLASCO NUÑEZ DE VELA NRO. 204 URB. LA PASCANA

ENV / LB-356870-005

PROCEDENCIA : BOFEDAL MILLOC-CARAMPOMA-LIMA

Fecha de Recepción SGS : 01-09-2025

Fecha de Ejecución : Del 01-09-2025 al 05-09-2025

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Observación : MA2531920-AC-1: Actualización de las coordenadas de las estaciones.

"Este informe modifica, anula y sustituye el informe MA2531920-AC-0 de fecha 05-09-25 emitido por SGS del Perú"

Estación de Muestreo
P.01
P.02
P.03
P.04
P.05
P.06
P.07

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 05/09/2025

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

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1000 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 505 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Amaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

INFORME DE ENSAYO
MA2531920-AC-1

Estación de Muestreo
P.08
P.09
P.10

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 500 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS

SGS

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

INACAL
DA - Perú

INFORME DE ENSAYO
MA2531920-AC-1

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-01	P-02
FECHA DE MUESTREO					8720099N / 352073E	8720287N / 352168E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					10:50:00	11:10:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	–	–	193.90 ±40.72	157.80 ±33.14

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-03	P-04
FECHA DE MUESTREO					8720458N / 352305E	8720581N / 352470E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					12:05:00	12:30:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	–	–	55.61 ±11.68	313.80 ±65.90

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-05	P-06
FECHA DE MUESTREO					8720651N / 352660E	8720383N / 352612E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					13:20:00	16:50:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	–	–	195.20 ±40.99	272.30 ±57.18

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-07	P-08
FECHA DE MUESTREO					8720277N / 352537E	8720171N / 352473E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					16:10:00	15:20:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	–	–	336.10 ±70.58	269.50 ±56.60

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P-09	P-10
FECHA DE MUESTREO					8720082N / 352382E	8719957N / 352323E
HORA DE MUESTREO					29/08/2025	29/08/2025
CATEGORIA					14:40:00	14:00:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
					AGUA DE MANANTIAL	AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	**Referencia**	**Unidad**	**LD**	**LC**	**Resultado ± Incertidumbre**	**Resultado ± Incertidumbre**
Análisis Generales						
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	–	–	286.00 ±60.060	366.30 ±76.92

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531920-AC-1

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	DUP %RPD	LCS %Recovery
Conductividad	µS/cm	-	0%	99 - 100%

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531920-AC-1

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2510B	Callao	Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, 24th Ed. 2023. Conductivity: Laboratory Method

SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

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

INFORME DE ENSAYO
MA2531920-AC-1

NOTAS

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- La incertidumbre expandida de medición reportada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C. las cuales se encuentran descritas en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 500 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo G. Fotografías

FOTOGRAFÍA 01-ZONA DEGRADADA



FOTOGRAFÍA 02- ZONA DEGRADADA



FOTOGRAFÍA 03-ZONA DEGRADADA



FOTOGRAFÍA 04- ZONA DEGRADADA POR EXTRACCIÒN DE TURBA



FOTOGRAFÍA 05- EROSIÓN LATERAL POR TRASVASE



FOTOGRAFÍA 06- USO DE BARRENO PARA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO





FOTOGRAFÍA 07 -MEDICIÓN DE PH



P01-ESTRATO CONSERVADO



P02-ESTRATO CONSERVADO



P03-ESTRATO CONSERVADO



P04-ESTRATO CONSERVADO



P05-ESTRATO CONSERVADO



P06-ESTRATO DEGRADADO



P07- ESTRATO DEGRADADO



P08- ESTRATO DEGRADADO



P09- ESTRATO DEGRADADO



P10- ESTRATO DEGRADADO



Anexo G. Registro de Campo

FICHA DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE AGUA SUB SUPERFICIAL

Nombre del Proyecto: CALIDAD DE AGUA SUBSUPERFICIAL BOFEDAL MILLOC
Responsable de Muestreo: MARIA ROSARIO DIAZ FLORIANO
Tipo de muestra: AGUA SUBSUPERFICIAL
Fecha de Muestreo: 20/08/2025
Condiciones climáticas: CIELO DESPEJADO / SIN LLUVIA / VIENTO MODERADO.

Código del punto	Coordenadas UTM (Zona 18S, Datum WGS84)	Altitud (m s.n.m.)	Sector conservado o degradado	Hora de muestreo	Descripción visual del cuerpo de agua	Color del agua	Presencia de vegetación acuática	Evidencia de impactos (ganado, drenaje, etc.)	Observaciones generales
P01	352073E 8720099N	4350	CONSERVADO	10:40am	Agua Sub Superficial Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetal propia Distrito Flor	No	—
P02	352169E 8720287N	4350	CONSERVADO	11:00am	Agua Subsuperficial Ligeramente Turbia	agua ligeramente turbia	Vegetal típica de Gramíneas	Leve pastoreado	—
P03	352305E 8720356N	4350	CONSERVADO	12:00pm	Agua Subsup Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetal propia Distrito Flor	Leve pastoreado	—
P04	352470E 8720581N	4350	CONSERVADO	12:50pm	Agua Subsup Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetal propia Distrito Flor	Leve pastoreado	—
P05	352650E 8720651N	4350	CONSERVADO	13:10pm	Agua Sub Superficial Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetal propia Distrito Flor	NO	—
P06	352612E 8720383N	4350	DEGRADADO	16:40pm	Agua Subsuperficial Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetación seca	Si	—
P07	352537E 8720277N	4350	DEGRADADO	16:00pm	Agua Subsup Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetación seca	Si	—
P08	352473E 8720171N	4350	DEGRADADO	15:10pm	Agua Subsup Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetación seca	Si	—
P09	352382E 8720082N	4350	DEGRADADO	14:50pm	Agua Subsup Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetación seca	Si	—
P10	352323E 8719951N	4350	DEGRADADO	14:10pm	Agua Subsup Ligeramente turbia	agua ligeramente turbia	Vegetación seca	Si	—