UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

T E S I S

Evaluación de la calidad del agua para consumo humano mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados en el reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, 2024

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Deysi Isabel VEGA PAREDES

Bach. Carlos Silvestre LIZAN CARHUARICRA

Asesor:

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

Oxapampa – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

T E S I S

Evaluación de la calidad del agua para consumo humano mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados en el reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, 2024

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hitlser Juan CASTILLO PAREDES
PRESIDENTE

Mg. Edson Valery RAMOS PEÑALOZA
MIEMBRO

Mg. Jorge Zuriel CURI AGUIRRE
MIEMBRO

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 075-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Deysi Isabel VEGA PAREDES

Bach. Carlos Silvestre LIZAN CARHUARICRA

Escuela de Formación Profesional:

Ingeniería Ambiental

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo:

Evaluación de la calidad del agua para consumo humano mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados en el reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, 2024

Asesor

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

Índice de Similitud

4 %

Calificativo:

APROBADO

Se adjunta el informe y el reporte de evaluación del software Turnitin Similarity.

Cerro de Pasco, 1 de octubre del 2026

Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION [AVANZADA]

Firmado digitalmente por PALOMINO ISIDRO Ruben Edgar FAU 20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.10.2026 15:19:43 -05:00

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis con especial gratitud a nuestros padres, quienes han sido nuestra inspiración en cada etapa de la vida, nuestro apoyo incondicional en todo momento y la fuerza que nos impulsó a seguir persiguiendo nuestros sueños profesionales y personales.

Gracias por su amor, su cariño, su energía y por esas palabras llenas de aliento que siempre nos motivaron a dar lo mejor de nosotros mismos.

Este logro marca el inicio de nuestra vida profesional, guiada por la ética, la responsabilidad y el firme compromiso de aportar soluciones que contribuyan al desarrollo de la sociedad y al bienestar de las generaciones futuras.

Con esta dedicatoria, rendimos también homenaje a la noble labor de la ingeniería, ciencia que convierte las ideas en realidades y los desafíos en oportunidades.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso, por guiarnos y darnos la fortaleza necesaria durante este camino académico, iluminando cada paso con esperanza y perseverancia.

A nuestros padres, familias, compañeros y amigos, quienes, con su apoyo constante fueron la base fundamental que nos impulsó a culminar esta etapa de nuestras vidas. Su confianza en nosotros nos motivó a superar cada obstáculo.

Agradecemos también a mi asesor de tesis por todo su tiempo, conocimientos, experiencias, impulso y enseñanzas en todos los procesos de la investigación.

Finalmente, nos agradecemos mutuamente como coautores, por el compromiso, el trabajo en equipo y la perseverancia que nos permitieron alcanzar esta meta juntos.

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados en el reservorio de la localidad El Progreso, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, en el 2024. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental, transversal y de campo. Para la obtención de la información se realizaron muestreos de agua en el reservorio y los análisis correspondientes en laboratorio para determinar parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y concentraciones de metales pesados, cuyos resultados fueron comparados con los límites establecidos. Los resultados evidenciaron que los parámetros fisicoquímicos evaluados, entre ellos pH, turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total y nitratos, se encontraron dentro de los límites máximos permisibles; respecto a los elementos inorgánicos evaluados, 15 de los 17 parámetros cumplieron con los límites establecidos, mientras que el cadmio (0,004 mg/L) y plomo (0.012 mg/L) superaron ligeramente el Límite Máximo Permisible establecido; en cuanto a los parámetros microbiológicos, se determinó la ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia coli; sin embargo, el recuento de bacterias heterótrofas superó el límite máximo permisible establecido. Se concluye que el agua del reservorio presenta condiciones adecuadas en la mayoría de sus características fisicoquímicas y en la mayor parte de los elementos inorgánicos evaluados, pero el incumplimiento del parámetro microbiológico referido a bacterias heterótrofas y la concentración de cadmio por encima del límite permisible evidencian la necesidad de fortalecer las acciones de desinfección, monitoreo y control sanitario, así como de realizar un nuevo muestreo que confirme este último resultado, para garantizar plenamente la calidad del agua destinada al consumo humano.

Palabras clave: calidad del agua, parámetros microbiológicos, metales pesados.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of water intended for human consumption through physicochemical, microbiological, and heavy metal parameters in the reservoir of El Progreso locality, Oxapampa province, Pasco department, in 2024. The study followed a quantitative approach, applied research type, descriptive level, and a non-experimental, cross-sectional, and field-based design. Data were obtained through water sampling at the reservoir, followed by laboratory analyses to determine physicochemical and microbiological parameters and heavy metal concentrations. The results were compared with the established maximum permissible limits. The findings showed that the physicochemical parameters evaluated, including pH, turbidity, electrical conductivity, total dissolved solids, total hardness, and nitrates, were within the maximum permissible limits. Regarding the inorganic elements evaluated, 15 of the 17 parameters complied with the established limits, while cadmium (0.004 mg/L) and lead (0.012 mg/L) slightly exceeded the corresponding maximum permissible limits. Concerning microbiological parameters, total coliforms, thermotolerant coliforms, and Escherichia coli were absent. However, the heterotrophic bacteria count exceeded the established maximum permissible limit. It is concluded that the reservoir water meets the established standards for most of the physicochemical characteristics and most of the inorganic elements evaluated. Nevertheless, the exceedance of the permissible limit for heterotrophic bacteria and the cadmium concentration indicates the need to strengthen disinfection, monitoring, and sanitary control measures, as well as to conduct new sampling to confirm the latter result, in order to ensure the quality of water intended for human consumption.

Keywords: water quality, microbiological parameters, heavy metals.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua segura constituye un componente fundamental para la protección de la salud y el bienestar de la población, la calidad del agua destinada al consumo humano depende del cumplimiento de condiciones fisicoquímicas, microbiológicas y químicas que garanticen su inocuidad. Sin embargo, la alteración de estas características, como consecuencia de factores naturales o antrópicos, puede comprometer su aptitud para el consumo y representar un riesgo para la salud de las personas. Esta problemática adquiere especial importancia en localidades rurales y periurbanas, donde el monitoreo y control de la calidad del agua pueden presentar limitaciones.

En el Perú, garantizar la calidad del agua para consumo humano continúa siendo un desafío, especialmente en poblaciones donde los sistemas de abastecimiento requieren un seguimiento permanente de sus condiciones sanitarias. La presencia de microorganismos, alteraciones en las características fisicoquímicas o concentraciones de elementos químicos por encima de los valores permitidos puede afectar la seguridad del agua suministrada. Por esta razón, la evaluación de su calidad debe realizarse mediante parámetros representativos y su comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.° 031-2010-SA.

En este contexto, en la localidad El Progreso, distrito y provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, el reservorio constituye un componente fundamental del sistema de abastecimiento de agua destinado a la población. No obstante, se dispone de información limitada y poco sistematizada sobre las condiciones de calidad del agua almacenada en esta infraestructura respecto de sus características fisicoquímicas, microbiológicas y de la concentración de metales, esta situación genera incertidumbre respecto al cumplimiento de los requisitos establecidos para el agua destinada al consumo humano y limita la disponibilidad de

información técnica que contribuya al monitoreo y control sanitario del sistema.

La evaluación integral de estos parámetros resulta necesaria debido a que cada grupo proporciona información complementaria sobre la calidad del agua, los parámetros fisicoquímicos permiten caracterizar propiedades y componentes que pueden modificar sus condiciones de aceptabilidad; los parámetros microbiológicos permiten identificar condiciones que podrían representar riesgos sanitarios; y la determinación de metales permite verificar que sus concentraciones se encuentren dentro de los valores permitidos para agua destinada al consumo humano. En consecuencia, su análisis conjunto permite establecer, dentro del alcance de la investigación, el grado de cumplimiento de los criterios establecidos en la normativa sanitaria nacional.

La presente investigación se circunscribe a la evaluación de la calidad del agua almacenada en el reservorio de la localidad El Progreso y no pretende determinar las fuentes específicas de los contaminantes ni establecer relaciones de causalidad entre las actividades desarrolladas en el entorno y los resultados analíticos obtenidos. Por ello, el estudio se concentra en la caracterización de los parámetros seleccionados y en su comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos para el agua destinada al consumo humano.

En este sentido, la investigación busca generar información técnica sobre las condiciones del agua del reservorio que pueda constituir una referencia para las acciones de vigilancia, monitoreo y control de su calidad.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema 1

1.2. Delimitación de la investigación 3

1.3. Formulación del problema 4

1.3.1. Problema general 4

1.3.2. Problemas específicos 4

1.4. Formulación de objetivos 5

1.4.1. Objetivo general 5

1.4.2. Objetivos específicos 5

1.5. Justificación de la investigación 6

1.6. Limitaciones de la investigación 8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio 10
2.2. Bases teóricas – científicas 16
2.3. Definición de términos básicos 27
2.4. Formulación de hipótesis 33
2.4.1. Hipótesis general 33
2.4.2. Hipótesis específicas 33
2.5. Identificación de variables 34
2.6. Definición operacional de variables e indicadores 34

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación 35
3.2. Nivel de investigación 36
3.3. Métodos de investigación 36
3.4. Diseño de investigación 37
3.5. Población y muestra 38
3.5.1. Población 38
3.5.2. Muestra 38
3.5.3. Muestreo 39
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 39
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 41
3.8. Tratamiento estadístico 42
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica 43

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo 44

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados 45

4.3. Prueba de hipótesis 79

4.4. Discusión de resultados 84

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Página.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del agua 18

Tabla 2. Parámetros microbiológicos del agua 20

Tabla 3. Parámetros de metales evaluados en el agua para consumo humano 22

Tabla 4. Normativa legal 27

Tabla 5. Operacionalización de las variables 34

Tabla 6. Resultado del análisis del Boro 46

Tabla 7. Resultado del análisis del Cianuro Total 47

Tabla 8. Resultado del análisis del color verdadero 48

Tabla 9. Resultado del análisis del cloro 49

Tabla 10. Resultado del análisis de los Cloruros 50

Tabla 11. Resultado del análisis de la Conductividad Eléctrica 51

Tabla 12. Resultados del análisis de la Dureza 52

Tabla 13. Resultados del análisis de la Dureza 53

Tabla 14. Resultado del análisis de los Nitratos 54

Tabla 15. Resultado de los análisis de los Nitritos 55

Tabla 16. Resultado del análisis de los Sólidos Disueltos Totales 56

Tabla 17. Resultado del análisis de los Sulfatos 56

Tabla 18. Resultado del análisis de la turbidez 57

Tabla 19. Resultado del Análisis del Potencial de Hidrogeno 58

Tabla 20. Resultado de los análisis de los Coliformes Totales 59

Tabla 21. Resultado de los análisis de los Coliformes Termotolerantes 60

Tabla 22. Resultado de los análisis de Escherichia Coli 61

Tabla 23. Resultado del Análisis de los Heterótrofos 61

Tabla 24. Resultado del análisis de los Huevos de Helmintos 62
Tabla 25. Resultado del análisis de los Protozoarios Patógenos 63
Tabla 26. Resultado del análisis de las Algas 63
Tabla 27. Resultado del análisis de los Protozoarios 64
Tabla 28. Resultado del análisis del Aluminio 64
Tabla 29. Resultado del análisis del Antimonio 65
Tabla 30. Resultado del análisis del Arsénico 66
Tabla 31. Resultado del análisis del Bario 67
Tabla 32. Resultado del análisis del Cadmio 68
Tabla 33. Resultado del Análisis del Cobre 69
Tabla 34. Resultados de los análisis del Cromo 70
Tabla 35. Resultado del análisis del Hierro 71
Tabla 36. Resultado del análisis del Manganeso 72
Tabla 37. Resultado del análisis del Mercurio 73
Tabla 38. Resultado del análisis del Molibdeno 74
Tabla 39. Resultado del análisis del Níquel 74
Tabla 40. Resultado del análisis del Plomo 75
Tabla 41. Resultados del análisis del Selenio 76
Tabla 42. Resultado del análisis del Sodio 76
Tabla 43. Resultado del análisis del Uranio 77
Tabla 44. Resultado del análisis del Zinc 78
Tabla 45. Comprobación de la hipótesis específica 1: Parámetros fisicoquímicos 80
Tabla 46. Comprobación de la hipótesis específica 2: Parámetros microbiológicos 82
Tabla 47. Comprobación de la hipótesis específica 3: Metales pesados 83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Página.

Gráfico 1. Ubicación geográfica. 45
Gráfico 2. Resultado del análisis del Boro 46
Gráfico 3. Resultado del análisis del Cianuro 47
Gráfico 4. Resultado del análisis del color verdadero. 48
Gráfico 5. Resultado del análisis del cloro 49
Gráfico 6. Resultado del análisis de los Cloruros 50
Gráfico 7. Resultado de análisis de la conductividad 51
Gráfico 8. Resultados del análisis de la Dureza 52
Gráfico 9. Resultado del análisis de los fluoruros 53
Gráfico 10. Resultado del análisis de los Nitratos 54
Gráfico 11. Resultado de los análisis de los Nitritos 55
Gráfico 12. Resultado del análisis de los Sólidos Disueltos Totales 56
Gráfico 13. Resultado del análisis de los Sulfatos 57
Gráfico 14. Resultado del análisis de la turbidez 58
Gráfico 15. Resultado del Análisis del pH 59
Gráfico 16. Resultado del Análisis de los Heterótrofos 62
Gráfico 17. Resultado del análisis del Aluminio 65
Gráfico 18. Resultado del análisis del Antimonio 66
Gráfico 19. Resultado del análisis del Arsénico 67
Gráfico 20. Resultado del análisis del Bario 68
Gráfico 21. Resultado del análisis del Cadmio 69
Gráfico 22. Resultado del Análisis del Cobre 70
Gráfico 23. Resultado del análisis del Cromo 71

Gráfico 24. Resultado del análisis del hierro 72
Gráfico 25. Resultado del análisis del Manganeso 72
Gráfico 26. Resultado del análisis del Mercurio 73
Gráfico 27. Resultado del análisis del Molibdeno 74
Gráfico 28. Resultado del análisis del Níquel 75
Gráfico 29. Resultado del análisis del Plomo 75
Gráfico 30. Resultados del análisis del Selenio 76
Gráfico 31. Resultado del análisis del Sodio 77
Gráfico 32. Resultado del análisis del Uranio 78
Gráfico 33. Resultado del análisis del Zinc 79

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El acceso al agua segura constituye uno de los principales factores para la protección de la salud pública y el bienestar de la población, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que el agua destinada al consumo humano debe cumplir requisitos físicos, químicos y microbiológicos que garanticen su inocuidad, debido a que la presencia de contaminantes puede generar enfermedades de origen hídrico y afectar la calidad de vida de las personas (Van Vliet et al., 2021).

A nivel mundial, la contaminación de las fuentes de agua representa una problemática creciente asociada a factores naturales y antrópicos, tales como el desarrollo urbano, actividades agropecuarias, deficiencias en los sistemas de saneamiento, escorrentía superficial y disposición inadecuada de residuos, los cuales pueden alterar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua (Gómez et al., 2021). Asimismo, la presencia de metales pesados en cuerpos de agua destinados al abastecimiento poblacional constituye un aspecto de interés sanitario debido a los efectos adversos que pueden ocasionar sobre la salud humana cuando superan los

límites establecidos por la normativa vigente (World Health Organization [WHO], 2020).

En el Perú, la calidad del agua para consumo humano es regulada por el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, el cual establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para parámetros físicos, químicos, microbiológicos y metales pesados. Sin embargo, diversas localidades rurales y periurbanas presentan limitaciones en el monitoreo continuo de sus fuentes de abastecimiento, generando incertidumbre respecto al cumplimiento de dichos estándares y a la seguridad del agua consumida por la población (Ministerio de Salud, 2010).

En la provincia de Oxapampa, específicamente en la localidad El Progreso, el reservorio de almacenamiento constituye una infraestructura fundamental para el abastecimiento de agua destinada al consumo humano, pero, no se dispone de información técnica actualizada y sistematizada sobre la calidad del agua almacenada en dicho reservorio respecto a parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y concentración de metales pesados. Esta situación limita la identificación oportuna de posibles riesgos sanitarios y dificulta la toma de decisiones orientadas a garantizar la calidad del recurso hídrico.

La ausencia de evaluaciones integrales de la calidad del agua impide determinar si las características fisicoquímicas, microbiológicas y los niveles de metales pesados cumplen con los valores establecidos por la normativa nacional para agua de consumo humano. En consecuencia, existe la necesidad de generar información técnica confiable que permita conocer el estado actual de la calidad del agua y establecer una línea base para futuras acciones de monitoreo y gestión del recurso hídrico.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de evaluar la calidad del agua para consumo humano en el reservorio de la localidad El Progreso mediante el análisis

de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados, con la finalidad de determinar su condición sanitaria y verificar su cumplimiento con los estándares establecidos en la legislación peruana vigente.

1.2. Delimitación de la investigación

Delimitación espacial

Este estudio se desarrolló en el reservorio del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano ubicado en la localidad El Progreso, distrito y provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. El área de estudio comprende específicamente el reservorio que forma parte del sistema de almacenamiento y distribución de agua utilizado por la población de la localidad, constituyéndose en el punto de evaluación para la determinación de la calidad del agua.

Delimitación temporal

La investigación se ejecutó durante el periodo comprendido entre noviembre de 2024 y abril de 2025, tiempo durante el cual se realizaron las actividades de planificación, toma de muestras, análisis de laboratorio, procesamiento de información e interpretación de resultados, la evaluación de la calidad del agua corresponde a muestras obtenidas durante el año 2024, de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación.

Delimitación de contenido

La investigación estuvo orientada a evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en el reservorio de la localidad El Progreso mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados, comparando los resultados obtenidos con los LMP establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, referente a la Calidad del Agua para consumo.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos se consideraron el potencial de

hidrógeno (pH), turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza, cloruros, nitratos y nitritos. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se evaluaron coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas. Asimismo, se determinó la concentración de metales pesados presentes en la muestra de agua analizada.

La investigación se limitó a la caracterización de la calidad del agua en el reservorio objeto de estudio, sin abordar la identificación de fuentes específicas de contaminación, la evaluación de sistemas de tratamiento, el análisis de la percepción de los usuarios sobre la calidad del agua ni la determinación de relaciones causa-efecto entre actividades antrópicas y la presencia de contaminantes, los resultados obtenidos constituyen una evaluación puntual de las condiciones de calidad del agua durante el periodo de estudio.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la calidad del agua destinada al consumo humano en el reservorio de la localidad El Progreso, distrito y provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, durante el periodo 2024, considerando los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida los parámetros fisicoquímicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?
- ¿En qué medida los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024,

cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?

- ¿En qué medida los parámetros correspondientes a metales evaluados en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua para consumo humano en el reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales, y su comparación con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, mediante su comparación con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.
- Evaluar los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, mediante su comparación con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.
- Evaluar los parámetros correspondientes a metales presentes en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, mediante su comparación con los Límites Máximos

Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica desde una perspectiva técnica, social y ambiental, en concordancia con la delimitación de contenido, la cual comprende el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de metales pesados en el reservorio de la localidad El Progreso.

Justificación técnica

Desde el punto de vista técnico, el estudio permite disponer de información actualizada y sistematizada sobre la calidad del agua almacenada en el reservorio de la localidad El Progreso, ante la ausencia de información técnica confiable sobre sus características fisicoquímicas, microbiológicas y de metales pesados. El análisis de los parámetros seleccionados y su comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.° 031-2010-SA) y con los valores guía de la Organización Mundial de la Salud proporciona evidencia objetiva sobre el grado de cumplimiento de los estándares sanitarios vigentes. Dicha evidencia puede constituir una línea base técnica para futuras evaluaciones y para el fortalecimiento de los procesos de tratamiento, desinfección y control de calidad del sistema de abastecimiento.

Justificación social

Desde el punto de vista social, se justifica porque el agua evaluada es un recurso principal destinado al consumo humano de la población de la localidad El Progreso, una localidad rural cuyo sistema de abastecimiento presenta limitaciones de monitoreo continuo. El acceso a agua segura constituye un derecho humano fundamental y un determinante directo de la salud pública; por ello, conocer las condiciones sanitarias del

agua almacenada permite prevenir enfermedades de origen hídrico y proteger el bienestar de las familias que dependen de este recurso para actividades esenciales como el consumo directo, la preparación de alimentos y el aseo doméstico. Asimismo, los resultados obtenidos constituyen información de utilidad para que las autoridades locales, la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) y demás entidades responsables del sistema de abastecimiento sustenten la toma de decisiones orientadas a mejorar la calidad del servicio brindado a la comunidad, contribuyendo de este modo a reducir la vulnerabilidad sanitaria de la población y a fortalecer la confianza social en el recurso hídrico que consume.

Justificación ambiental

Desde el punto de vista ambiental, el reservorio evaluado forma parte del sistema hídrico local ubicado en un entorno de alta biodiversidad, correspondiente a la vertiente oriental de los Andes centrales, en las inmediaciones del Bosque de Protección de Oxapampa-Ashaninka. La generación de información sobre las condiciones fisicoquímicas, microbiológicas y de metales pesados del agua almacenada contribuye a la gestión ambientalmente responsable del recurso hídrico, en la medida en que permite identificar tempranamente posibles alteraciones en su calidad y sustentar acciones de protección de la fuente y de las áreas de captación frente a factores naturales o antrópicos del entorno, tales como la escorrentía superficial, la actividad agrícola y la deforestación. De esta manera, el estudio aporta evidencia que favorece la conservación del recurso hídrico y su uso sostenible, en línea con la normativa ambiental nacional y con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, referido al acceso al agua limpia y al saneamiento.

Relevancia sanitaria y metodológica

La relevancia sanitaria del estudio radica en que la calidad del agua para

consumo humano debe verificarse considerando de manera conjunta sus características fisicoquímicas, microbiológicas y químicas. Particularmente, la evaluación de los parámetros microbiológicos permite identificar condiciones que podrían comprometer la calidad sanitaria del agua, mientras que el análisis de metales permite verificar que sus concentraciones se encuentren dentro de los límites establecidos. De esta manera, la información generada contribuye al conocimiento de las condiciones sanitarias, sociales y ambientales asociadas al agua almacenada en el reservorio al momento del muestreo.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación aplica procedimientos de toma de muestra, medición y análisis de laboratorio para obtener información cuantitativa de los parámetros seleccionados. Los resultados son organizados y contrastados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa aplicable, manteniendo correspondencia entre la variable calidad del agua, sus dimensiones, los indicadores analizados y los objetivos planteados en la investigación.

Finalmente, los resultados constituyen una referencia técnica, social y ambiental para posteriores evaluaciones de la calidad del agua en el reservorio de El Progreso y pueden contribuir a orientar futuras acciones de monitoreo y control. Cabe precisar que, al corresponder a una evaluación puntual, sus resultados describen las condiciones de la muestra analizada durante el periodo de estudio y no pretenden identificar las fuentes de contaminación, evaluar impactos ambientales, determinar relaciones de causa-efecto ni analizar la percepción de la población usuaria.

1.6. Limitaciones de la investigación

La principal limitación de la investigación estuvo relacionada con el número de muestras disponibles para evaluar la calidad del agua del reservorio de la localidad El Progreso, el estudio se realizó a partir de una única muestra de agua recolectada durante

el mes de diciembre de 2024, sobre la cual se efectuaron los análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales considerados en la investigación.

Esta condición limita la representatividad temporal de los resultados, debido a que una única muestra no permite determinar posibles variaciones de la calidad del agua asociadas a diferentes periodos o condiciones estacionales. En consecuencia, los resultados obtenidos representan las características de la muestra analizada y las condiciones existentes al momento de su recolección, por lo que no permiten establecer tendencias temporales ni generalizar el comportamiento de los parámetros evaluados durante todo el año 2024.

Asimismo, debido al alcance descriptivo de la investigación, el estudio se limitó a determinar los valores de los parámetros seleccionados y compararlos con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente para agua destinada al consumo humano. Por consiguiente, no se evaluaron las fuentes u origen de los parámetros que presentaron incumplimiento, ni se establecieron relaciones de causa-efecto entre los resultados obtenidos y las actividades naturales o antrópicas desarrolladas en el entorno del reservorio.

A pesar de estas limitaciones, los análisis realizados permiten disponer de información técnica sobre las condiciones fisicoquímicas, microbiológicas y de los metales evaluados en la muestra recolectada, constituyendo una referencia puntual sobre la calidad del agua del reservorio de la localidad El Progreso durante el momento de evaluación, los resultados obtenidos pueden servir como antecedente para posteriores investigaciones que incorporen un mayor número de muestras, diferentes periodos de evaluación y diseños de monitoreo que permitan analizar la variabilidad temporal de la calidad del agua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Antecedentes internacionales

El estudio realizado por Al-Khatib et al. (2023) evaluó la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua doméstica en la gobernación de Jenin, Palestina, mediante la medición de parámetros fisicoquímicos, químicos y microbiológicos los cuales fueron comparados con estándares nacionales e internacionales. El estudio fue cuantitativo con un diseño observacional descriptivo, basado en el análisis de muestras de agua de diversas fuentes domésticas teniendo como muestra varias fuentes de agua en la gobernación.

Los resultados obtenidos demostraron que los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua se mantenían dentro de los límites aceptables, aunque los valores de sólidos disueltos totales (TDS), dureza y calcio fueron moderadamente altos en algunas muestras; el análisis microbiológico reveló que varios sitios tenían niveles inaceptables de coliformes fecales, sugiriendo contaminación fecal de las fuentes de agua en algunas áreas, en cuanto a las conclusiones se destaca la importancia de implementar

tratamientos biológicos y mejoras en la infraestructura de alcantarillado para reducir la contaminación microbiológica en las fuentes de agua, que son esenciales para mejorar la calidad del agua potable.

Latif et al. (2024) evaluó la calidad del agua potable en áreas urbanas de Lahore, Pakistán utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Contaminación Sintético (SPI), combinados con un enfoque de sistemas de información geográfica (SIG) para evaluar espacialmente la distribución de la calidad del agua. Se trató de un estudio descriptivo observacional con enfoque cuantitativo, tomando 50 muestras de agua de dos zonas urbanas específicas.

Los resultados mostraron que en términos de parámetros fisicoquímicos, los niveles de temperatura, pH y oxígeno disuelto (DO) se mantuvieron dentro de los valores recomendados por la OMS; pero los TDS mostraron una variabilidad considerable, el ICA resultó ser más bajo en las zonas de mayor contaminación, indicando que el agua en algunas partes no es apta para el consumo humano; en cuanto a los resultados microbiológicos, se encontraron niveles elevados de coliformes fecales y E. coli, lo que sugiere una contaminación fecal en las fuentes de agua analizadas; concluyendo así que el agua potable en ciertas áreas de Lahore no cumple con los estándares internacionales de calidad, subrayando la necesidad de mejorar el tratamiento del agua y la infraestructura de saneamiento.

Hernandez et al., (2021) realizaron un estudio sobre la calidad del agua en la Quebrada Jui, un afluente del río Sinú en la región Caribe de Colombia para determinar el ICA en este recurso hídrico y analizar la relación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las fuentes de contaminación antropogénica a fin de identificar el origen de la contaminación en la quebrada. Este estudio acogió un enfoque cuantitativo con diseño experimental descriptivo, empleando métodos estandarizados

de la American Public Health Association (APHA) y las muestras fueron tomadas en seis estaciones de monitoreo durante los periodos seco y húmedo del año 2018.

Los resultados obtenidos mostraron un ICA promedio de 74,1, lo que clasificó la fuente hídrica como de buena calidad en la mayoría de las estaciones, concluyendo que las principales fuentes de contaminación del agua provenían de aguas residuales domésticas, la escorrentía agrícola, las excretas del ganado porcino y la minería de arena y resaltando la influencia directa de las actividades humanas sobre la calidad del agua en la región.

Sánchez y Guangasig (2023) llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue establecer la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano en Ecuador, mediante una revisión bibliográfica de artículos publicados en los cinco años anteriores. Fue un estudio documental orientado al análisis retrospectivo de la literatura científica sobre parámetros microbiológicos del agua, su relación con normas de calidad y las enfermedades transmitidas por el agua.

Entre los resultados, los autores reportan que según datos oficiales, sólo el 67,8% del agua consumida en Ecuador fue clasificada como segura y un 73,4% presentó buena calidad microbiológica, mientras que el 20,7% de las fuentes fueron consideradas poco seguras para consumo humano, en la literatura se detectó la presencia de coliformes fecales, *E. coli*, *Shigella*, *Salmonella* y parásitos como *Giardia lamblia* dejando evidencia de que el agua no siempre cumple con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108-2020, la cual exige ausencia de coliformes fecales y totales (< 1,1 NMP/100 mL); la contaminación microbiológica del agua está estrechamente asociada a la insuficiencia de infraestructura de saneamiento, la carencia de tratamiento de aguas residuales y la persistente vulnerabilidad de poblaciones rurales y periféricas.

Antecedentes nacionales

Gutiérrez y Quispe (2024) abordaron el problema de la contaminación de las cuencas superficiales como resultado de vertimientos municipales sin tratamiento, con el objeto de aplicar el ICA mediante la metodología del Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME-WQI) a los datos de monitoreo de calidad del agua entre los años 2015 y 2020 para las subcuencas Shullcas y Achamayo, por medio de un enfoque cuantitativo, descriptivo-observacional, con diseño longitudinal secundario donde la población objetivo la constituyeron las estaciones de muestreo ubicadas en ambas subcuencas, sin que se precisara un conteo exacto de las muestras individuales en el artículo.

Los resultados mostraron que la subcuenca Shullcas obtuvo un valor de ICA-CCME de 46,2 correspondiente a una calidad de agua clasificada como "marginal", atribuible científicamente a las elevadas concentraciones de coliformes termotolerantes y Escherichia coli*;* por su parte, la subcuenca Achamayo alcanzó un ICA-CCME de 67,8, clasificado como regular, determinando que el peor desempeño de Shullcas estaba relacionado con los vertimientos municipales y la falta de tratamiento de aguas residuales, por lo que se advierte que las cuencas analizadas presentan niveles de calidad del agua que no son adecuados para el consumo humano sin tratamiento previo y se recomienda la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, con tecnologías como lodos activados o biorreactores de lecho móvil (MBBR) así como un fortalecimiento del monitoreo hidrológico y la gestión interinstitucional de ambos sistemas hídricos.

Chávez et al. (2022) analizó la calidad del agua de consumo humano en la ciudad de Huancavelica–Perú, con el propósito de determinar los niveles de contaminación mediante la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos

para confirmar si el agua suministrada en diferentes zonas urbanas cumple con los estándares de potabilidad establecidos por la normativa nacional, fue una exploración cuantitativa, observacional y descriptiva, en la que se recolectaron muestras de agua de consumo humano en varios puntos de la ciudad para su análisis de laboratorio.

Esta investigación demostró que algunos parámetros fisicoquímicos estaban dentro de los rangos aceptables, pero se identificaron deficiencias en parámetros microbiológicos, lo cual indicaba presencia de contaminación, lo que plantea que pese a avances en el tratamiento del agua en la ciudad de Huancavelica, persisten brechas importantes en materia de calidad microbiológica del agua de consumo humano, siendo necesario fortalecer los sistemas de tratamiento de agua, mejorar el monitoreo regular y adoptar medidas correctivas para garantizar la inocuidad del recurso hídrico.

Ichiparra (2023) investigó la calidad del agua de consumo humano en el centro poblado Los Olivos – Provincia Barranca, con el fin de evaluar los fisicoquímicos y microbiológicos del agua y determinar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos para consumo humano. Fue un estudio descriptivo - cuantitativo, tomando muestras en dos puntos de muestreo (estación AG-Captación y estación AG-GR) en los meses de mayo y julio.

Los resultados obtenidos indicaron que la turbidez del agua y los parámetros microbiológicos como coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia coli superaron los LMP y los estándares de calidad ambiental (ECA) en ambas estaciones, registrando valores de turbidez de 162.10 NTU en la estación AG-Captación y 432 NTU en la estación AG-GR, mientras que en julio los valores fueron de 51.20 NTU en AG-Captación y 12.5 NTU en AG-GR, todos ellos por encima del límite permitido de 5 NTU; el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) en mayo fue de 20.7 mg/l, también superando el límite normativo de 10 mg/l; en cuanto a los parámetros

microbiológicos.

Los resultados de mayo indicaron una concentración de 92,000 NMP/100ml para los coliformes totales en la estación AG-Captación y 102 UFC/100ml en AG-GR, con valores que en julio disminuyeron a 9,200 NMP/100ml en AG-Captación; los niveles de coliformes termotolerantes y Escherichia coli también superaron los estándares establecidos por la OMS para agua potable, con los valores más altos alcanzando 14,000 NMP/100ml en mayo; concluyendo de este modo que el agua que consume la población del centro poblado Los Olivos no cumple con los requisitos fisicoquímicos ni microbiológicos necesarios para ser considerada segura para el consumo humano.

Velásquez (2024) evaluó la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Viluyo, para determinar si el agua que consumen los habitantes de es apta, mediante un análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que pudieran compararse con los LMP establecidos por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, se utilizó una metodología cuantitativa – descriptiva. Los resultados revelaron que los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos fueron: temperatura=7.50 °C, conductividad eléctrica = 131.55 µS/cm, Ph = 7.40, turbidez = 0.36 NTU, cloro = 0.01 mg/L, hierro = 0.12 mg/L, magnesio = 16.0 mg/L; el parámetro microbiológico de coliformes totales fue igual a 0 NMP/100 mL; lo que cumple con los estándares vigentes para agua potable, concluyendo que el agua en Viluyo es apta para consumo humano.

Mayta (2023) en su investigación titulada “Caracterización de coliformes totales, fecales y elementos metálicos del agua que consume el asentamiento humano Allaucán - Mocra, distrito Tomayquichua, Ambo - Huánuco comparado con lo requerido en el D.S. 031-2010-SA entre noviembre 2022 y febrero 2023”, tuvo como

objetivo evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. En cuanto a los resultados de los parámetros inorgánicos, se identificó que las concentraciones de hierro y plomo superaron los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, registrándose concentraciones máximas de 0,856 mg/L en el caso del hierro y 0,436 mg/L para el plomo, mientras que el manganeso, cobre, zinc y cadmio se mantuvieron dentro de los valores permitidos.

2.2. Bases teóricas – científicas

Calidad del agua para consumo humano

La calidad del agua para consumo humano se define como la condición en la cual el recurso hídrico cumple con los estándares físicos, químicos, microbiológicos y radiológicos que garantizan su inocuidad para el uso humano, incluyendo beber, cocinar y otras actividades domésticas (Kılıç, 2020); el ICA agrupa factores físicos, químicos y biológicos, evidenciando que la calidad del agua no puede entenderse como un atributo sino como un conjunto multidimensional (Chidiac et al., 2023). Entre tanto, la calidad del agua implica tanto la ausencia de contaminantes peligrosos como el mantenimiento de condiciones que no representen riesgo para la salud o para el ecosistema, lo cual refuerza la idea de que la calidad del agua debe medirse mediante múltiples tipos de parámetros (Al-Khatib et al., 2023).

Enfoque de gestión de riesgos para la calidad del agua

La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2022) recomienda abordar la calidad del agua para consumo humano desde un enfoque preventivo de gestión de riesgos, conocido como Planes de Seguridad del Agua (Water Safety Plans), el cual integra la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y el establecimiento de medidas de control a lo largo de todo el sistema de abastecimiento, desde la fuente hasta

el punto de consumo. Este enfoque reconoce que la calidad del agua no puede garantizarse evaluando un único grupo de parámetros de manera aislada, sino que requiere el análisis conjunto de sus dimensiones física, química y microbiológica (Chidiac et al., 2023).

En este marco, los parámetros fisicoquímicos permiten caracterizar las propiedades generales del agua y detectar alteraciones que podrían afectar su aceptabilidad o su seguridad; los parámetros microbiológicos posibilitan identificar la presencia de microorganismos indicadores de riesgo sanitario; y los parámetros de metales permiten verificar que las concentraciones de elementos químicos de relevancia toxicológica se mantengan dentro de los valores guía establecidos. La presente investigación adopta este enfoque integral, evaluando de manera conjunta estos tres grupos de parámetros y comparándolos con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.° 031-2010-SA) y con los valores guía de la Organización Mundial de la Salud.

Parámetros fisicoquímicos del agua

Son aquellos indicadores que describen las características físicas y químicas del agua, estos son esenciales para evaluar la calidad del agua, ya que permiten determinar su aptitud para el consumo humano y su impacto sobre la salud pública (Fetrat y Islam, 2024); adicionalmente miden propiedades como la temperatura, pH, turbidez, concentración de metales pesados, oxígeno disuelto y otros componentes que influyen tanto en la salud humana como en la preservación del ecosistema acuático; y se dividen en físicos, que están relacionados con las propiedades físicas del agua y químicos, que están relacionados con su composición química.

Según la OMS, la calidad del agua se evalúa en función de la ausencia de contaminantes microbiológicos, pero también se debe considerar la presencia de

sustancias químicas que puedan resultar tóxicas, como los metales pesados (por ejemplo, mercurio y plomo) o el exceso de nitratos (WHO, 2022); los parámetros fisicoquímicos permiten detectar la contaminación del agua y proporcionar información sobre el estado ecológico de los cuerpos de agua.

Tabla 1. *Parámetros fisicoquímicos del agua*

Parámetro	Descripción	Relevancia en la calidad del agua
pH	Mide la acidez o alcalinidad del agua, con un rango de 0 a 14, donde 7 es neutral. Valores fuera de este rango indican contaminación.	Un pH extremo puede afectar la salud humana y la capacidad de los organismos acuáticos para sobrevivir. El pH ideal para agua potable debe estar entre 6.5 y 8.5.
Turbidez	Mide la claridad del agua, reflejando la presencia de partículas suspendidas.	El exceso de turbidez puede indicar la presencia de contaminantes orgánicos o inorgánicos. Un agua turbia dificulta la desinfección y el consumo seguro.
Temperatura	Mide la temperatura del agua. Este parámetro influye en la solubilidad de gases y metales.	El agua a temperaturas altas puede disminuir los niveles de oxígeno disuelto, afectando tanto la salud humana como los ecosistemas acuáticos.
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	Mide la concentración de todas las sustancias disueltas en el agua.	Valores altos de TDS pueden indicar la presencia de contaminantes químicos (afecta sabor, estética y salubridad).
Oxígeno Disuelto (DO)	Mide la cantidad de oxígeno presente en el agua, necesario para la respiración de organismos acuáticos.	El oxígeno disuelto es vital para la vida acuática. Un bajo nivel de oxígeno puede afectar la biodiversidad acuática y la potabilidad del agua.
Metales Pesados (Hg, Pb, Cd)	Incluye metales como el mercurio, plomo y cadmio, que pueden ser tóxicos incluso en bajas concentraciones.	Los metales pesados son altamente tóxicos para los seres humanos y los ecosistemas. La presencia de estos metales en el agua puede causar efectos nocivos a la salud.
Nitratos y Fosfatos	Compuestos que provienen principalmente de fertilizantes y aguas residuales, y pueden contaminar fuentes de agua por	El exceso de nitratos puede causar methemoglobinemia o "síndrome del bebé azul", afectando la capacidad del organismo para transportar oxígeno.

Parámetro	Descripción	Relevancia en la calidad del agua
	escorrentía.	
Conductividad Eléctrica (CE)	Mide la capacidad del agua para conducir electricidad, lo que indica la concentración de sales disueltas.	Un aumento en la conductividad indica una mayor concentración de contaminantes como sales y metales pesados.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD)	Mide la cantidad de oxígeno que los microorganismos consumen al descomponer materia orgánica en el agua.	La BOD alta indica una gran cantidad de materia orgánica en el agua, lo que puede reducir los niveles de oxígeno y afectar la calidad del agua.
Demanda Química de Oxígeno (COD)	Mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar completamente los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua.	La COD elevada indica un alto grado de contaminación orgánica e inorgánica, lo que afecta tanto la calidad del agua como la capacidad de tratamiento y desinfección.

Nota. Adaptado de WHO (2022).

Parámetros microbiológicos del agua

Los parámetros microbiológicos del agua son aquellos que permiten medir la presencia de microorganismos patógenos, como bacterias, virus y parásitos, que pueden representar un grave riesgo para la salud humana; estos son indicadores clave para evaluar la aptitud del agua para el consumo humano, considerando que muchos de ellos son responsables de enfermedades transmitidas por el agua (ETAs), como diarrea, cólera, fiebre tifoidea y disentería (Wen et al., 2020).

La calidad microbiológica del agua es un indicador crucial, ya que el consumo de agua contaminada con patógenos puede provocar brotes epidémicos, especialmente en áreas con infraestructura deficiente de saneamiento, los coliformes fecales y *Escherichia coli* son los principales indicadores microbiológicos utilizados para evaluar la contaminación fecal del agua (WHO, 2022); estos indican la presencia de contaminación reciente y sirven como indicadores de otros patógenos potenciales, aunque no siempre reflejan directamente su concentración. Los parámetros

microbiológicos se complementan con los fisicoquímicos, ya que aunque el agua esté libre de contaminantes fisicoquímicos, puede contener microorganismos patógenos que no son detectables sin un análisis microbiológico adecuado (Al-Khatib et al., 2023).

Tabla 2. *Parámetros microbiológicos del agua*

Parámetro	Descripción	Relevancia en la calidad del agua
Coliformes totales	Grupo de bacterias que incluye a los coliformes fecales. La presencia de coliformes totales indica contaminación orgánica.	Los coliformes totales no son necesariamente patógenos, pero su presencia indica contaminación por microorganismos fecales.
Coliformes fecales	Bacterias del grupo Enterobacteriaceae que están presentes en las heces de animales y humanos. Su presencia indica contaminación fecal reciente.	Los coliformes fecales son un indicador directo de contaminación fecal y la posible presencia de patógenos como *E. coli*, Salmonella, y virus entéricos, que son peligrosos para la salud humana.
Escherichia coli (E. coli)	Bacteria intestinal que se encuentra en el tracto digestivo de los humanos y otros animales de sangre caliente. Algunas cepas son patógenas.	E. coli es un indicador altamente específico de contaminación fecal reciente. Algunas cepas pueden causar enfermedades graves como diarrea, cólera, y hemorragias.
Enterococos	Bacterias del grupo de los enterococos que se encuentran en el intestino de los humanos y otros animales de sangre caliente.	Los enterococos son indicadores confiables de contaminación fecal. Su presencia en el agua sugiere un alto riesgo de patógenos asociados a las heces.
Clostridium perfringens	Bacteria anaeróbica ubicada en el intestino de humanos y animales. Su presencia en el agua puede indicar contaminación fecal antigua o persistente.	*Clostridium perfringens* es un indicador de contaminación fecal persistente, lo que señala la posibilidad de patógenos en el agua, aunque puede no ser patógena por sí misma.
Giardia lamblia	Parásito intestinal que puede contaminar el agua a través de la ingestión de quistes.	*Giardia* puede causar giardiasis, una enfermedad que produce diarrea y malestar estomacal. Su presencia indica que el agua puede estar contaminada por parásitos.
Cryptosporidium	Parásito microscópico que también se transmite a través del agua contaminada por heces.	*Cryptosporidium* es un parásito resistente a muchos desinfectantes convencionales, lo que presenta un riesgo significativo en

Parámetro	Descripción	Relevancia en la calidad del agua
		fuentes de agua no tratadas adecuadamente.
Virus entericos (*Norovirus*)	Virus que afectan principalmente el sistema gastrointestinal y pueden estar presentes en el agua debido a la contaminación fecal.	Los virus entéricos, como el *Norovirus*, pueden causar brotes de enfermedades gastrointestinales y respiratorias. Se asocian con la ingestión de agua contaminada por heces.

Nota. Adaptado de WHO (2022).

Parámetros de metales presentes en el agua para consumo humano

Los metales constituyen uno de los grupos de parámetros químicos considerados en la evaluación de la calidad del agua para consumo humano, debido a que algunos de ellos, en concentraciones que excedan los valores establecidos por la normativa sanitaria, pueden representar un riesgo para la salud de la población (WHO, 2022). La Organización Mundial de la Salud clasifica estos elementos según su relevancia sanitaria y establece valores guía basados en evidencia toxicológica, con el propósito de garantizar que el agua destinada al consumo humano no represente un riesgo significativo para la salud a lo largo de la vida.

En el Perú, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.° 031-2010-SA) establece los Límites Máximos Permisibles para diecinueve parámetros químicos inorgánicos, entre ellos antimonio, arsénico, bario, boro, cadmio, cianuro, cromo total, flúor, mercurio, níquel, nitratos, nitritos, plomo, selenio, molibdeno y uranio, cuyo cumplimiento constituye uno de los criterios centrales para determinar la aptitud sanitaria del agua evaluada en la presente investigación. La determinación de estos parámetros permite conocer, de manera objetiva, si las concentraciones presentes en el agua se encuentran dentro de los rangos considerados seguros, sin que ello implique necesariamente la existencia de un proceso de contaminación activa, dado que algunos elementos, como el hierro, el manganeso o el

aluminio, pueden encontrarse de forma natural en el agua como resultado de la composición geológica del entorno (WHO, 2022).

A continuación, se describen los metales considerados como parámetros de evaluación en la presente investigación y su relevancia sanitaria.

Tabla 3. *Parámetros de metales evaluados en el agua para consumo humano*

Parámetro	Descripción	Relevancia sanitaria en la evaluación del agua
Mercurio (Hg)	Elemento químico que puede encontrarse en el agua en forma inorgánica; constituye uno de los parámetros de significancia sanitaria establecidos por la normativa.	Su determinación permite verificar que las concentraciones se mantengan por debajo del valor guía establecido, dado que una exposición prolongada por encima de dicho valor puede afectar el sistema nervioso y la función renal.
Plomo (Pb)	Elemento que puede estar presente en el agua debido a materiales de conducción o almacenamiento del sistema de abastecimiento.	Su cuantificación es relevante porque concentraciones superiores al LMP pueden asociarse a riesgos neurológicos, siendo la población infantil y las gestantes los grupos de mayor vulnerabilidad.
Arsénico (As)	Elemento de origen natural o antropogénico, presente en algunas fuentes de agua subterránea y superficial.	Se evalúa por su relevancia sanitaria a largo plazo, dado que la normativa nacional e internacional establece un valor guía específico para este parámetro.
Cobre (Cu)	Elemento esencial para el organismo humano en concentraciones bajas.	Se incluye como parámetro de evaluación porque concentraciones elevadas pueden afectar las características organolépticas del agua y, en niveles muy superiores al LMP, ocasionar alteraciones gastrointestinales.
Cadmio (Cd)	Elemento químico sin función biológica conocida en el organismo humano.	Su evaluación reviste particular relevancia sanitaria, debido a que la normativa nacional e internacional establece un valor guía estricto (0,003 mg/L), dada su capacidad de

Parámetro	Descripción	Relevancia sanitaria en la evaluación del agua
		acumulación en riñones y huesos.
Cromo (Cr)	Elemento que puede presentarse en dos estados de oxidación: cromo trivalente y cromo hexavalente.	Se evalúa como cromo total conforme a la normativa nacional, dado que el cromo hexavalente presenta mayor relevancia toxicológica.
Níquel (Ni)	Elemento que puede estar presente en trazas en fuentes de agua naturales.	Se incluye como parámetro de evaluación por su valor guía establecido en la normativa, asociado a posibles efectos alérgicos o tóxicos en concentraciones elevadas.
Aluminio (Al)	Elemento de amplia presencia natural en el ambiente, frecuentemente relacionado con procesos de tratamiento del agua.	La normativa lo considera principalmente como parámetro de aceptabilidad operacional, más que como un valor guía sanitario estricto.

Nota. Elaborado a partir de WHO (2022) y del D.S. N.° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2010).

La evaluación conjunta de estos parámetros, en el marco de la presente investigación, permite determinar el grado de cumplimiento del agua del reservorio de la localidad El Progreso respecto de los Límites Máximos Permisibles establecidos para metales, sin que ello implique un diagnóstico sobre el origen o las fuentes de dichos elementos, aspecto que se encuentra fuera del alcance de este estudio conforme a su delimitación de contenido.

Metales y elementos inorgánicos en el agua para consumo humano

Los metales y otros elementos inorgánicos forman parte de los componentes químicos considerados en la evaluación de la calidad del agua para consumo humano. Su análisis permite determinar las concentraciones presentes y contrastarlas con los

criterios sanitarios correspondientes. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) establece orientaciones para la identificación de peligros químicos y la gestión de riesgos en los sistemas de abastecimiento, considerando la protección de la salud desde la captación hasta el consumidor. En este contexto, la evaluación de los elementos inorgánicos complementa la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua.

Para efectos de esta investigación, se utiliza la denominación "metales y elementos inorgánicos", debido a que el conjunto analizado comprende elementos de distinta naturaleza química. La evaluación incluye aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, selenio, sodio, uranio y zinc. Esta denominación permite describir el grupo evaluado sin clasificar indiscriminadamente todos sus componentes como metales pesados.

Presencia de metales en los sistemas de abastecimiento

La interpretación de los metales presentes en el agua requiere considerar tanto las posibles aportaciones a la fuente como los materiales empleados en el sistema de abastecimiento. Por ejemplo, la OMS (2017) señala que el cadmio puede incorporarse mediante aguas residuales, contaminación asociada con fertilizantes e impurezas presentes en tuberías galvanizadas y determinados accesorios metálicos. En el caso del plomo, su presencia en el agua de consumo puede relacionarse con la corrosión de tuberías, soldaduras y accesorios que contienen este elemento. Estas posibilidades constituyen antecedentes teóricos y no demuestran el origen de los elementos identificados en el reservorio estudiado.

La liberación de plomo desde los materiales del sistema depende de factores como el pH, la temperatura, la alcalinidad y el tiempo de contacto del agua con las instalaciones. Por ello, las concentraciones pueden variar entre puntos y condiciones de muestreo. La evaluación de una muestra permite conocer la concentración encontrada

en el punto y momento analizados, pero la identificación de su procedencia requiere una investigación específica del sistema (OMS, 2017).

Importancia sanitaria del cadmio

El cadmio constituye un elemento de interés sanitario por su capacidad de acumularse principalmente en los riñones y por su prolongada permanencia en el organismo. La OMS (2017) identifica al riñón como el principal órgano afectado por su toxicidad y establece un valor guía de 0,003 mg/L para el agua de consumo humano. Su determinación resulta relevante para detectar concentraciones que requieran verificación y control, especialmente cuando se evalúan posibles exposiciones prolongadas. Sin embargo, una concentración medida en el agua no permite demostrar, por sí sola, la existencia de daño renal en la población.

Importancia sanitaria del plomo

El plomo es un peligro químico prioritario en la vigilancia del agua para consumo humano. La exposición a este elemento se asocia con efectos sobre el desarrollo neurológico, particularmente en fetos, lactantes y niños. La OMS (2017) mantiene un valor guía provisional de 0,010 mg/L, basado en consideraciones de factibilidad analítica y de tratamiento, y recomienda conservar sus concentraciones tan bajas como sea razonablemente posible. Este valor no debe interpretarse como un umbral que garantice ausencia de efectos adversos. Asimismo, la OMS (2022) destaca la necesidad de evaluar y gestionar los sistemas de abastecimiento cuando se detectan concentraciones elevadas.

Criterios normativos para la evaluación

En el Perú, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, establece límites para parámetros químicos inorgánicos y organolépticos. Los límites máximos permisibles

para cadmio y plomo son 0,003 mg/L y 0,010 mg/L, respectivamente. La comparación debe realizarse de manera individual, considerando la unidad de medida y el criterio correspondiente a cada parámetro (MINSA, 2010).

Origen natural y antrópico de los metales y metaloides en el agua

Los metales y metaloides presentes en los sistemas acuáticos pueden proceder de fuentes naturales y de actividades humanas. Kumar et al. (2022) explican que los procesos naturales incluyen la meteorización de rocas que contienen estos elementos y la actividad volcánica, mientras que las fuentes antrópicas comprenden actividades mineras, industriales y agrícolas, así como la disposición de residuos. Los lixiviados y las descargas de aguas residuales también pueden contribuir a su incorporación a los recursos hídricos. Por ello, su detección en el agua requiere considerar las características del entorno y las posibles vías de ingreso, sin atribuir automáticamente su presencia a una actividad específica.

Normativa legal

El marco legal regula la calidad del agua para asegurar que el recurso hídrico de consumo humano cumpla con los requisitos de seguridad sanitaria y ambiental establecidos por las autoridades competentes. A nivel internacional existen una serie de normativas y directrices establecidas por organismos como la OMS; mientras que a nivel nacional, cada país tiene su propia legislación que complementa y adapta estos estándares internacionales.

En el entorno peruano, existen varias normativas que establecen los LMP de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos en el agua potable. SUNASS (2023) es el organismo encargado de la regulación y supervisión de los servicios de agua y saneamiento. El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2022) y otras instituciones gubernamentales juegan un papel importante en la implementación de políticas de

gestión del agua.

Tabla 4. *Normativa legal*

Normativa	Descripción
Organización Mundial de la Salud	Directrices internacionales para calidad del agua potable, incluyen límites para parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
Directrices para la Calidad del Agua Potable	Publicación periódica de la OMS que detalla los estándares y directrices sobre la calidad del agua potable, incluidos los metales pesados, bacterias, y virus.
Código Sanitario Internacional (2005)	Regula la salud pública mundial, incluidas las aguas y el saneamiento.
Decreto Supremo N° 031-2010-SA (Perú)	Establece los LMP de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos en el agua potable para consumo humano en Perú.
Norma Técnica N° 202-2016-VIVIENDA	Regula los estándares de calidad del agua para el consumo humano, incluyendo los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.
Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos	Regula el uso y conservación de los recursos hídricos en Perú, promoviendo su gestión sostenible y protegiendo su calidad.
Ley N° 30230 – Ley de Promoción de la Inversión en Infraestructura	Incluye disposiciones sobre la mejora de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales y el acceso a agua potable en zonas rurales.
Reglamento de la Ley General de Salud (Perú)	Regula las condiciones sanitarias para garantizar el acceso a agua potable segura y la protección de la salud pública.
Norma Técnica de Calidad Ambiental – Calidad del Agua (Perú)	Establece los estándares para la calidad del agua en cuerpos de agua destinados a consumo humano, priorizando la salud pública.

Nota. Elaboración propia.

2.3. Definición de términos básicos

a. Agua para consumo humano: se refiere al conjunto de características físicas, químicas, microbiológicas y, cuando corresponde, radiológicas que determinan la aptitud del recurso hídrico para un uso determinado. Su evaluación permite identificar la presencia y concentración de sustancias o microorganismos que

podrían afectar la salud humana o los ecosistemas. Desde un enfoque de salud pública, la Organización Mundial de la Salud plantea que la calidad del agua potable debe gestionarse mediante la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y el establecimiento de objetivos de protección de la salud; en el Perú, esta gestión se encuentra regulada mediante disposiciones que establecen parámetros y límites para garantizar la inocuidad del agua destinada al consumo humano (WHO, 2020;

b. Parámetros fisicoquímicos: Son indicadores que permiten caracterizar las propiedades físicas y químicas del agua y determinar posibles modificaciones de su composición. Entre estos se encuentran, según el propósito de la evaluación, el pH, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza, alcalinidad y diferentes sustancias químicas inorgánicas y orgánicas. La determinación de estos parámetros constituye una herramienta para evaluar la calidad del agua y verificar su conformidad con los valores establecidos por las normas sanitarias o ambientales aplicables; para el agua destinada al consumo humano, la OMS recomienda un enfoque basado en riesgos que considere los diferentes peligros químicos y físicos que pueden afectar la seguridad del agua (WHO, 2020; MINSA, 2010).

c. pH: Mide el grado de acidez o alcalinidad del agua, es crucial para determinar su calidad, ya que influye en la vida acuática y en los procesos de tratamiento. En aguas residuales, debe mantenerse dentro de un rango específico para evitar daños al ecosistema y a infraestructuras (Castro et al., 2018).

d. Turbidez: Es un parámetro físico que expresa la disminución de la transparencia del agua ocasionada por la presencia de partículas suspendidas y coloidales, como arcillas, limos, materia orgánica y microorganismos. Su evaluación es importante

porque una turbidez elevada puede afectar las características organolépticas del agua y dificultar los procesos de desinfección, debido a que las partículas pueden proteger a los microorganismos frente a la acción del desinfectante. Por ello, la turbidez constituye un indicador relevante en la evaluación y control de la calidad del agua destinada al consumo humano (WHO, 2020).

e. Conductividad eléctrica: Es una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, propiedad relacionada principalmente con la presencia y concentración de iones disueltos. Por ello, puede utilizarse como un indicador indirecto de la cantidad de sustancias ionizadas presentes en el agua y como herramienta para identificar variaciones en su composición química. Su interpretación debe realizarse conjuntamente con otros parámetros, debido a que la conductividad por sí sola no permite determinar qué sustancias específicas se encuentran presentes (WHO, 2020).

f. Parámetros microbiológicos: Son indicadores utilizados para determinar la presencia, ausencia o concentración de microorganismos en el agua y evaluar el riesgo potencial asociado a la contaminación microbiológica. Entre estos parámetros se encuentran los organismos indicadores de contaminación fecal y otros grupos bacterianos empleados para evaluar las condiciones higiénico-sanitarias del agua. La evaluación microbiológica es fundamental para la protección de la salud pública, debido a que el agua contaminada con microorganismos patógenos puede constituir una vía de transmisión de enfermedades infecciosas (WHO, 2020).

g. Coliformes totales: constituyen un grupo de bacterias utilizado tradicionalmente como indicador de las condiciones microbiológicas del agua y de la posible contaminación ambiental. Su presencia no necesariamente demuestra

contaminación fecal, debido a que algunos microorganismos pertenecientes a este grupo pueden encontrarse naturalmente en el ambiente; por ello, su interpretación debe complementarse con otros indicadores microbiológicos, especialmente Escherichia coli, cuando se busca determinar contaminación de origen fecal. En el Reglamento peruano de calidad del agua para consumo humano se establecen parámetros microbiológicos y límites aplicables para garantizar la inocuidad del agua destinada al consumo humano (MINSA, 2010; WHO, 2020).

h. Escherichia coli: es una bacteria utilizada como indicador de contaminación fecal reciente y constituye uno de los principales microorganismos indicadores empleados en la evaluación de la seguridad microbiológica del agua destinada al consumo humano. Su detección indica la posible presencia de materia fecal y, por consiguiente, la posibilidad de que también estén presentes otros microorganismos patógenos de origen fecal. Por esta razón, la OMS considera que E. coli es un indicador fundamental para verificar la calidad microbiológica del agua potable (WHO, 2020).

i. Bacterias heterótrofas: Son microorganismos que utilizan compuestos orgánicos como fuente de carbono y energía para su crecimiento. El recuento de bacterias heterótrofas puede emplearse como un indicador general de la carga bacteriana y de los cambios en las condiciones microbiológicas del agua y de los sistemas de distribución. Sin embargo, este parámetro no constituye por sí mismo un indicador específico de contaminación fecal ni permite determinar directamente la presencia de microorganismos patógenos. En el contexto peruano, las bacterias heterotróficas se consideran dentro de los parámetros microbiológicos adicionales de control establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (MINSA, 2010).

j. Metales y elementos inorgánicos: comprenden sustancias químicas que pueden encontrarse naturalmente en las fuentes de agua o incorporarse como consecuencia de actividades antropogénicas, como la minería, industria, agricultura y disposición inadecuada de residuos. Algunos elementos, como hierro, manganeso, cobre y zinc, pueden ser esenciales para el organismo en determinadas cantidades, mientras que otros, como arsénico, plomo, cadmio y mercurio, pueden producir efectos adversos para la salud cuando la exposición supera determinados niveles. Por ello, la OMS establece valores guía para diversos contaminantes químicos inorgánicos y recomienda su control dentro de un enfoque de gestión de riesgos para el agua de consumo humano (WHO, 2020).

k. Límite máximo permisible (LMP): es el valor establecido por la normativa sanitaria que determina la concentración o nivel máximo aceptable de un determinado parámetro presente en el agua destinada al consumo humano. Su finalidad es establecer condiciones que permitan garantizar la inocuidad del agua y prevenir riesgos para la salud de la población. En el Perú, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, establece LMP para parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y radiactivos (MINSA, 2010).

l. Muestreo: es el procedimiento mediante el cual se seleccionan y recolectan muestras representativas de un cuerpo o sistema de abastecimiento de agua para su posterior análisis físico, químico o microbiológico. La calidad de los resultados depende, entre otros factores, de la selección adecuada del punto de muestreo, la frecuencia de recolección, el tipo de recipiente, las condiciones de conservación y el tiempo transcurrido hasta el análisis. En el caso del agua para consumo humano, el muestreo forma parte de las actividades de vigilancia y control de la calidad y

debe realizarse de manera que los resultados obtenidos representen adecuadamente las condiciones del agua evaluada (MINSA, 2010; WHO, 2020).

m. Sólidos disueltos totales (SDT): Corresponden al conjunto de sales, minerales y otras sustancias disueltas presentes en el agua, expresadas en mg/L. Su determinación permite conocer la concentración de materia disuelta, la cual puede influir en el sabor, la aceptabilidad y la conductividad eléctrica del agua; concentraciones elevadas pueden asociarse a la presencia de sales o compuestos químicos disueltos en la fuente de abastecimiento (Soaudy et al., 2023).

n. Agua no apta para consumo humano: Agua cuyas características fisicoquímicas, microbiológicas o de metales exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente, por lo que representa un riesgo para la salud de quienes la consumen (MINSA, 2010).

o. Coliformes termotolerante: Son bacterias que viven en los intestinos de animales de sangre caliente y que pueden sobrevivir a altas temperaturas; su presencia en el agua indica contaminación fecal reciente y un posible riesgo sanitario (Richiardi et al., 2023).

p. Algas: Organismos fotosintéticos de tamaño microscópico o macroscópico que pueden estar presentes en el agua almacenada, considerados dentro de los parámetros microbiológicos evaluados conforme al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.° 031-2010-SA). Su presencia se utiliza como indicador de las condiciones microbiológicas del agua y de la eficacia de los procesos de desinfección aplicados en el sistema de abastecimiento (MINSA, 2010).

q. Huevos de helmintos: Formas de resistencia de parásitos intestinales que pueden estar presentes en el agua como consecuencia de contaminación fecal. Su ausencia

constituye un requisito establecido en la normativa de calidad del agua para consumo humano, debido a que su presencia representa un riesgo directo para la salud de la población (MINSA, 2010).

r. Protozoarios patógenos: Microorganismos unicelulares capaces de causar enfermedades gastrointestinales cuando están presentes en el agua de consumo, tales como Giardia lamblia y Cryptosporidium. Su evaluación forma parte de los parámetros parasitológicos considerados en la normativa nacional de calidad del agua (WHO, 2022; MINSA, 2010).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La calidad del agua para consumo humano del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, presenta cumplimiento parcial de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente (031-2010-SA), considerando los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales evaluados.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Los parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, cumplen con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.
- Los parámetros microbiológicos evaluados en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, presentan cumplimiento parcial de los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.
- Los parámetros correspondientes a metales evaluados en el agua del

reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, presentan cumplimiento parcial de los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.

2.5. Identificación de variables

Variable: Calidad del agua para consumo humano.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 5. *Operacionalización de las variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Calidad del Agua	Conjunto de características fisicoquímicas, microbiológicas y de metales pesados que determinan si el agua es apta para el consumo humano.	Evaluación integral de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de metales pesados presentes en el agua del reservorio de la localidad El Progreso.	Parámetros fisicoquímicos	PH – Turbidez Color - Dureza Solidos disueltos totales Nitratos - Nitritos Sulfatos - Fluoruros Conductividad Eléctrica Cloro – Cloruros
			Parámetros microbiológicos	Coliformes totales Coliformes fecales Escherichia coli (E. coli) Heterotrofos - Helmitos Protozoarios - Algas
			Metales pesados	Mercurio (Hg) - Plomo (Pb) Arsénico (As) - Cobre (Cu) Cadmio (Cd) - Cromo (Cr) Níquel (Ni) - Aluminio (Al) Antimonio (Sb) - Bario (Ba) Hiero (Fe) - Manganeso (Mg) Molibdeno (Mo) Selenio (Se) - Sodio (Na) Uranio (U) - Zinc (Zn)

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, debido a que estuvo orientada a generar información técnica útil para la evaluación de la calidad del agua destinada al consumo humano en el reservorio de la localidad El Progreso, distrito y provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, la finalidad de la investigación aplicada es utilizar el conocimiento científico para resolver problemas concretos y contribuir a la toma de decisiones en contextos reales (Hernández et al., 2018).

Asimismo, corresponde a una investigación de campo, porque los datos fueron obtenidos directamente de la realidad mediante la toma de muestras de agua en el reservorio objeto de estudio y su posterior análisis en laboratorio.

De igual manera, la investigación es de carácter no experimental, ya que no existió manipulación deliberada de las variables estudiadas; únicamente se observaron y analizaron los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y las concentraciones de metales pesados presentes en el agua tal como se encontraron en su ambiente natural.

Finalmente, presenta un corte transversal, debido a que la recolección de

información se realizó en un único periodo de evaluación durante el año 2024, permitiendo determinar el estado de la calidad del agua en el momento del estudio.

3.2. Nivel de investigación

Se trato bajo un nivel descriptivo cuyo objetivo principal fue detallar las características de un fenómeno o situación específica, sin intervenir o manipular las variables involucradas, centrándose en observar, registrar y analizar las propiedades y cualidades del fenómeno tal como se presentó en su contexto natural, ofreciendo una descripción precisa y detallada de los hechos sin influir en ellos (Hernández et al., 2018).

Este nivel se aplicó para detallar las características fisicoquímicas y microbiológicas, como también la concentración de metales pesados en el agua de la localidad, se recolectaron muestras de agua de diversos puntos clave en el reservorio y se analizaron los parámetros relevantes, estos datos se recopilaron con el fin de describir la calidad del agua en su estado actual, sin realizar intervenciones ni modificaciones, permitiendo obtener una visión clara de las condiciones del agua disponible para el consumo humano.

3.3. Métodos de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo el método científico, entendido como un proceso sistemático y ordenado que permite obtener conocimientos objetivos y verificables mediante la observación, medición, análisis e interpretación de los fenómenos de estudio, según Hernández et al. (2018), el método científico constituye el conjunto de procedimientos lógicos y empíricos que orientan la generación de conocimiento a partir de la recolección y análisis de evidencias (Romero et al., 2021).

Asimismo, se empleó el método descriptivo, debido a que la investigación estuvo orientada a caracterizar y evaluar la calidad del agua para consumo humano en

el reservorio de la localidad El Progreso, mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados, este método permitió observar, registrar, analizar e interpretar los valores obtenidos para cada indicador de calidad del agua sin manipular las condiciones naturales del sistema evaluado.

El procedimiento metodológico comprendió la toma de muestras de agua en los puntos establecidos, el análisis de laboratorio de los parámetros seleccionados y la comparación de los resultados obtenidos con los LMP y valores de referencia establecidos en la normativa nacional vigente para agua destinada al consumo humano.

De acuerdo con Sánchez et al. (2018), el método descriptivo permite identificar y caracterizar las propiedades y condiciones de un fenómeno tal como ocurre en la realidad, proporcionando información objetiva para su comprensión y evaluación, sin establecer relaciones de causalidad entre variables.

3.4. Diseño de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental, debido a que no se realizó manipulación deliberada de la variable de estudio, limitándose a la observación, medición y análisis de los parámetros de calidad del agua en su contexto natural. Según Hernández et al. (2018), en los diseños no experimentales las variables se observan tal como ocurren en la realidad, sin que el investigador intervenga sobre ellas.

Asimismo, el estudio presentó un diseño transversal o transeccional, puesto que la recolección de datos se efectuó en un periodo determinado durante el año 2024, permitiendo evaluar el estado de la calidad del agua existente en el momento de la investigación.

De igual manera, corresponde a un diseño de campo, ya que las muestras fueron obtenidas directamente del reservorio de la localidad El Progreso para su posterior

análisis en laboratorio, permitiendo recopilar información real y objetiva sobre los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados presentes en el agua.

El diseño empleado permitió determinar y describir la calidad del agua para consumo humano mediante la comparación de los resultados obtenidos con los estándares establecidos en la normativa vigente para agua destinada al consumo humano.

Esquema del diseño:

M ——► O

Donde:

- M = Muestra de agua recolectada en el reservorio de la localidad El Progreso.
- O = Observación, medición y análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados para evaluar la calidad del agua para consumo humano.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de estudio corresponde al agua contenida en el reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, destinada al consumo humano durante el periodo 2024. Es decir, el conjunto de todas las unidades de agua que conforman dicho reservorio constituye la población sobre la cual se pretende evaluar la calidad en términos de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados. La población, según Tamayo y Tamayo (2004) es el total del fenómeno, el cual está compuesto de individuos que poseen algunas características comunes de forma que se les puede observar y analizar con fines científicos.

3.5.2. Muestra

La muestra de estudio estuvo conformada por una única muestra de agua

recolectada del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el mes de diciembre del 2024. Si bien se trabajó con una sola muestra, esta fue seleccionada en un punto representativo del reservorio, lo que permitió obtener información relevante sobre la calidad del agua destinada al consumo humano. Según lo mencionado por Palella y Martins (2006), se considera que la muestra es una parte representativa de la población que es elegida para ser utilizada en algún estudio, de forma que se puedan obtener resultados válidos sin necesidad de tener que estudiar toda la población en sí.

3.5.3. Muestreo

El muestreo empleado fue de tipo no probabilístico, específicamente por conveniencia, dado que únicamente se logró recolectar una muestra de agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el mes de diciembre del 2024. Esta muestra fue seleccionada en un punto representativo y analizada bajo protocolos estandarizados, constituyendo un primer acercamiento técnico a la calidad del agua destinada al consumo humano.

El muestreo por conveniencia según Romero et al. (2021) es una técnica de selección de muestras no probabilística, en la cual el investigador elige a los elementos de la población que resultan más fáciles de acceder. No existe un marco de muestreo ni un proceso aleatorio; la decisión depende de factores como: Disponibilidad de los elementos, proximidad geográfica o temporal, costos y recursos disponibles, o por facilidad de acceso a los sujetos o unidades.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son los procedimientos o métodos sistemáticos que se emplean para obtener la información que se requiere para la investigación, admiten organizar y registrar los datos de manera ordenada, asegurando

que los resultados sean válidos, confiables y representativos del fenómeno estudiado (Palella y Martins, 2006). Mientras que los instrumentos, son las herramientas o dispositivos utilizados para aplicar estas técnicas y permiten medir y registrar de manera precisa las variables o parámetros definidos en la investigación (Hernández et al., 2018).

Para la toma de la muestra de agua se aplicaron técnicas estandarizadas de recolección, conservación y transporte, siguiendo los protocolos establecidos por la OMS y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para aguas superficiales. Estas directrices se aplicaron tanto a las muestras destinadas a los análisis fisicoquímicos como a las microbiológicos. Asimismo, las mediciones de campo, como temperatura, pH, turbidez y conductividad eléctrica, se realizaron directamente en el lugar de muestreo mediante el uso de un equipo multiparámetro, garantizando la precisión y confiabilidad de los registros.

Para la toma de la muestra se usó un frasco de polietileno para el análisis de muestra de los indicadores inorgánicos y un frasco de vidrio de color ámbar para la toma de muestra de indicadores microbiológicos, esterilizados y conservantes para garantizar la temperatura adecuada durante el transporte.

El instrumento utilizado para determinar los indicadores in situ como el pH, Conductividad, STD fue un multiparámetro HANNA HI 98194, este fue calibrado antes de su uso por el Dr. Luis Pacheco Peña y el Dr. Luis Murga Paulino (Murga-Menoyo, 2013), estando el certificado de autorización de empresa adjuntado en los Anexos.

El monitoreo de la calidad del agua se llevó a cabo siguiendo procedimientos estandarizados de muestreo, conservación y transporte, conforme a las directrices de la OMS y la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2013) para aguas superficiales.

a) Recolección de la muestra:

- Se utilizó un recipiente estandarizado y previamente esterilizado.
- La toma se realizó en un punto representativo del reservorio, evitando contaminación externa.

b) Conservación y transporte:

- La muestra fue almacenada en condiciones controladas de temperatura, protegida de la luz solar directa.
- Se aplicaron protocolos de conservación para garantizar la estabilidad de los parámetros hasta su análisis en laboratorio.

c) Mediciones de campo:

- Se registraron in situ los parámetros básicos: temperatura, pH, turbidez y conductividad eléctrica.
- Para ello se empleó un equipo multiparámetro calibrado, asegurando precisión y confiabilidad en los registros.

d) Análisis de laboratorio:

- La muestra fue sometida a pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y de metales pesados.
- Los resultados se contrastaron con los LMP establecidos por la OMS y DIGESA para agua destinada al consumo humano.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Esta es una etapa fundamental en cualquier investigación, ya que por medio de ellas se transforma la información obtenida en resultados comprensibles para generar conclusiones y recomendaciones (Hernández et al., 2018). En esta investigación las técnicas de procesamiento y análisis de los datos recopilados fueron seleccionadas en función de los tipos de variables y los objetivos del estudio.

El procesamiento y análisis de los datos que se obtuvo para evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y concentración de metales pesados implicó el uso de la estadística descriptiva, tablas gráficas, estas técnicas permitieron interpretar los datos, compararlos con estándares y establecer conclusiones relevantes respecto a la calidad del agua analizada.

En cuanto al tratamiento estadístico de la información se hizo un análisis comparativo con los estándares de calidad ambiental para determinar si los valores medidos superan los LMP definidos por la OMS, EPA o normativas locales.

3.8. Tratamiento estadístico

Los datos obtenidos durante el análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados del agua del reservorio de la localidad El Progreso fueron organizados, codificados y procesados utilizando hojas de cálculo de Microsoft Excel.

Debido a que la investigación corresponde a un estudio de nivel descriptivo y diseño no experimental, se empleó estadística descriptiva para el procesamiento e interpretación de la información, para cada parámetro evaluado se determinaron los valores observados y se presentaron mediante tablas y gráficos estadísticos que facilitaron su análisis e interpretación.

Posteriormente, los resultados obtenidos fueron comparados con los LMP y los valores establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado mediante Decreto Supremo N.° 031-2010-SA y demás normas técnicas aplicables, esta comparación permitió identificar el cumplimiento o incumplimiento de los estándares de calidad establecidos para agua destinada al consumo humano.

Asimismo, para el contraste de las hipótesis de investigación se empleó el criterio de cumplimiento normativo, considerando que la calidad del agua fue evaluada

en función de los valores registrados para los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados respecto a los límites permisibles establecidos por la normativa vigente, los resultados fueron interpretados mediante análisis descriptivo y discusión técnica sustentada en antecedentes de investigación y referencias normativas relacionadas con la calidad del agua para consumo humano.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La orientación ética es fundamental en cualquier proceso de investigación, ya que asegura que los procedimientos sean realizados con responsabilidad, integridad y respeto hacia los participantes y el entorno; en el contexto de esta pesquisa cobra especial relevancia debido a los posibles impactos sociales, ambientales y de salud pública que los resultados pueden generar (Cuba y Lincoln, 2005).

En el estudio actual se garantizan la integridad, originalidad, la honestidad académica, cumplimiento de las normas y regulaciones establecidas por la academia y la UNDAC guardando el respeto por las personas, el medio ambiente y los recursos implicados en el trabajo de investigación.

CAPÍTULO IV

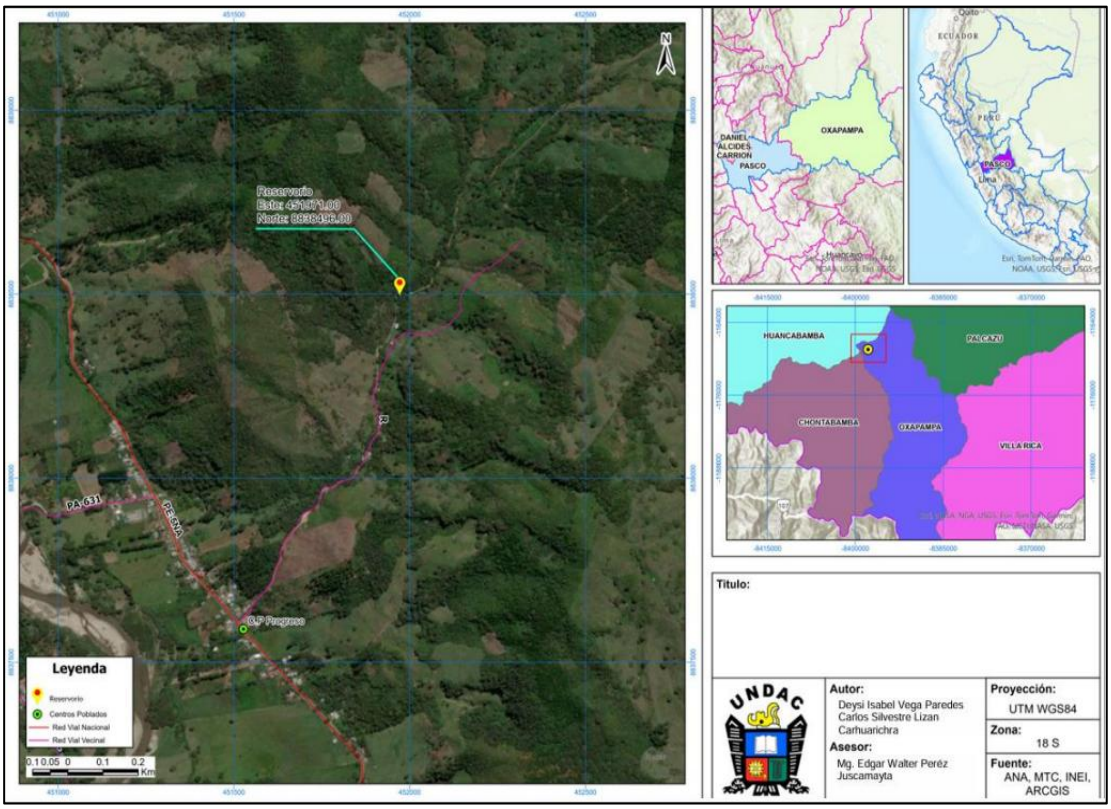
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El distrito de Oxapampa está ubicado en la sierra central del Perú, en la vertiente oriental de los Andes, este es conocido por su riqueza natural, biodiversidad y un entorno ecológico único, que incluye el Bosque de Protección de Oxapampa-Ashaninka, el reservorio de El Progreso se encuentra en una zona de montañas y bosques tropicales, lo que genera una dinámica hídrica particular debido a las precipitaciones estacionales que afectan la calidad del agua.

El acceso a la localidad de El Progreso se realiza a través de carreteras rurales que conectan con la ciudad de Oxapampa y otras áreas circundantes, aunque el acceso puede ser limitado en algunas épocas del año debido a las condiciones climáticas, esta ubicación geográfica ha sido relevante ya que la calidad del agua en esta zona puede verse influenciada por factores ambientales como las lluvias, las actividades agrícolas, la proximidad de zonas de deforestación así como las condiciones socioeconómicas de la comunidad que depende de este recurso para su consumo y actividades diarias.

Gráfico 1. *Ubicación geográfica.*



Nota. Elaboración propia.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En este apartado se muestra los resultados de las pruebas y su comparación con los LMP establecidos por las normativas nacionales e internacionales para determinar la aptitud del agua para el consumo humano; se presentan los resultados de manera desglosada y clara, permitiendo una visión detallada de las condiciones del agua, mostrándose un análisis estadístico de los datos, seguido de una interpretación que permitirá comprender las posibles variaciones estacionales y las implicancias de estos resultados para la salud pública y el manejo del recurso hídrico en la región.

Indicadores fisicoquímicos

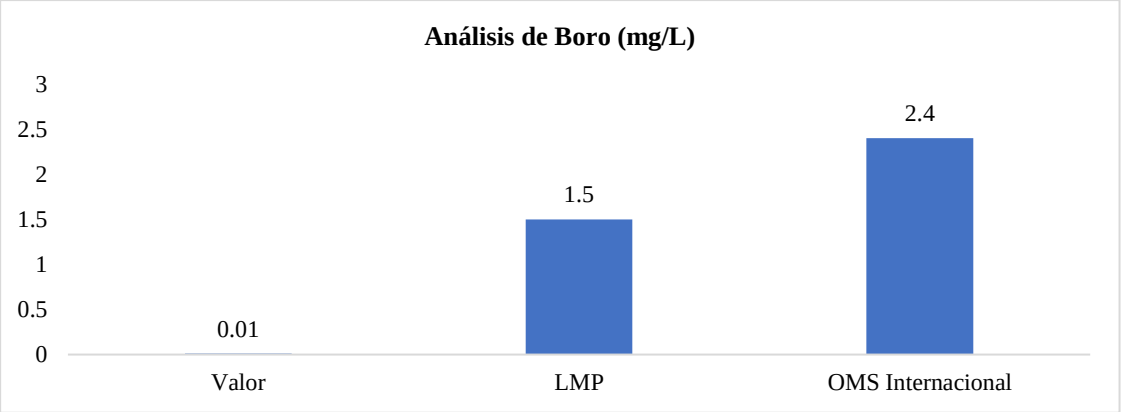
La Tabla 6 muestra el análisis del indicador fisicoquímico llamado Boro.

Tabla 6. *Resultado del análisis del Boro*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Boro	0,01	1,500	2,4	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 2. *Resultado del análisis del Boro*



Nota. Elaboración propia.

El valor obtenido para el boro fue de 0,01 mg/L, concentración que se encuentra muy por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 1,5 mg/L establecido para el agua de consumo humano. Asimismo, al compararlo con el valor guía internacional de 2,4 mg/L establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el boro en agua potable, se observa que la concentración registrada representa aproximadamente el 0,42 % del valor recomendado, encontrándose 99,58 % por debajo de dicho valor.

En consecuencia, el resultado de 0,01 mg/L no solo cumple con el LMP considerado en el presente estudio, sino que también se encuentra ampliamente por debajo del valor guía internacional de la OMS. Por tanto, respecto al parámetro boro, la muestra analizada presenta una concentración favorable para el consumo humano, sin evidenciar una condición de contaminación por este elemento en función de los valores de referencia empleados.

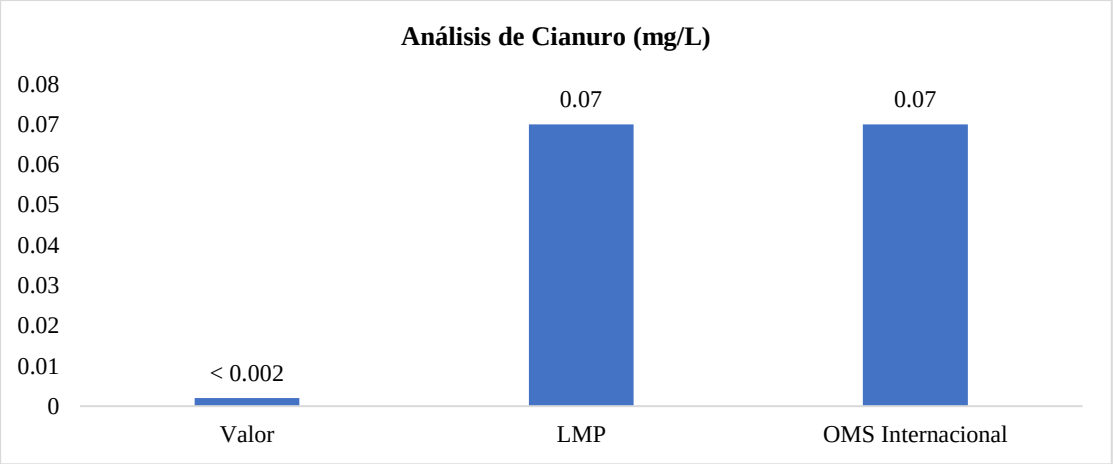
A continuación, en la Tabla 7 se muestra el resultado respecto al análisis del indicador identificado como cloruro.

Tabla 7. *Resultado del análisis del Cianuro Total*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Cianuro	< 0,002	0,070	0,07	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 3. *Resultado del análisis del Cianuro*



Nota. Elaboración propia.

El valor obtenido para el cianuro total fue menor a 0,002 mg/L, encontrándose considerablemente por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,070 mg/L considerado para el presente estudio. Asimismo, al comparar el resultado con el valor basado en salud de 0,5 mg/L establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para exposiciones de corto plazo, se evidencia que la concentración determinada se encuentra ampliamente por debajo de este valor de referencia.

En consecuencia, el resultado obtenido (< 0,002 mg/L) cumple ampliamente con el LMP establecido y se encuentra muy por debajo del valor basado en salud de la OMS. Por tanto, respecto al parámetro cianuro total, la muestra analizada presenta una concentración muy baja y no evidencia una condición de preocupación sanitaria asociada a este contaminante, de acuerdo con los valores de referencia considerados.

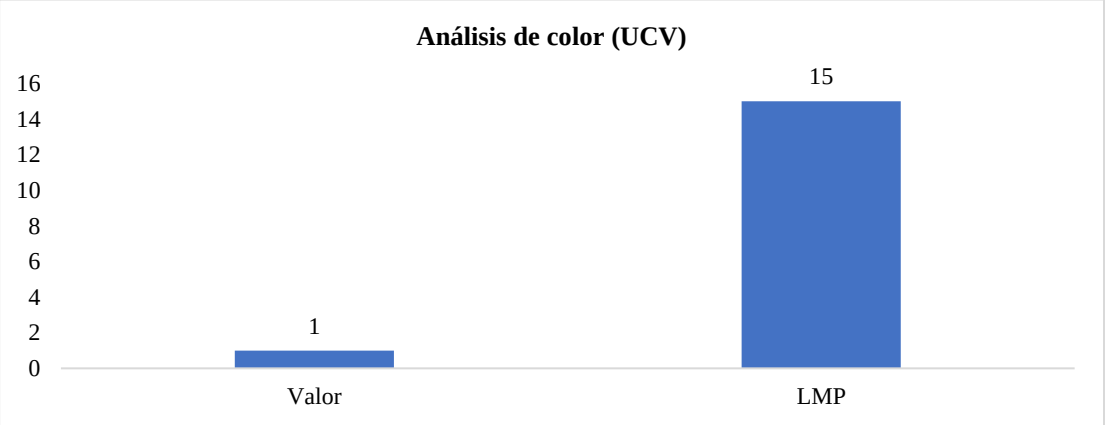
El tercer indicador fisicoquímico evaluado fue el color verdadero, cuyos resultaos se aprecian en la Tabla 8.

Tabla 8. *Resultado del análisis del color verdadero*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Color Verdadero	1	15	No establecido	UCV

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 4. Resultado del análisis del color verdadero.



Nota. Elaboración propia.

El valor reportado de 1 UCV es considerablemente más bajo que el LMP de 15 UCV, lo que significa que el agua cumple con los requisitos establecidos para el color en el agua potable. El valor de 1 UCV sugiere que el agua tiene una buena calidad estética y visual, asociado a una mayor percepción de pureza y potabilidad, sin presencia de problemas de turbidez o coloración inadecuada, siendo apta para el consumo humano según este parámetro.

En relación con la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se establece un valor guía sanitario específico para el color del agua de consumo humano. Esto se debe a que el color constituye principalmente una característica estética y de aceptabilidad del agua, más que un parámetro cuyo valor límite esté determinado directamente por efectos adversos sobre la salud. La presencia de color puede estar asociada a sustancias naturales, como materia orgánica, minerales y determinados compuestos presentes en las fuentes de abastecimiento, así como a procesos de contaminación.

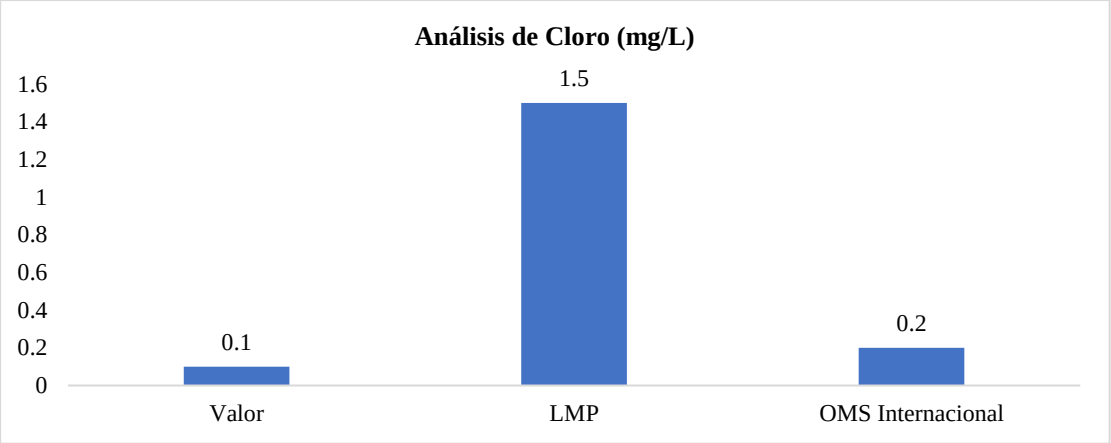
La Tabla 9 muestra el resultado del análisis del cloro.

Tabla 9. *Resultado del análisis del cloro*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Cloro	0,10	1,5	0,2	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 5. *Resultado del análisis del cloro*



Nota. Elaboración propia.

El valor obtenido para el cloro total fue de 0,10 mg/L, encontrándose por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 1,5 mg/L establecido para el agua destinada al consumo humano. Asimismo, el resultado se encuentra por debajo del valor de referencia de 0,2 mg/L considerado en el presente estudio para la comparación con la OMS, lo que evidencia que la concentración determinada no supera los valores de referencia establecidos.

En términos comparativos, la concentración de 0,10 mg/L representa el 6,7 % del LMP de 1,5 mg/L, por lo que se encuentra 93,3 % por debajo de dicho límite. Respecto al valor de referencia internacional de 0,2 mg/L utilizado en la tabla, el resultado corresponde al 50 % de dicho valor, manteniéndose dentro del rango considerado aceptable para este parámetro.

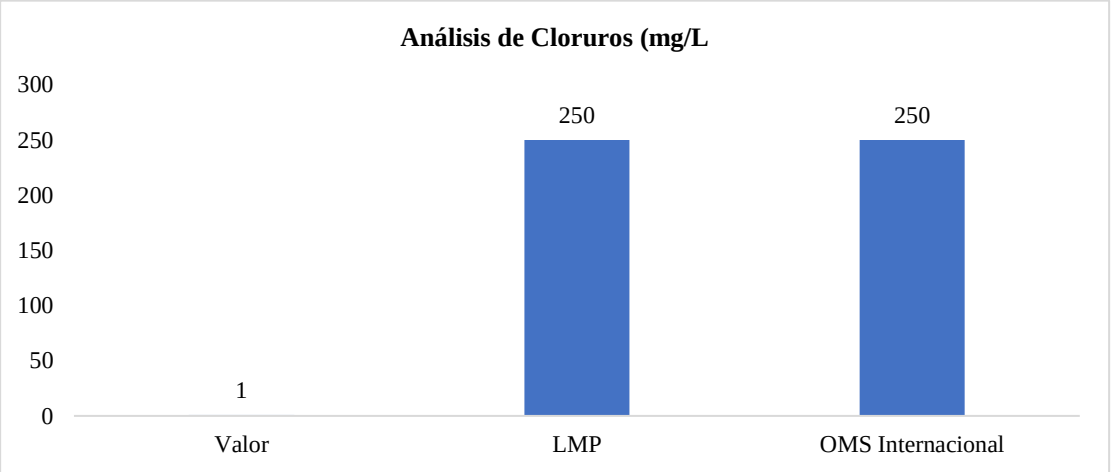
La Tabla 10 muestra los resultados tras el análisis realizado al indicador denominado cloruro.

Tabla 10. *Resultado del análisis de los Cloruros*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Cloruros	1	250	250	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 6. *Resultado del análisis de los Cloruros*



Nota. Elaboración propia.

El valor obtenido para cloruros fue de 1 mg/L, concentración que se encuentra considerablemente por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 250 mg/L establecido para el agua destinada al consumo humano. Asimismo, el resultado coincide con el valor de 250 mg/L considerado como referencia internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para este parámetro.

En términos comparativos, la concentración registrada de 1 mg/L representa únicamente el 0,4 % del LMP de 250 mg/L, encontrándose aproximadamente 99,6 % por debajo del valor establecido. Esta diferencia evidencia que la presencia de cloruros en la muestra es muy baja respecto de los valores de referencia empleados.

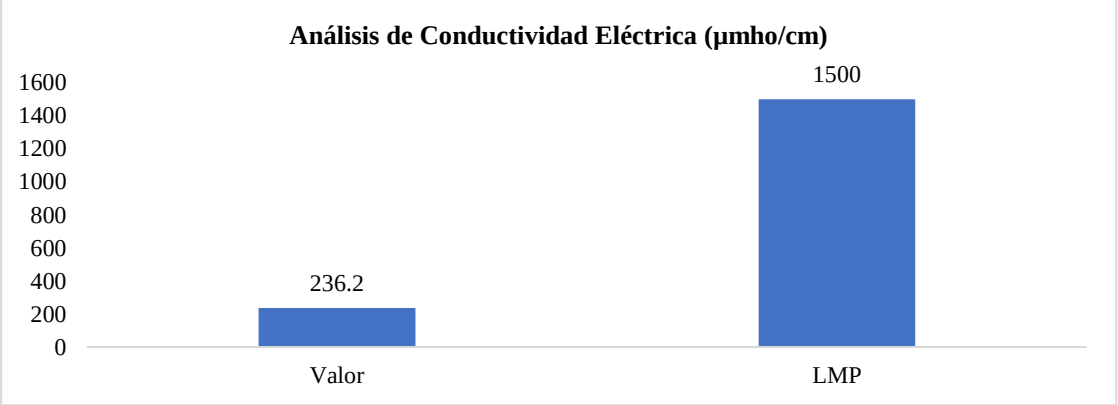
En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos luego del análisis del indicador de conductividad eléctrica del agua.

Tabla 11. *Resultado del análisis de la Conductividad Eléctrica*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Conductividad Eléctrica	236,20	1500	No establecido como valor guía sanitario	µmho/cm

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 7. *Resultado de análisis de la conductividad*



Nota. Elaboración propia.

La conductividad eléctrica mide la capacidad del agua para conducir electricidad, lo cual está relacionado con la cantidad de sales disueltas (iones) en el agua. Un valor bajo, como el de 236,20 µS/cm, indica que el agua tiene una baja concentración de sólidos disueltos, lo cual es generalmente positivo desde el punto de vista de la calidad y pureza del agua. Un valor bajo de conductividad no indica riesgos para la salud, ya que los valores de conductividad hasta 1500 µS/cm son considerados aceptables y no afectan la potabilidad del agua.

En relación con la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se establece un valor guía sanitario específico para la conductividad eléctrica, debido a que este parámetro se utiliza principalmente como un indicador general de la composición iónica y de las características fisicoquímicas del agua, más que como un contaminante con un límite basado directamente en efectos sobre la salud.

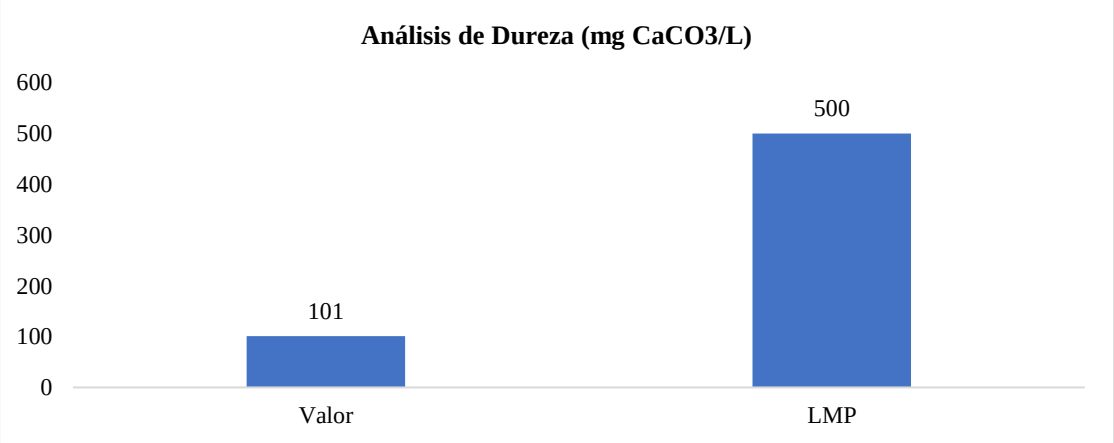
La Tabla 12 muestra los resultados derivados del análisis realizado sobre el indicador de dureza.

Tabla 12. *Resultados del análisis de la Dureza*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Dureza Total	101	500	No establecido como valor guía sanitario	mg $CaCO_3$/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 8. *Resultados del análisis de la Dureza*



Nota. Elaboración propia.

La dureza del agua se debe principalmente a la presencia de iones de calcio y magnesio. Con un valor de 101 mg/L, el agua se considera moderadamente dura o ligeramente dura dependiendo de la clasificación local. Aunque el agua dura puede generar incrustaciones en tuberías y electrodomésticos, no representa un peligro para la salud humana en estas concentraciones. El valor de 101 mg/L de dureza es seguro para el consumo humano y no presenta riesgos para la salud. La dureza en niveles tan bajos no suele afectar negativamente la salud de las personas, aunque en algunas personas puede causar irritación en la piel o afectar la limpieza de la ropa.

En relación con la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se establece un valor guía sanitario específico para la dureza del agua de consumo humano. La dureza se considera principalmente un parámetro relacionado con las características organolépticas y operativas del agua, debido a que concentraciones elevadas pueden favorecer la formación de incrustaciones en tuberías, calentadores y otros equipos,

además de incrementar el consumo de jabón.

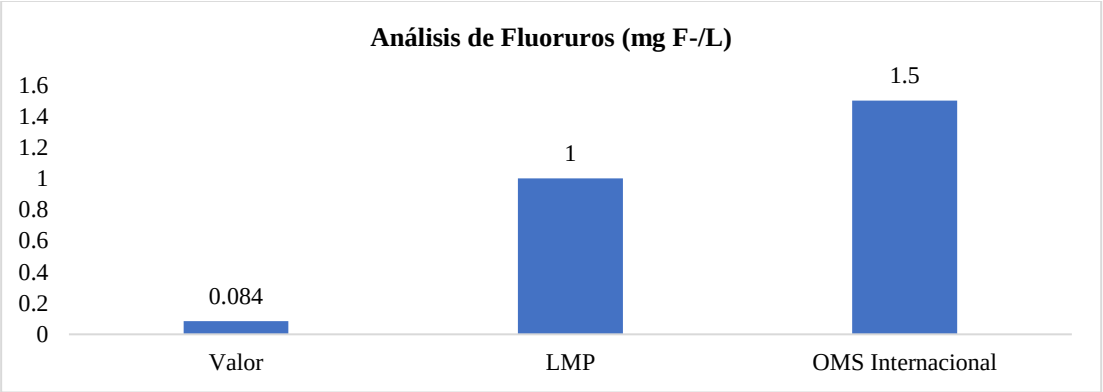
La Tabla 13 expone los hallazgos derivados de la evaluación realizada sobre el indicador de fluoruros.

Tabla 13. *Resultados del análisis de la Dureza*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Fluoruros	0,084	1,000	1,5	mg F^-/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 9. *Resultado del análisis de los fluoruros*



Nota. Elaboración propia.

El valor obtenido para fluoruros fue de 0,084 mg F^-/L, concentración que se encuentra considerablemente por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 1,0 mg/L establecido para el agua destinada al consumo humano. Asimismo, el resultado se encuentra ampliamente por debajo del valor guía internacional de 1,5 mg F^-/L establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua de consumo humano.

En términos comparativos, la concentración de 0,084 mg F^-/L representa el 8,4 % del LMP de 1,0 mg/L, encontrándose 91,6 % por debajo de dicho límite. Respecto al valor guía de la OMS, el resultado representa aproximadamente el 5,6 % de 1,5 mg/L, encontrándose alrededor de 94,4 % por debajo del valor de referencia internacional. Estos resultados evidencian que la concentración de fluoruros presente en la muestra es baja respecto de ambos valores de referencia.

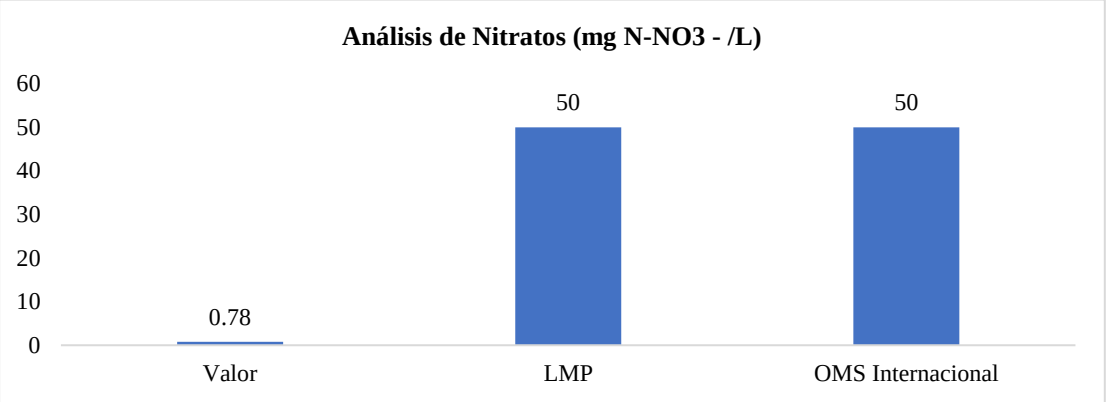
Los resultados correspondientes al análisis del indicador de nitratos se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14. *Resultado del análisis de los Nitratos*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Nitratos	0,780	50,00	50,00	mg N-NO3 - /L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 10. *Resultado del análisis de los Nitratos*



Nota. Elaboración propia.

El valor obtenido para nitratos fue de 0,780 mg $N\text{-}NO_3^-$/L, concentración que se encuentra considerablemente por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 50,00 mg $N\text{-}NO_3^-$/L establecido para el agua destinada al consumo humano. Asimismo, el resultado se encuentra por debajo del valor guía internacional de 50 mg $N\text{-}NO_3^-$/L establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En términos comparativos, la concentración registrada representa aproximadamente el 1,56 % del LMP y del valor guía de la OMS, encontrándose aproximadamente 98,44 % por debajo de ambos valores de referencia. Esta diferencia evidencia que la concentración de nitratos presente en la muestra es considerablemente baja respecto de los niveles establecidos para la protección de la salud.

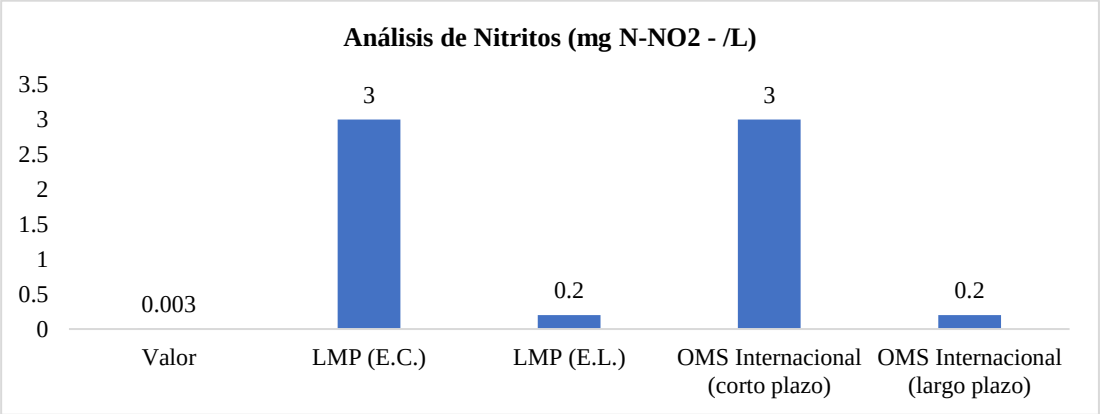
La Tabla 15 expone los datos obtenidos luego del estudio del indicador de nitritos.

Tabla 15. *Resultado de los análisis de los Nitritos*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Nitritos	0,003	3,00E.C. - 0,20 E.L.	3 mg/L corto plazo; 0,2 mg/L largo plazo	mg N-NO2 - /L

Nota: E.C = exposición corta. E.L. = Exposición larga. Elaboración propia.

Gráfico 11. *Resultado de los análisis de los Nitritos*



Nota. Elaboración propia.

El valor de 0,2 mg/L de nitritos está muy por debajo del límite de 3 mg/L, lo que indica que el agua es segura para el consumo humano y cumple con los parámetros establecidos para este compuesto.

Asimismo, de acuerdo con los valores de referencia considerados de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se establece un valor de 3 mg/L para exposición de corto plazo y 0,2 mg/L para exposición de largo plazo. El resultado obtenido de 0,003 mg $N\text{-}NO_2^-$/L representa únicamente el 1,5 % del valor de 0,2 mg/L correspondiente a la exposición prolongada, encontrándose aproximadamente 98,5 % por debajo de dicho valor. Respecto al valor de 3 mg/L para exposición corta, representa apenas el 0,1 %, encontrándose 99,9 % por debajo de este valor de referencia.

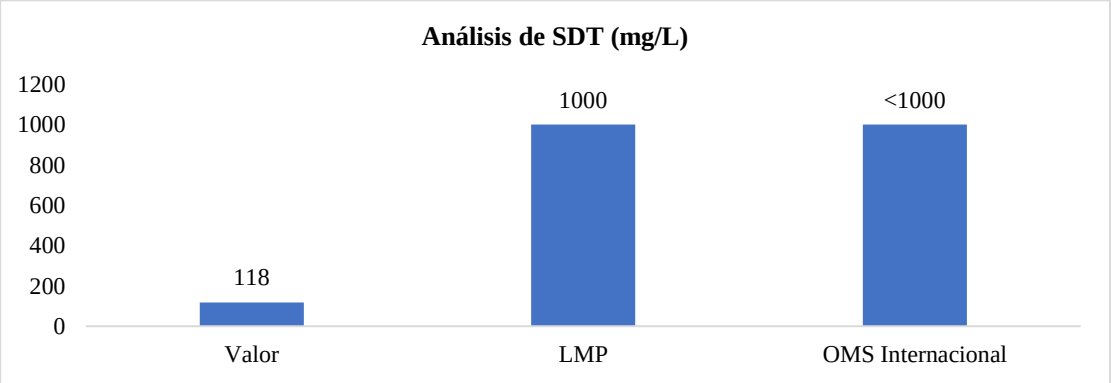
Los datos correspondientes al estudio del indicador de sólidos disueltos totales se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16. *Resultado del análisis de los Sólidos Disueltos Totales*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
SDT	118	1000	No existe GV sanitario específico; <1000 mg/L se considera generalmente aceptable	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 12. *Resultado del análisis de los Sólidos Disueltos Totales*



Nota. Elaboración propia.

Los sólidos disueltos totales son una medida de sustancias como sales, minerales y metales disueltos en el agua. Un valor de 118 mg/L indica que el agua tiene una cantidad moderada de sólidos disueltos, lo que no representa un problema en la salud, ya que está dentro de los límites permitidos. Este indicador está muy por debajo del límite de 1000 mg/L, lo que indica que el agua es segura para el consumo humano y cumple con los parámetros establecidos para este compuesto.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los SDT no cuentan con un valor guía sanitario específico, debido a que no se ha establecido una concentración límite basada directamente en efectos adversos sobre la salud.

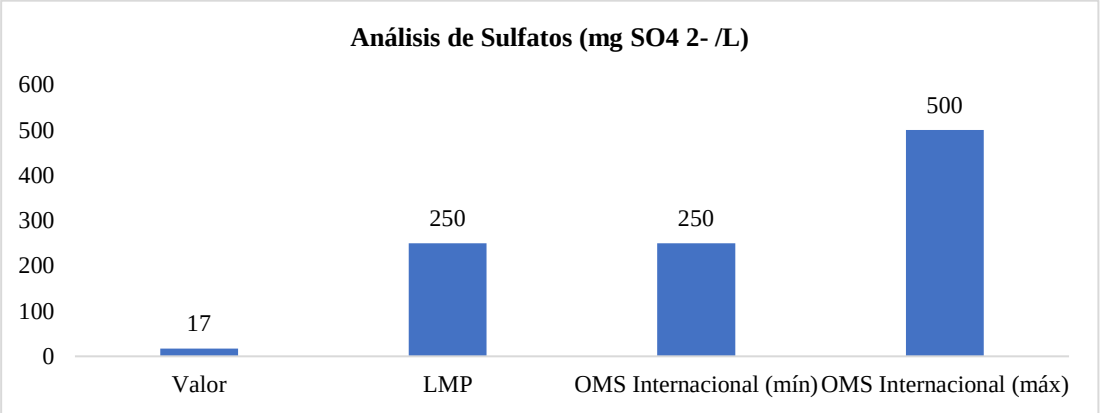
Los datos producto del estudio de sulfatos se consignan en la Tabla 17.

Tabla 17. *Resultado del análisis de los Sulfatos*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Sulfatos	17	250	250–500	mg SO_4^{2-} /L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 13. *Resultado del análisis de los Sulfatos*



Nota. Elaboración propia.

Los sulfatos son compuestos que se encuentran naturalmente en el agua y, en concentraciones bajas, no representan un peligro para la salud humana. El valor de 17 mg/L es considerablemente más bajo que el LMP de 250 mg/L, lo que significa que el agua cumple con los estándares establecidos para la concentración de sulfatos.

Asimismo, el valor obtenido se encuentra por debajo del rango de referencia internacional consignado para la OMS de 250–500 mg SO_4^{2-}/L. Considerando el límite inferior de dicho rango (250 mg/L), la concentración de 17 mg/L representa únicamente el 6,8 %, evidenciando una concentración baja de sulfatos en la muestra evaluada.

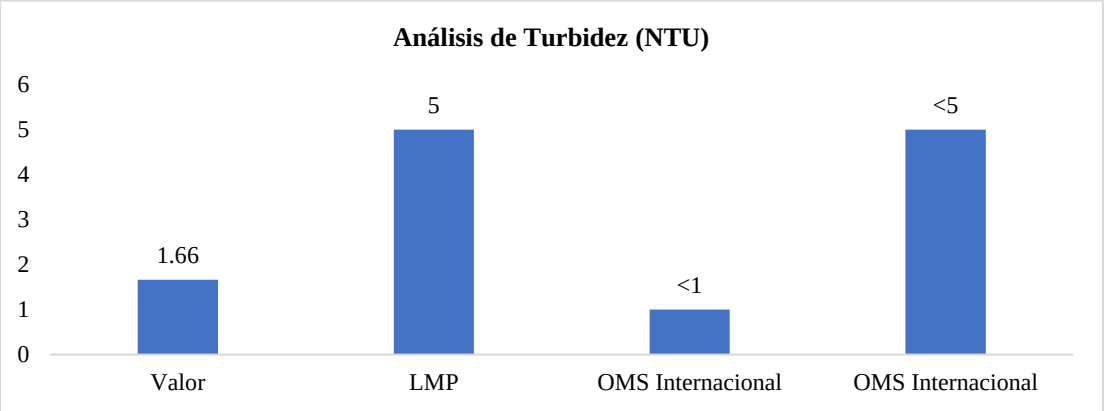
La Tabla 18 muestra los hallazgos derivados de la evaluación aplicada al indicador de turbidez.

Tabla 18. *Resultado del análisis de la turbidez*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Turbidez	1,66	5	<1 NTU como objetivo para desinfección eficaz; <5 NTU cuando <1 no es factible	NTU

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 14. *Resultado del análisis de la turbidez*



Nota. Elaboración propia.

La turbidez mide la cantidad de partículas suspendidas en el agua, como sedimentos o microorganismos. Un valor de 1,66 NTU indica que el agua tiene una baja turbidez, lo que sugiere que es clara y no presenta partículas que puedan afectar la calidad estética o la seguridad del agua. Lo que indica que el agua cumple con los parámetros establecidos para la turbidez.

El resultado de 1,66 NTU cumple con el LMP de 5 NTU y se encuentra dentro del criterio internacional de <5 NTU cuando no es factible alcanzar <1 NTU. Por ello, este parámetro presenta una condición favorable en la muestra analizada, aunque su interpretación debe complementarse con los parámetros microbiológicos y demás indicadores de calidad del agua, debido a que la turbidez por sí sola no permite determinar la aptitud sanitaria para el consumo humano.

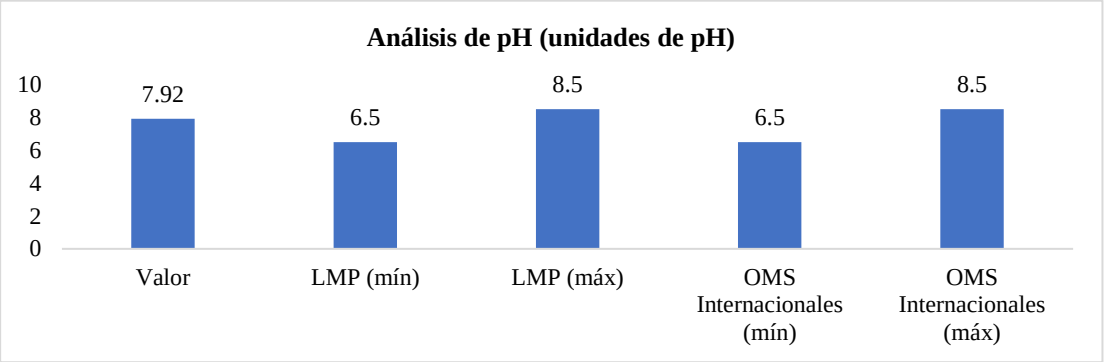
La Tabla 19 expone los datos derivados de la evaluación realizada sobre el indicador de potencial de hidrógeno.

Tabla 19. *Resultado del Análisis del Potencial de Hidrogeno*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacionales	Escala
pH	7,92	6,5-8,5	6,5–8,5	Unidad de pH

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 15. *Resultado del Análisis del pH*



Nota. Elaboración propia.

El pH de 7,92 indica que el agua es ligeramente alcalina. Un pH cercano a 7 se considera neutral, y los valores entre 6,5 y 8,5 son considerados adecuados para el agua potable, ya que este rango no afecta negativamente el sabor, la corrosividad del agua ni su capacidad para disolver minerales o metales pesados. lo que significa que el agua cumple con los parámetros establecidos para el pH, que es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua.

Asimismo, el resultado de 7,92 se encuentra dentro del rango de referencia internacional de la OMS de 6,5–8,5 unidades de pH. En términos de su posición dentro del intervalo permitido, el valor se encuentra próximo al límite superior, pero todavía mantiene un margen de 0,58 unidades de pH antes de alcanzar dicho límite. Por tanto, no se evidencia una condición de acidez o alcalinidad excesiva en la muestra evaluada.

Indicadores Microbiológicos

La Tabla 20 muestra los hallazgos derivados de la evaluación aplicada al indicador microbiológico de coliformes totales.

Tabla 20. *Resultado de los análisis de los Coliformes Totales*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Coliformes Totales	0	0	No constituye el principal indicador sanitario; ausencia esperada en agua tratada	NMP/100 mL

Nota. Elaboración propia.

El valor de 0 NMP/100mL indica que no existe coliformes totales en la muestra de agua, lo cual cumple exactamente con el parámetro establecido de 0 NMP/100mL para el agua potable. Esto significa que el agua no tiene contaminación microbiológica detectable por coliformes totales. lo que indica que el agua es segura y libre de contaminación microbiológica según los estándares establecidos para el agua de consumo humano.

Los hallazgos correspondientes al estudio del indicador microbiológico de coliformes termotolerantes se consignan en la Tabla 21.

Tabla 21. *Resultado de los análisis de los Coliformes Termotolerantes*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Coliformes Termotolerantes	0	0	No detectable en 100 mL	NMP/100mL

Nota. Elaboración propia.

El valor de 0 NMP/100mL significa que no se detectaron coliformes termotolerantes en la muestra de agua. Este valor está dentro del intervalo de 0 NMP/100mL, lo que indica que el agua cumple con el parámetro microbiológico establecido para la presencia de estos microorganismos. el valor de 0 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes cumple completamente con los estándares de seguridad establecidos para el agua potable, lo que significa que el agua es segura y libre de contaminación fecal según este parámetro. Asimismo, el resultado obtenido cumple con el criterio internacional consignado, que establece que estos microorganismos deben encontrarse no detectables en 100 mL de agua destinada al consumo humano. En consecuencia, el valor registrado de 0 NMP/100 mL representa una condición microbiológica favorable y no evidencia presencia detectable de este grupo de microorganismos indicadores.

La Tabla 22 expone los resultados alcanzados luego del análisis realizado sobre el indicador microbiológico de Escherichia Coli.

Tabla 22. *Resultado de los análisis de Escherichia Coli*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Escherichia Coli	0	0	No detectable en 100 mL	NMP/100 mL

Nota. Elaboración propia.

El valor de 0 NMP/100mL indica que no hay presencia de bacterias *Escherichia Coli* en la muestra de agua, lo cual cumple perfectamente con el parámetro microbiológico establecido de 0 NMP/100mL para el agua potable, lo que está dentro de los LMP y muestra que no hay contaminación fecal detectable en el agua, lo que significa que el agua es segura y libre de contaminación fecal y cumple con los parámetros establecidos para la calidad microbiológica del agua de consumo humano. Asimismo, el resultado obtenido cumple con el criterio internacional consignado, según el cual E. coli debe encontrarse no detectable en 100 mL de agua destinada al consumo humano. En consecuencia, el valor de 0 NMP/100 mL representa una condición microbiológica favorable, debido a que no se evidenció presencia detectable de este indicador de contaminación fecal en la muestra evaluada.

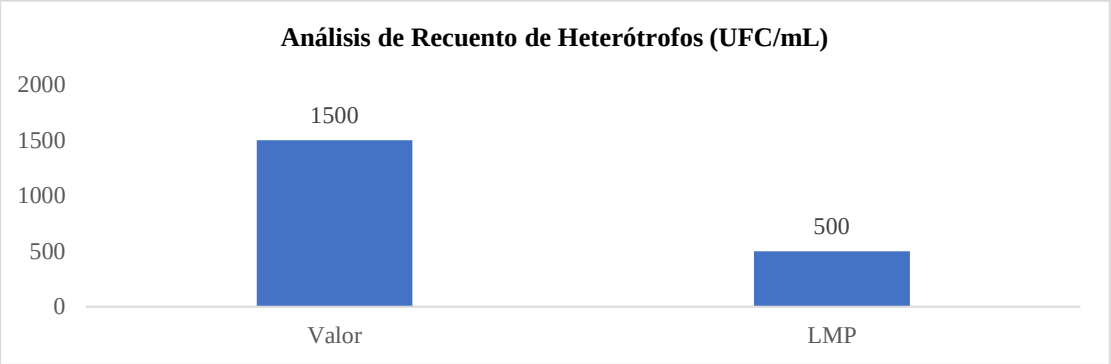
En la Tabla 23 se presentan los resultados obtenidos tras el análisis del indicador microbiológico de heterótrofos.

Tabla 23. *Resultado del Análisis de los Heterótrofos*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Recuento de Heterótrofos	1500	500	No establecido por OMS	UFC/mL

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 16. *Resultado del Análisis de los Heterótrofos*



Nota. Elaboración propia.

El valor de 1500 UFC/mL es tres veces superior al límite máximo permitido de 500 UFC/mL. Esto indica que el agua presenta una carga bacteriana significativamente mayor a la permitida por los estándares de calidad para el agua potable. Aunque los heterótrofos no son directamente peligrosos, un nivel elevado puede indicar un proceso de tratamiento inadecuado o contaminación orgánica en el agua, lo que podría facilitar la proliferación de patógenos, esto da una señal de que el sistema de tratamiento de agua necesita ser revisado y optimizado.

Una alta concentración de bacterias heterótrofas puede afectar la potabilidad del agua, influir en su sabor, olor o color, y podría ser un indicativo de que el sistema de tratamiento del agua necesita ser revisado o reforzado para garantizar la seguridad microbiológica. Además, una cantidad elevada de estas bacterias podría indicar la presencia de microorganismos patógenos si no se controla adecuadamente.

En la Tabla 24 se consignan los datos obtenidos luego del estudio del indicador microbiológico de huevos de helmintos.

Tabla 24. *Resultado del análisis de los Huevos de Helmintos*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Huevos de Helmintos	0	0	No establecido como GV numérico OMS	Huevo/L

Nota. Elaboración propia.

El valor de 0 huevo/L para Huevos de Helmintos está dentro del límite permitido**,** lo que indica que el agua es libre de contaminación por parásitos y cumple con los parámetros de calidad establecidos para el agua de consumo humano en cuanto a este tipo de microorganismos.

Los datos correspondientes al estudio del indicador microbiológico de protozoarios patógenos se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25. *Resultado del análisis de los Protozoarios Patógenos*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Protozoarios Patógenos	0	0	No establecido como GV numérico OMS	P-A/L

Nota. Elaboración propia.

El valor de 0 OP-A/L mostrado en la gráfica 20 indica que no existe presencia de patógenos en la muestra de agua analizada, lo cual cumple con el parámetro microbiológico establecido de 0 OP-A/L para el agua potable; por lo tanto el agua no presenta contaminación por protozoarios patógenos, lo que garantiza que el agua es segura y cumple con los estándares de calidad establecidos para el agua de consumo humano

La Tabla 26 expone los resultados alcanzados luego del análisis realizado sobre el indicador microbiológico de algas.

Tabla 26. *Resultado del análisis de las Algas*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Algas	0	0	No establecido como GV numérico OMS	N° Organismos / L

Nota. Elaboración propia.

El resultado de 0 organismos/L evidenció

que es muy compatible con las normas de calidad del agua para consumo humano en Perú, lo que significa que la muestra cumple con los estándares de

salubridad requeridos para ser considerada segura para el consumo humano.

La Tabla 27 expone los resultados obtenidos luego del análisis realizado sobre el indicador microbiológico de protozoarios.

Tabla 27. *Resultado del análisis de los Protozoarios*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Protozoarios	0	0	No establecido como GV numérico OMS	N° Organismos / L

Nota. Elaboración propia.

El valor de 0 organismos/L significa que no se han encontrado protozoarios en la muestra de agua analizada, lo cual es conforme a los límites establecidos por la normativa que regula la calidad del agua de consumo humano, si los LMP establecen que debe haber un máximo de 0 protozoarios por litro (lo que generalmente implica que el agua debe estar libre de estos organismos), el resultado indica que el agua está libre de contaminación por protozoarios**.** el agua es apta para consumo humano para estos indicadores.

Metales pesados

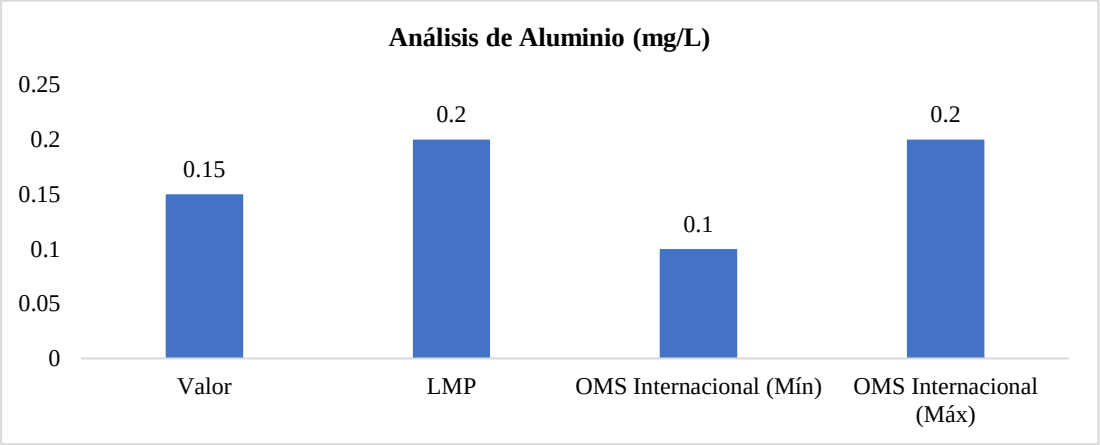
En la Tabla 28 se presentan los resultados obtenidos tras el análisis del aluminio.

Tabla 28. *Resultado del análisis del Aluminio*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Aluminio	0,150	0,2	0,1–0,2 mg/L como nivel práctico operacional	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 17. *Resultado del análisis del Aluminio*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis muestra una concentración de 0,15 mg/L de aluminio en el agua de consumo humano, mientras que el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido es de 0,2 mg/L, esto indica que la concentración de aluminio en la muestra está por debajo del límite permitido, cumpliendo con los estándares de calidad del agua. Respecto al criterio internacional consignado, la OMS señala para el aluminio un rango de 0,1–0,2 mg/L como nivel práctico operacional, relacionado principalmente con el control del proceso de tratamiento y con aspectos de aceptabilidad del agua, más que con un valor guía sanitario específico. El resultado obtenido de 0,150 mg/L se encuentra dentro de este intervalo, por lo que puede considerarse compatible con el nivel operacional de referencia indicado.

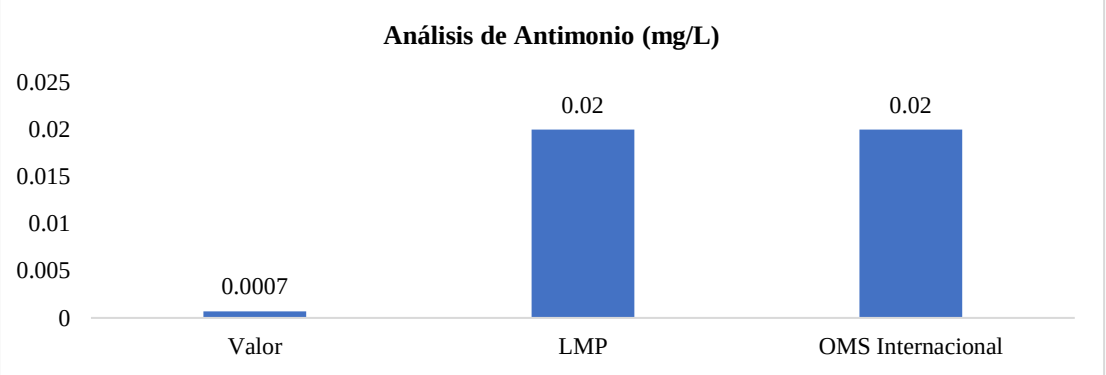
Los hallazgos correspondientes a la evaluación aplicada al antimonio se detallan en la Tabla 29.

Tabla 29. *Resultado del análisis del Antimonio*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Antimonio	0,0007	0,020	0,020	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 18. *Resultado del análisis del Antimonio*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis muestra una concentración de 0,0007 mg/L de antimonio en el agua de consumo humano, mientras que el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido es de 0,02 mg/L. Esto indica que la concentración de antimonio en la muestra es significativamente inferior al límite permitido, cumpliendo con los estándares de calidad del agua. Asimismo, la concentración obtenida coincide con el criterio internacional consignado de la OMS de 0,020 mg/L. Al comparar ambos valores, se observa que el resultado de 0,0007 mg/L es considerablemente inferior al valor de referencia, lo que evidencia una baja concentración de antimonio en la muestra analizada.

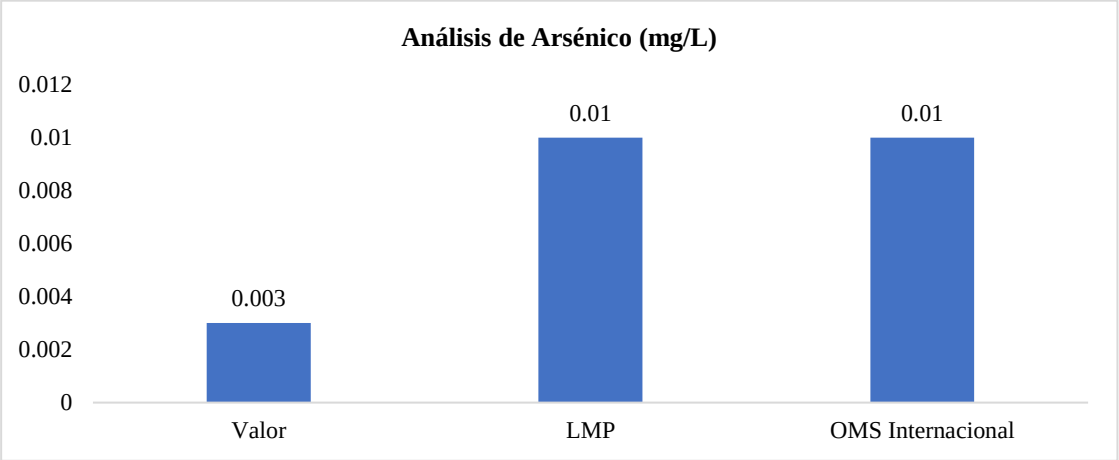
Los datos correspondientes al estudio del arsénico se consignan en la Tabla 30.

Tabla 30. *Resultado del análisis del Arsénico*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Arsénico	0,003	0,010	0,010	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 19. *Resultado del análisis del Arsénico*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis muestra una concentración de 0,003 mg/L de arsénico en el agua de consumo humano, mientras que el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido es de 0,01 mg/L. Esto indica que la concentración de arsénico en la muestra es inferior al límite permitido, cumpliendo con los estándares de calidad del agua, lo que sugiere que el agua es segura en cuanto a este parámetro. Es importante continuar con el monitoreo regular de estos niveles para asegurar la calidad continua del agua y la protección de la salud pública.

Asimismo, la concentración obtenida coincide con el valor de referencia internacional de la OMS de 0,010 mg/L. Al comparar ambos valores, se observa que la concentración de 0,003 mg/L es inferior al valor de referencia, lo que evidencia el cumplimiento del parámetro respecto de los valores considerados en la evaluación.

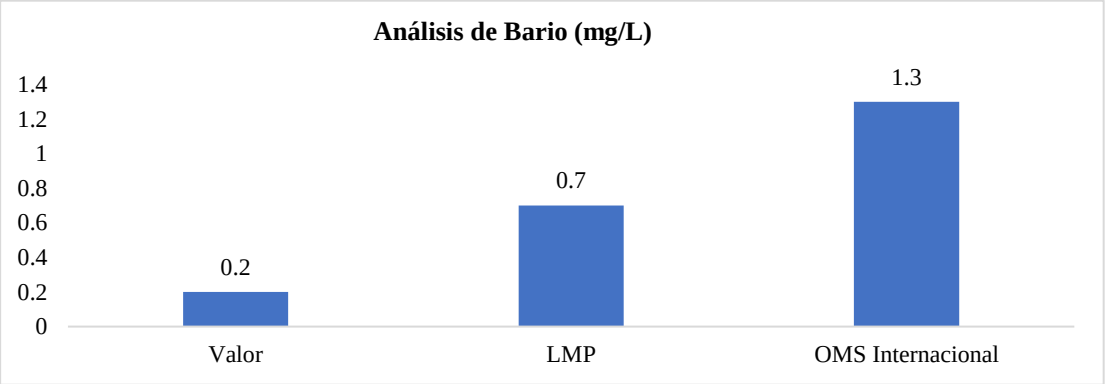
La Tabla 31 expone los resultados alcanzados luego del análisis realizado sobre el bario

Tabla 31. *Resultado del análisis del Bario*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Bario	0,20	0,700	1,3	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 20. *Resultado del análisis del Bario*



Nota. Elaboración propia.

El bario (Ba) es un elemento que puede encontrarse naturalmente en determinadas fuentes de agua debido a la disolución de minerales y rocas que contienen este elemento. En la muestra analizada se obtuvo una concentración de 0,20 mg/L, mientras que el LMP establecido es de 0,700 mg/L. Por tanto, el resultado se encuentra por debajo del límite permitido y representa aproximadamente el 28,6 % del LMP, es decir, se encuentra 71,4 % por debajo del valor máximo establecido.

En comparación con el valor de referencia internacional consignado para la OMS de 1,3 mg/L, la concentración registrada de 0,20 mg/L representa aproximadamente el 15,4 % de dicho valor, encontrándose 84,6 % por debajo. Esta comparación evidencia que la concentración de bario determinada en la muestra es considerablemente inferior tanto al LMP como al valor de referencia internacional considerado.

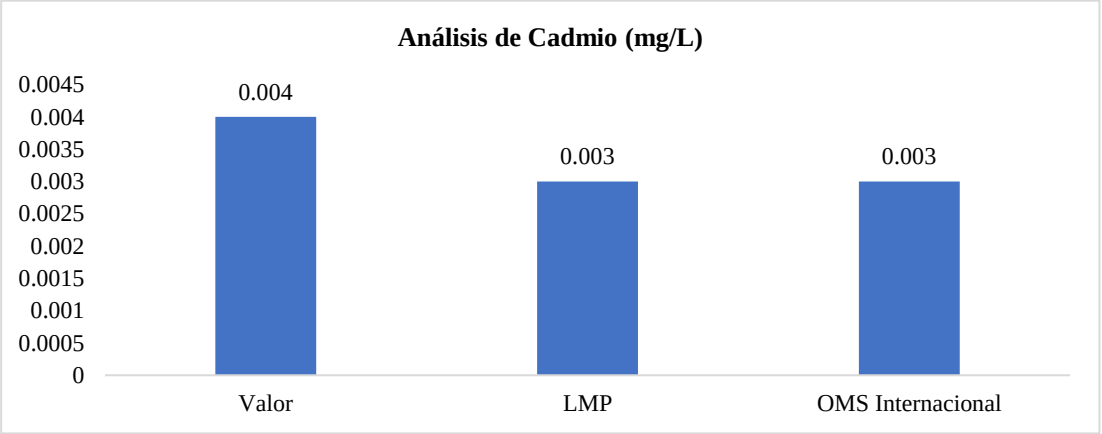
Los datos correspondientes al estudio del cadmio se ven en la Tabla 32.

Tabla 32. *Resultado del análisis del Cadmio*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Cadmio	0,004	0,003	0,003	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 21. *Resultado del análisis del Cadmio*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis muestra una concentración de 0,004 mg/L de cadmio en el agua de consumo humano, mientras que el LMP establecido es de 0,003 mg/L. Esto indica que la concentración de cadmio en la muestra supera ligeramente el límite permitido, sugiriendo un incumplimiento de los estándares de calidad del agua en cuanto a este parámetro. El agua con esta concentración de cadmio no es apta para el consumo humano.

El resultado obtenido para el cadmio no cumple con el LMP ni con el valor de referencia internacional considerado, por lo que se recomienda realizar una verificación mediante un nuevo muestreo y análisis, así como investigar las posibles fuentes de aporte de este elemento en el sistema de abastecimiento. Asimismo, la evaluación de la aptitud del agua para consumo humano debe realizarse considerando de manera integral el conjunto de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados.

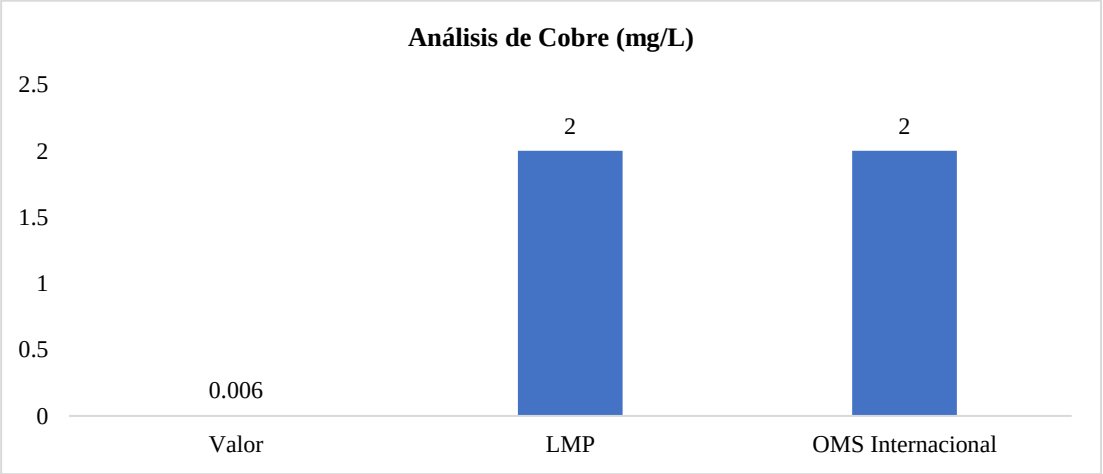
La Tabla 33 muestra los hallazgos derivados de la evaluación aplicada al cobre.

Tabla 33. *Resultado del Análisis del Cobre*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Cobre	0,006	2,00	2,0	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 22. *Resultado del Análisis del Cobre*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis de cobre presentó una concentración de 0,006 mg/L en el agua destinada al consumo humano. Este valor se encuentra considerablemente por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 2,00 mg/L, establecido para este parámetro, así como del valor de referencia de 2,0 mg/L indicado por la OMS. La concentración obtenida representa apenas el 0,3 % del LMP, encontrándose 99,7 % por debajo del límite establecido.

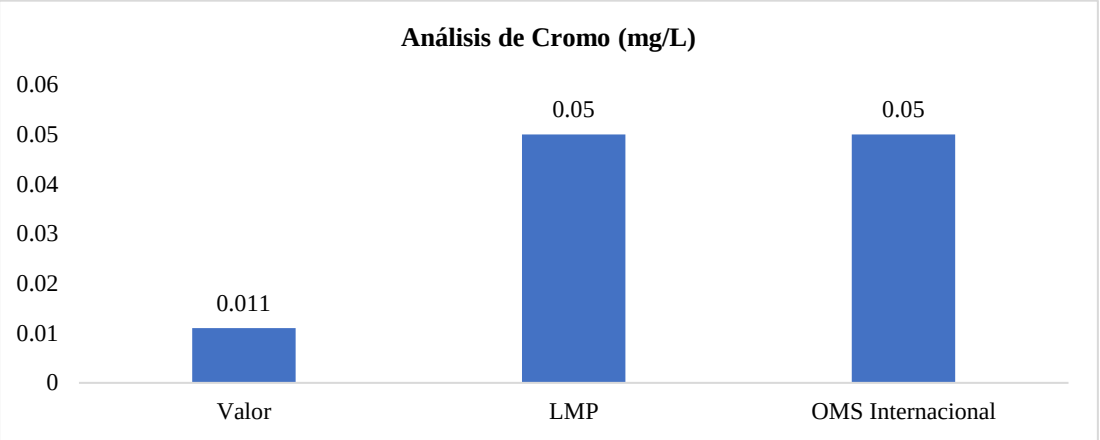
En la Tabla 34 se presentan los resultados obtenidos del cromo.

Tabla 34. *Resultados de los análisis del Cromo*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Cromo	0,011	0,050	0,050	mg/L

Nota. Elaboración propia.

***Gráfico 23**. Resultado del análisis del Cromo*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis de cromo presentó una concentración de 0,011 mg/L en el agua destinada al consumo humano. Este valor se encuentra por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,050 mg/L establecido para este parámetro y coincide con el valor de referencia de 0,050 mg/L indicado por la OMS. La concentración registrada representa el 22,0 % del LMP, encontrándose 78,0 % por debajo del límite establecido.

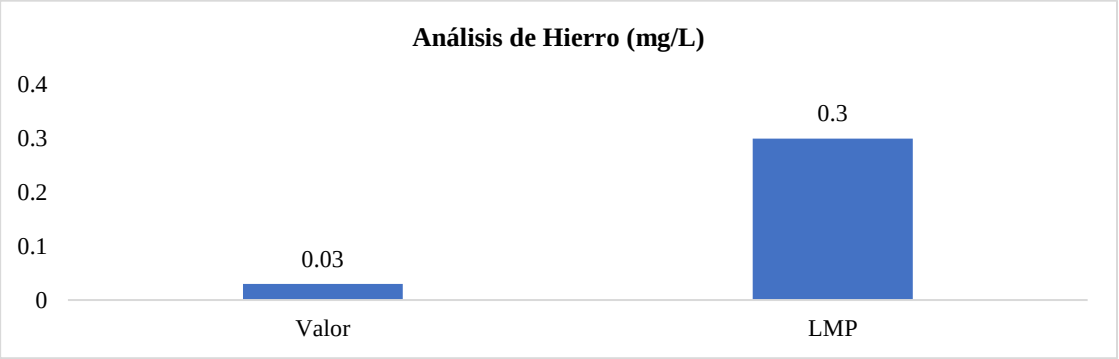
La Tabla 35 muestra los resultados alcanzados tras la evaluación aplicada al hierro.

Tabla 35. *Resultado del análisis del Hierro*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Hierro	0,030	0,30	No establecido como GV sanitario; se considera principalmente de aceptabilidad	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 24. *Resultado del análisis del hierro*



Nota. Elaboración propia.

El análisis revela que la concentración de hierro en el agua es de 0,03 mg/L, mientras que el límite máximo permisible (LMP) para el hierro en el agua potable es de 0,3 mg/L, el agua es apta para el consumo humano en lo que respecta al contenido de hierro, ya que su concentración es considerablemente inferior al límite establecido. Esto no presenta ningún riesgo para la salud ni afecta la calidad del agua.

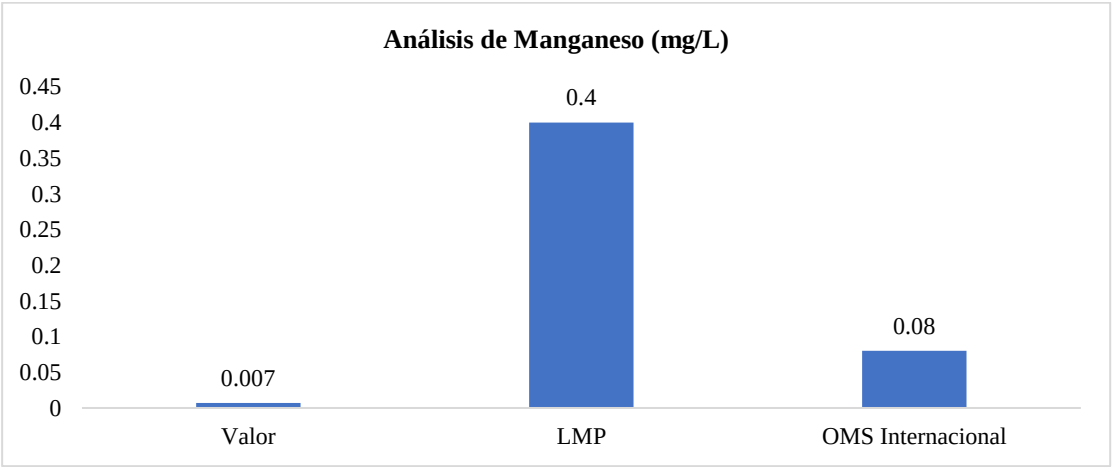
En la Tabla 36 se presentan los resultados obtenidos tras el análisis del manganeso.

Tabla 36. *Resultado del análisis del Manganeso*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Manganeso	0,007	0,40	0,08	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 25. *Resultado del análisis del Manganeso*



Nota. Elaboración propia.

El análisis presentó una concentración de 0,007 mg/L en el agua destinada al consumo humano. Este valor se encuentra considerablemente por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,40 mg/L, establecido para este parámetro, y también del valor de referencia de 0,08 mg/L indicado por la OMS. En relación con el LMP, la concentración registrada representa apenas el 1,75 % del límite establecido, encontrándose 98,25 % por debajo del valor máximo permitido. Asimismo, respecto del valor de referencia de la OMS, el resultado representa el 8,75 %, encontrándose 91,25 % por debajo.

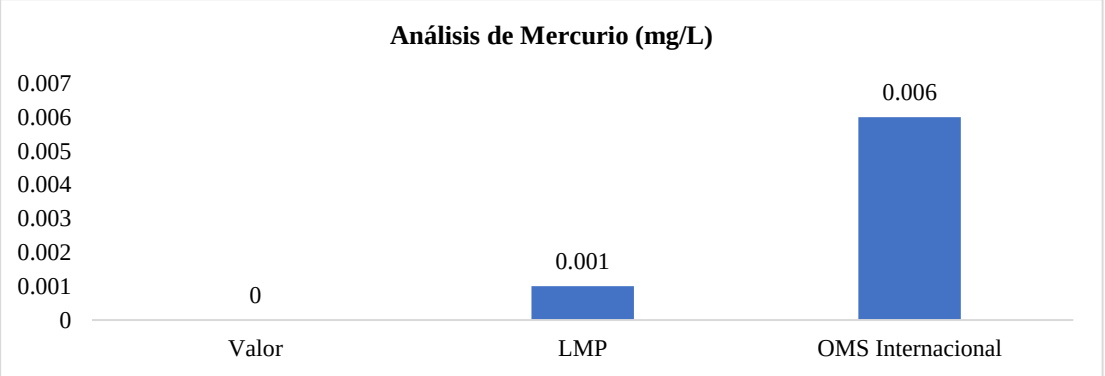
Los hallazgos correspondientes a la evaluación aplicada al mercurio se detallan en la Tabla 37.

Tabla 37. *Resultado del análisis del Mercurio*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Mercurio	0	0,001	0,006	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 26. *Resultado del análisis del Mercurio*



Nota. Elaboración propia.

Dado que el resultado del análisis de 0 mg/L es inferior al límite máximo de 0,001 mg/L, esto indica que la concentración de mercurio en el agua es nula y está por debajo del límite permitido. Por lo tanto, el agua es completamente segura para el consumo humano en cuanto al contenido de mercurio, ya que no presenta ningún rastro detectable de este contaminante, lo que asegura que no existe riesgo para la salud. Asimismo, el

valor de referencia de la OMS Internacional es de 0,006 mg/L. Por tanto, la concentración obtenida se encuentra por debajo de ambos valores de referencia, evidenciando el cumplimiento del parámetro respecto de los criterios establecidos.

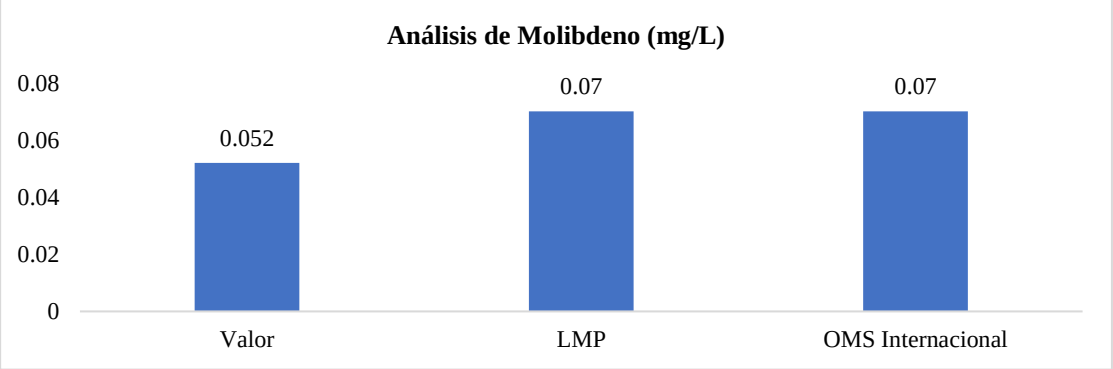
La Tabla 38 muestra los hallazgos derivados de la evaluación aplicada al molibdeno.

Tabla 38. *Resultado del análisis del Molibdeno*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Molibdeno	0,052	0,07	0,07	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 27. *Resultado del análisis del Molibdeno*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis de molibdeno presentó una concentración de 0,052 mg/L en el agua destinada al consumo humano. Este valor se encuentra por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,07 mg/L y coincide con el valor de referencia de 0,07 mg/L establecido por la OMS Internacional.

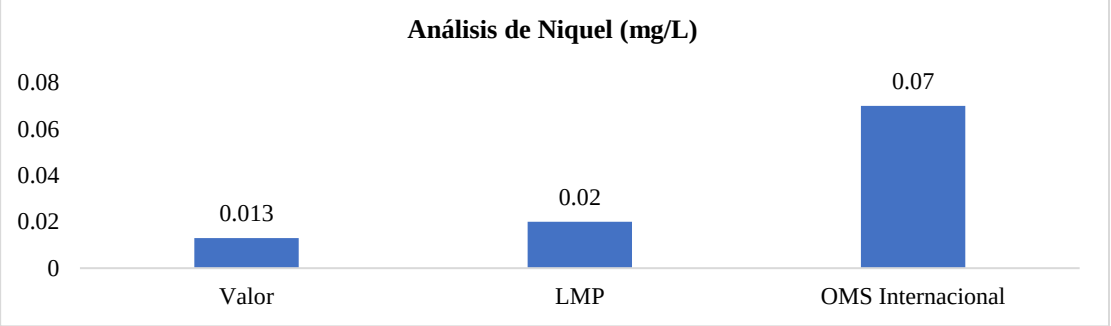
La Tabla 39 muestra los resultados alcanzados luego del análisis aplicado al níquel.

Tabla 39. *Resultado del análisis del Níquel*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Níquel	0,013	0,020	0,07	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 28. *Resultado del análisis del Níquel*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis de níquel presentó una concentración de 0,013 mg/L en el agua destinada al consumo humano. Este valor se encuentra por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,020 mg/L establecido para este parámetro y del valor de referencia de 0,07 mg/L indicado por la OMS Internacional.

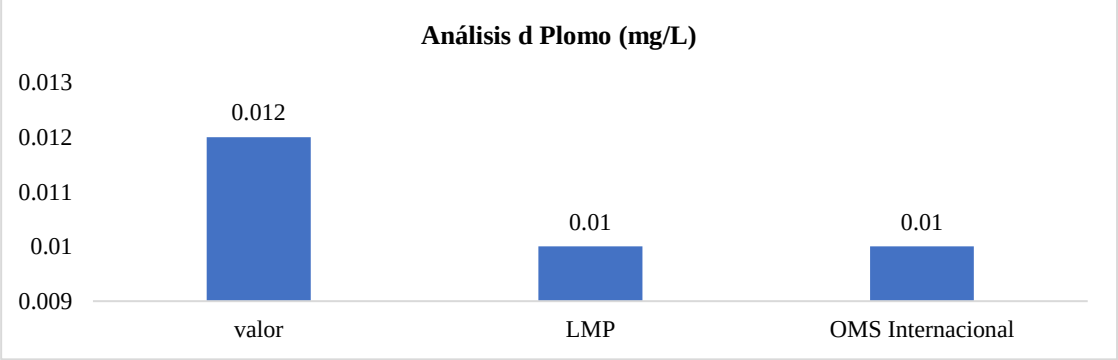
La Tabla 40 muestra los resultados alcanzados luego del análisis al plomo.

Tabla 40. *Resultado del análisis del Plomo*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Plomo	0,012	0,010	0,010	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 29. *Resultado del análisis del Plomo*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis de plomo presentó una concentración de 0,012 mg/L en el agua destinada al consumo humano. Este valor se encuentra por encima del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,010 mg/L y también del valor de referencia de 0,010

mg/L establecido por la OMS Internacional.

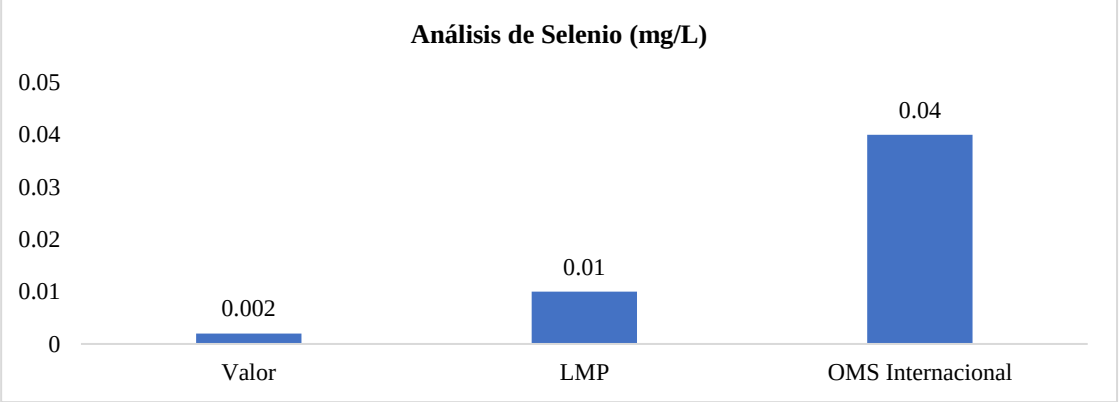
La Tabla 41 muestra los resultados frente al análisis aplicado al selenio.

Tabla 41. *Resultados del análisis del Selenio*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Selenio	0,002	0,010	0,04 mg/L	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 30. *Resultados del análisis del Selenio*



Nota. Elaboración propia.

El resultado del análisis de selenio presentó una concentración de 0,002 mg/L en el agua destinada al consumo humano. Este valor se encuentra por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0,010 mg/L establecido para este parámetro y del valor de referencia de 0,04 mg/L indicado por la OMS Internacional.

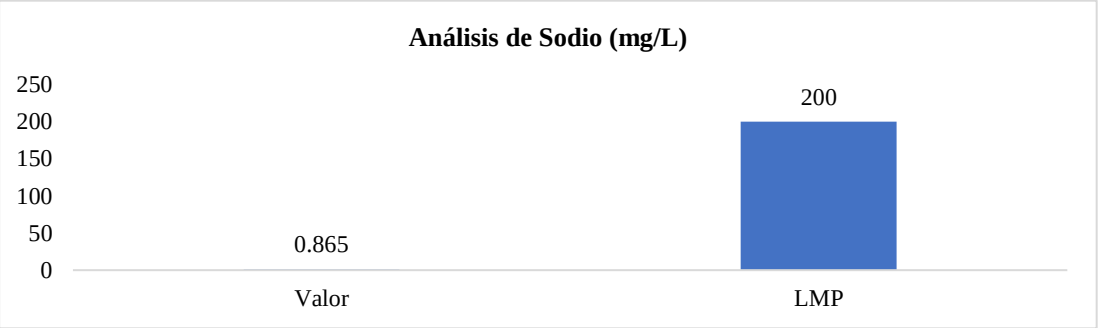
La Tabla 42 muestra los resultados alcanzados luego del análisis aplicado al sodio.

Tabla 42. *Resultado del análisis del Sodio*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Sodio	0,865	200	No establecido como GV sanitario; 200 mg/L se relaciona con aceptabilidad	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 31. *Resultado del análisis del Sodio*



Nota. Elaboración propia.

El valor de 0,865 mg/L de sodio en la muestra de agua está muy por debajo del LMP de 200 mg/L para el agua de consumo humano. Este resultado indica que el nivel de sodio en la muestra es muy bajo y está dentro de los parámetros establecidos para garantizar la calidad del agua potable. El valor observado es considerablemente inferior al límite permitido, lo que asegura que el agua es apta para el consumo humano sin riesgos.

Asimismo, de acuerdo con la referencia internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se establece un valor guía sanitario específico para el sodio; sin embargo, concentraciones alrededor de 200 mg/L pueden relacionarse principalmente con aspectos de aceptabilidad del agua, particularmente por cambios en el sabor. En este sentido, el valor obtenido de 0,865 mg/L es considerablemente inferior a dicho nivel de referencia, por lo que no evidencia una concentración elevada de sodio que pudiera afectar la aceptabilidad del agua. En consecuencia, el resultado cumple ampliamente con el LMP establecido y presenta una concentración baja de sodio.

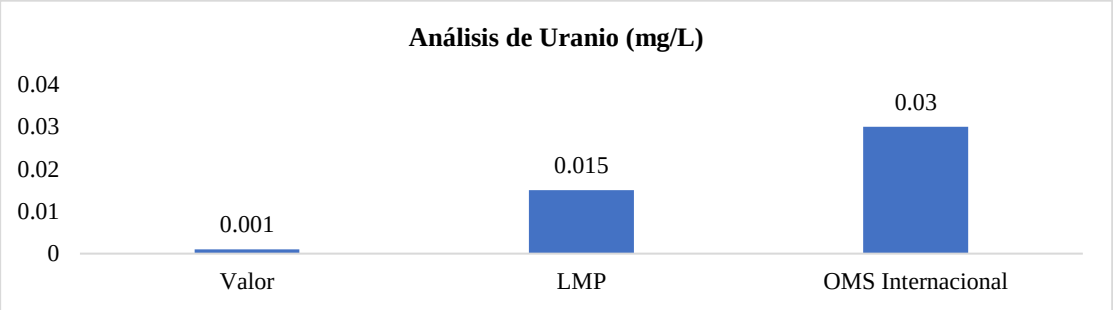
Los datos relacionados al estudio del uranio se consignan en la Tabla 43.

Tabla 43. *Resultado del análisis del Uranio*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Uranio	0,001	0,015	0,03 mg/L	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 32. *Resultado del análisis del Uranio*



Nota. Elaboración propia.

El valor de 0,001 mg/L de uranio en la muestra de agua se encuentra significativamente por debajo del límite máximo permisible de 0,015 mg/L para el agua destinada al consumo humano. Este resultado refleja que el nivel de uranio en la muestra es bajo y está dentro de los parámetros establecidos para garantizar la seguridad del agua potable. Asimismo, este resultado es inferior al valor de referencia internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 0,03 mg/L. Dado que el valor registrado está considerablemente por debajo del umbral permitido, se puede afirmar que el agua es segura para el consumo humano y no presenta riesgos asociados con la presencia de uranio. Sin embargo, se recomienda mantener un monitoreo continuo de los niveles de uranio para asegurar que permanezcan dentro de los límites establecidos a lo largo del tiempo.

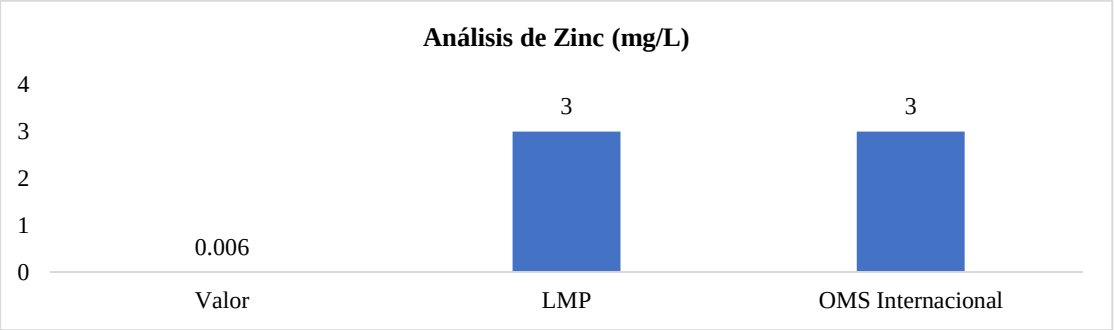
Los datos correspondientes al estudio del zinc se detallan en la Tabla 44.

Tabla 44. *Resultado del análisis del Zinc*

Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Zinc	0,006	3,00	No establecido como GV sanitario; >3 mg/L puede afectar aceptabilidad	mg/L

Nota. Elaboración propia.

Gráfico 33. *Resultado del análisis del Zinc*



Nota. Elaboración propia.

Según el resultado observado en la Gráfica 33 el nivel de 0,006 mg/L de zinc en la muestra de agua está muy por debajo del límite máximo permitido de 3 mg/L para el agua potable destinada al consumo humano. Esto refiere que la concentración de zinc en la muestra es extremadamente baja y se ajusta a los requisitos de calidad establecidos. Al estar este valor considerablemente debajo del límite permisible, se puede concluir que el agua es apta para el consumo humano, sin presentar riesgos asociados con la presencia de zinc.

Asimismo, de acuerdo con la referencia internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se establece un valor guía sanitario específico para el zinc; sin embargo, concentraciones superiores a aproximadamente 3 mg/L pueden afectar la aceptabilidad del agua, principalmente debido a alteraciones en sus características organolépticas, como el sabor. En este sentido, el valor obtenido de 0,006 mg/L evidencia una concentración baja de zinc y se encuentra ampliamente por debajo del nivel de referencia considerado para la aceptabilidad. Por tanto, el resultado cumple con el LMP establecido y no evidencia una concentración elevada de zinc en la muestra analizada.

4.3. Prueba de hipótesis

Para el contraste de las hipótesis se realizó una comparación directa entre los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio de las muestras de agua del reservorio

de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, y los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles (LMP) en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA. Debido a que el estudio consideró una muestra de agua y una determinación analítica para cada parámetro evaluado, el contraste de las hipótesis se efectuó mediante un análisis descriptivo y comparativo de cumplimiento, sin aplicar pruebas estadísticas inferenciales como la prueba t de Student o la prueba de Wilcoxon, debido a que no se contó con un número de observaciones suficiente para estimar la variabilidad de los datos.

Prueba de hipótesis específica 1

La primera de las hipótesis específicas sostiene que los parámetros fisicoquímicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, distrito de Oxapampa, departamento de Pasco, durante el periodo 2024, se encuentran dentro de los LMP establecidos por la normativa nacional e internacional para agua de consumo humano.

Los resultados obtenidos muestran que los parámetros fisicoquímicos que han sido analizados alcanzan los estándares establecidos a partir del Decreto Supremo N° 031-2010-SA, no se han demostrado alteraciones químicas que puedan comprometer la calidad del agua ni la presencia de compuestos en concentraciones que puedan llegar a ser riesgosas en su carácter sanitario.

Tabla 45. *Comprobación de la hipótesis específica 1: Parámetros fisicoquímicos*

Indicador	Resultado	LMP	OMS internacional	Cumplimiento
Boro	0,01 mg/L	1,500 mg/L	0,5 mg/L	Cumple
Cianuro	< 0,002 mg/L	0,070 mg/L	0.07 mg/L	Cumple
Color verdadero	1 UCV	15 UCV	-	Cumple

Indicador	Resultado	LMP	OMS internacional	Cumplimiento
Cloro total	0,10 mg/L	1,5 mg/L	-	Cumple
Cloruros	1 mg/L	250 mg/L	-	Cumple
Conductividad eléctrica	236,20 µmho/cm	1500 µmho/cm	-	Cumple
Dureza total	101 mg CaCO3/L	500 mg CaCO3/L	-	Cumple
Fluoruros	0,084 mg/L	1,000 mg/L	1,500 mg/L	Cumple
Nitratos	0,780 mg/L	50,00 mg/L	50,00 mg/L	Cumple
Nitritos	0,003 mg/L	3,00 E.C. / 0,20 E.L.	3,00 mg/L	Cumple
SDT	118 mg/L	1000 mg/L	-	Cumple
Sulfatos	17 mg/L	250 mg/L	500 mg/L	Cumple
Turbidez	1,66 NTU	5 NTU	5 NTU	Cumple
pH	7,92	6,5 – 8,5	-	Cumple

Nota. Elaboración propia.

Todos los parámetros fisicoquímicos evaluados se ubican dentro de los LMP, confirmando de este modo que el agua del reservorio tiene las condiciones adecuadas desde el punto de vista fisicoquímico para el consumo humano.

Prueba de hipótesis específica 2

La segunda hipótesis específica planteó que Los parámetros microbiológicos presentes en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, distrito de Oxapampa, departamento de Pasco, durante el periodo 2024, cumplen con los estándares microbiológicos establecidos por la normativa nacional e internacional para agua de consumo humano.

Los resultados microbiológicos hicieron evidentes la ausencia total de una eventual contaminación fecal y de microorganismos patógenos pertinentes a partir de los resultados microbiológicos, pero no así para el recuento de heterótrofos, cuyos límites admitidos se veían superados en extremidades.

Tabla 46. *Comprobación de la hipótesis específica 2: Parámetros microbiológicos*

Indicador microbiológico	Resultado	LMP	OMS Internacional	Cumplimiento
Coliformes Totales	0 NMP/100 mL	0	No detectable/100 mL[3]	Cumple
Coliformes Termotolerantes	0 NMP/100 mL	0	No detectable en 100 mL	Cumple
Escherichia coli	0 NMP/100 mL	0	No detectable en 100 mL	Cumple
Recuento de Heterótrofos	1500 UFC/mL	500 UFC/mL	No establecido por OMS	No cumple
Huevos de Helmintos	0 Huevo/L	0	No establecido como GV numérico OMS	Cumple
Protozoarios Patógenos	0 P-A/L	0	No establecido como GV numérico OMS	Cumple
Algas	0 org/L	0	No establecido como GV numérico OMS	Cumple
Protozoarios	0 org/L	0	No establecido como GV numérico OMS	Cumple

Nota. Elaboración propia.

La calidad microbiológica del agua es favorable, como consecuencia de la ausencia de contaminación fecal; pero el exceso de heterótrofos hace evidente la necesidad de mejorar el sistema de cloración y desinfección del agua.

Prueba de hipótesis específica 3

La tercera de estas hipótesis específicas estableció que la concentración de metales pesados presentes en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, distrito de Oxapampa, departamento de Pasco, durante el periodo 2024, se encuentra dentro de los LMP establecidos por la normativa nacional e internacional para agua de consumo humano.

Los resultados hallaron que casi todos los metales pesados evaluados se

encontraron dentro de los LMP; sin embargo, el cadmio presentó un valor de 0,004 mg/L, llegando a valores que supera el LMP de 0,003 mg/L, constituyéndose en una observación crítica desde el punto de vista toxicológico.

Tabla 47. *Comprobación de la hipótesis específica 3: Metales pesados*

Metal pesado	Resultado	LMP Perú	OMS Internacional	Cumplimiento
Aluminio	0,150 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L†	Cumple el nivel práctico para instalaciones pequeñas
Antimonio	0,0007 mg/L	0,020 mg/L	0,020 mg/L	Cumple
Arsénico	0,003 mg/L	0,010 mg/L	0,010 mg/L	Cumple
Bario	0,20 mg/L	0,700 mg/L	1,30 mg/L	Cumple
Cadmio	0,004 mg/L	0,003 mg/L	0,003 mg/L	No cumple
Cobre	0,006 mg/L	2,00 mg/L	2,00 mg/L	Cumple
Cromo total	0,011 mg/L	0,050 mg/L	0,050 mg/L	Cumple
Hierro	0,030 mg/L	0,30 mg/L	No establecido	No comparable con un GV OMS
Manganeso	0,007 mg/L	0,40 mg/L	0,080 mg/L	Cumple
Mercurio inorgánico	0 mg/L	0,001 mg/L	0,006 mg/L	Cumple
Molibdeno	0,052 mg/L	0,07 mg/L	No establecido	No comparable con un GV OMS
Níquel	0,013 mg/L	0,020 mg/L	0,070 mg/L	Cumple
Plomo	0,012 mg/L	0,010 mg/L	0,010 mg/L	No cumple
Selenio	0,002 mg/L	0,010 mg/L	0,040 mg/L	Cumple
Sodio	0,865 mg/L	200 mg/L	No establecido	No comparable con un GV OMS
Uranio	0,001 mg/L	0,015 mg/L	0,030 mg/L	Cumple
Zinc	0,006 mg/L	3,00 mg/L	No establecido	No comparable con un GV OMS

Nota. Elaboración propia.

Los resultados muestran que existe un cumplimiento general en la mayoría de los metales pesados; a pesar de ello, el cadmio y el plomo superan ligeramente el límite

máximo permisible; y ello requiere de un monitoreo permanente y evaluación preventiva por el riesgo potencial que representa para la salud humana.

4.4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran, en términos generales, una condición fisicoquímica favorable del agua del reservorio de la localidad El Progreso, debido a que los 14 parámetros fisicoquímicos evaluados se encontraron dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Entre estos destacan la conductividad eléctrica de 236,20 µS/cm, la dureza total de 101 mg $CaCO_3$/L, los sólidos disueltos totales de 118 mg/L, los nitratos de 0,780 mg N-NO_3^-/L y el pH de 7,92. Estos resultados guardan similitud con lo reportado por Al-Khatib et al. (2023), quienes encontraron que los parámetros fisicoquímicos del agua doméstica en la gobernación de Jenin se mantenían, en general, dentro de los límites aceptables, aunque identificaron valores moderadamente elevados de sólidos disueltos totales, dureza y calcio en algunas muestras. La coincidencia entre ambos estudios evidencia que los parámetros fisicoquímicos pueden presentar condiciones favorables aun cuando existan variaciones en determinados componentes, dependiendo de las características de las fuentes de abastecimiento y de las condiciones ambientales del área evaluada.

Asimismo, los resultados presentan cierta correspondencia con el estudio de Latif et al. (2024), quienes determinaron que parámetros como el pH se encontraban dentro de los valores recomendados, aunque observaron una considerable variabilidad en los sólidos disueltos totales y diferencias espaciales en la calidad del agua. En el reservorio de El Progreso, el pH de 7,92 se encontró dentro del rango establecido de 6,5 a 8,5 y los sólidos disueltos totales alcanzaron 118 mg/L, valor considerablemente inferior al límite nacional de 1000 mg/L. Esta diferencia podría estar relacionada con

las características hidroquímicas de las fuentes de agua y con las condiciones particulares de abastecimiento de cada localidad. Sin embargo, a diferencia de Latif et al. (2024), quienes identificaron sectores con calidad de agua no adecuada para el consumo debido principalmente a la contaminación microbiológica, en El Progreso no se detectaron coliformes totales, coliformes termotolerantes ni Escherichia coli.

En relación con la calidad microbiológica, los resultados del presente estudio evidenciaron ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia coli, todos con valores de 0 NMP/100 mL, así como ausencia de huevos de helmintos, protozoarios patógenos, algas y protozoarios. Estos resultados difieren favorablemente de los reportados por Al-Khatib et al. (2023), quienes encontraron niveles inaceptables de coliformes fecales en diversos sitios de Palestina, asociados con posibles procesos de contaminación fecal. Del mismo modo, difieren de Latif et al. (2024), quienes registraron concentraciones elevadas de coliformes fecales y Escherichia coli en determinadas zonas urbanas de Lahore. La ausencia de estos indicadores en el reservorio de El Progreso constituye un resultado favorable respecto a la contaminación de origen fecal; sin embargo, debe considerarse que el recuento de bacterias heterótrofas alcanzó 1500 UFC/mL, superando el límite nacional de 500 UFC/mL. Por tanto, aunque no se evidenció contaminación fecal mediante los indicadores analizados, persiste una condición microbiológica que requiere atención y seguimiento.

La presencia de bacterias heterótrofas por encima del límite nacional también permite establecer una diferencia con Sánchez y Guangasig (2023), quienes, a partir de una revisión de la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano en Ecuador, evidenciaron la presencia de diversos microorganismos patógenos e indicadores de contaminación, entre ellos coliformes fecales, Escherichia coli, Shigella, Salmonella y parásitos como Giardia lamblia. En contraste, en el reservorio de El

Progreso no se detectaron los principales indicadores microbiológicos de contaminación fecal evaluados. Esta diferencia podría estar relacionada con las características de las fuentes de abastecimiento, las condiciones de saneamiento, el tratamiento aplicado y el manejo del sistema de distribución. No obstante, el elevado recuento de bacterias heterótrofas evidencia la necesidad de verificar la eficiencia de los procesos de desinfección y las condiciones de almacenamiento y distribución del agua.

Por otro lado, los resultados del presente estudio guardan relación con Hernández et al. (2021), quienes reportaron un índice de calidad del agua promedio de 74,1, clasificando la fuente hídrica como de buena calidad en la mayoría de las estaciones, aunque identificaron como principales fuentes de contaminación las aguas residuales domésticas, la escorrentía agrícola, las excretas de ganado porcino y la minería de arena. En el caso del reservorio de El Progreso, los parámetros analizados muestran una condición fisicoquímica favorable y ausencia de indicadores microbiológicos de contaminación fecal; sin embargo, considerando que el área se encuentra influenciada por actividades agrícolas y condiciones propias de un entorno rural, resulta importante mantener medidas preventivas que eviten el ingreso de contaminantes al sistema de abastecimiento. A diferencia del estudio de Hernández et al. (2021), en la presente investigación no se determinaron fuentes específicas de contaminación ni se calculó un índice de calidad del agua, por lo que la comparación se limita al comportamiento de los parámetros evaluados.

Los resultados obtenidos en el reservorio de la localidad El Progreso presentan diferencias importantes respecto a los antecedentes nacionales, particularmente en relación con los parámetros microbiológicos. En el presente estudio, los parámetros fisicoquímicos evaluados se encontraron dentro de los límites máximos permisibles

establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA, destacando un pH de 7,92, turbidez de 1,66 NTU, conductividad eléctrica de 236,20 µS/cm y sólidos disueltos totales de 118 mg/L. Estos resultados muestran una condición fisicoquímica favorable y guardan cierta similitud con lo reportado por Velásquez (2024), quien evaluó el agua para consumo humano del centro poblado de Viluyo y obtuvo valores de conductividad eléctrica de 131,55 µS/cm, pH de 7,40 y turbidez de 0,36 NTU, todos dentro de los límites establecidos por la normativa nacional. Si bien los valores registrados en El Progreso fueron superiores en conductividad, pH y turbidez, ambos estudios coinciden en que estos parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos para agua destinada al consumo humano.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, existe una coincidencia parcial con Velásquez (2024), debido a que en ambos estudios se registró ausencia de coliformes totales, con valores de 0 NMP/100 mL. En el presente estudio, además, se obtuvieron valores de 0 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes y Escherichia coli, así como ausencia de huevos de helmintos, protozoarios patógenos, algas y protozoarios. Estos resultados constituyen una condición favorable frente a los hallazgos de otros estudios nacionales. Sin embargo, el recuento de bacterias heterótrofas alcanzó 1500 UFC/mL, superando en 1000 UFC/mL el límite nacional de 500 UFC/mL. Por ello, a diferencia de Velásquez (2024), cuyos resultados permitieron concluir el cumplimiento de los parámetros evaluados, en El Progreso se presenta un incumplimiento microbiológico específico que impide afirmar un cumplimiento integral de todos los criterios establecidos.

Los resultados difieren de manera más marcada de los obtenidos por Ichiparra (2023) en el centro poblado Los Olivos, provincia de Barranca. Dicho estudio reportó valores de turbidez considerablemente elevados, alcanzando 162,10 NTU y 432 NTU

en determinados puntos de muestreo, mientras que en el presente estudio la turbidez fue de 1,66 NTU, encontrándose por debajo del límite nacional de 5 NTU. Asimismo, Ichiparra (2023) identificó concentraciones de coliformes totales de hasta 92 000 NMP/100 mL y valores elevados de coliformes termotolerantes y Escherichia coli, mientras que en El Progreso estos indicadores presentaron valores de 0 NMP/100 mL. Estas diferencias evidencian condiciones de calidad microbiológica y física considerablemente más favorables en el reservorio evaluado en El Progreso. Las diferencias pueden estar relacionadas con las características de las fuentes de abastecimiento, las condiciones de saneamiento, la presencia de actividades antrópicas y la eficiencia del tratamiento y desinfección del agua.

De manera similar, los resultados del presente estudio difieren de Chávez et al. (2022), quienes identificaron deficiencias en determinados parámetros microbiológicos del agua destinada al consumo humano en la ciudad de Huancavelica. Mientras dicho estudio evidenció problemas microbiológicos que podían comprometer la calidad del agua, en El Progreso no se detectaron coliformes totales, coliformes termotolerantes ni Escherichia coli. Sin embargo, la presencia de 1500 UFC/mL de bacterias heterótrofas demuestra que también existen aspectos microbiológicos que requieren medidas correctivas y seguimiento. En este sentido, ambos estudios coinciden en la necesidad de fortalecer el monitoreo y las medidas de tratamiento y control sanitario, aunque difieren en la magnitud y naturaleza de los incumplimientos identificados.

Los resultados también contrastan con Gutiérrez y Quispe (2024), quienes determinaron una calidad marginal en la subcuenca Shullcas, con un ICA-CCME de 46,2, y una calidad regular en la subcuenca Achamayo, con un valor de 67,8, asociadas principalmente con elevadas concentraciones de coliformes termotolerantes y Escherichia coli y con la influencia de vertimientos municipales sin tratamiento. En El

Progreso, ambos indicadores presentaron valores de 0 NMP/100 mL, por lo que no se evidenció la condición de contaminación fecal reportada en dichas subcuencas. La diferencia puede explicarse, entre otros factores, por la naturaleza de los sistemas evaluados, ya que Gutiérrez y Quispe analizaron subcuencas superficiales sometidas a presiones derivadas de vertimientos municipales, mientras que el presente estudio evaluó el agua almacenada en un reservorio destinado al abastecimiento humano.

Finalmente, los resultados del presente estudio presentan diferencias respecto a lo reportado por Mayta (2023), quien identificó concentraciones de hierro (0,856 mg/L) y plomo (0,436 mg/L) que superaron los límites máximos permisibles. En el reservorio de El Progreso, el hierro registró 0,030 mg/L, dentro del límite permitido; sin embargo, el plomo (0,012 mg/L) y el cadmio (0,004 mg/L) superaron los valores establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA. Estos resultados demuestran que, aunque las características fisicoquímicas del agua presentan condiciones favorables, la presencia de determinados metales por encima de los límites establecidos constituye un aspecto que requiere atención. En consecuencia, ambas investigaciones resaltan la importancia de evaluar los metales pesados como parte del control de la calidad del agua destinada al consumo humano.

CONCLUSIONES

Se evaluó la calidad del agua para consumo humano del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa–Pasco, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales y su comparación con los límites de referencia establecidos para la investigación. La muestra recolectada en diciembre de 2024 presentó resultados favorables en diversos parámetros; sin embargo, se identificaron incumplimientos en el recuento de bacterias heterótrofas y en las concentraciones de cadmio y plomo. En consecuencia, la muestra analizada no cumplió integralmente con los requisitos considerados para los parámetros evaluados. Este resultado corresponde al punto y momento de muestreo y no permite establecer el comportamiento de la calidad del agua durante todo el año ni en la totalidad del sistema de distribución.

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua mediante su comparación con los límites de referencia correspondientes. Entre los resultados se registraron un pH de 7,92, turbidez de 1,66 NTU, conductividad eléctrica de 236,20 µS/cm, sólidos disueltos totales de 118 mg/L, dureza total de 101 mg $CaCO_3$/L y nitratos de 0,780 mg/L. Estos parámetros se encontraron dentro de los límites o intervalos considerados en la investigación, evidenciando condiciones favorables para las características señaladas en la muestra analizada.

Se evaluaron los parámetros microbiológicos del agua, registrándose resultados de 0 NMP/100 mL para coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia coli, conforme a lo reportado en el estudio. No obstante, el recuento de bacterias heterótrofas alcanzó 1500 UFC/mL y superó el límite de 500 UFC/mL, equivalente a tres veces dicho valor. Por tanto, la muestra presentó incumplimiento en este parámetro microbiológico. Este hallazgo no demuestra por sí solo contaminación fecal ni la presencia de microorganismos patógenos.

Se evaluaron las concentraciones de los 17 metales y elementos inorgánicos considerados en la investigación, identificándose incumplimientos para cadmio y plomo. El

cadmio presentó una concentración de 0,004 mg/L frente al límite de 0,003 mg/L, mientras que el plomo alcanzó 0,012 mg/L frente al límite de 0,010 mg/L; las excedencias fueron de 0,001 mg/L y 0,002 mg/L, respectivamente. Los otros 15 elementos se encontraron dentro de los límites considerados en las tablas de evaluación. En consecuencia, la muestra no presentó cumplimiento integral para este grupo de parámetros, sin que los resultados permitan establecer el origen de los elementos detectados.

RECOMENDACIONES

Conforme a los méritos que se obtenían respecto a la calidad del agua de dicho reservorio de la localidad de El Progreso y teniendo presente todos los parámetros que cubrieron los estándares exigibles y los parámetros que no cumplieron y hay que realizar una intervención, se detallan las siguientes recomendaciones para reforzar la gestión del recurso hídrico y conseguir un abastecimiento seguro para el ciudadano:

Optimizar el proceso de desinfección del agua; dado que el único parámetro que excedió los LMP fue el recuento de bacterias heterótrofas (1500 UFC/mL), se recomienda: aumentar y ajustar la dosis de cloro durante el proceso de desinfección, supervisando que permanezca dentro del rango permitido y sin generar subproductos no deseados; implementar un sistema de cloración automatizado que permita controlar con precisión la concentración de cloro residual libre; realizar pruebas periódicas de eficiencia de desinfección, evaluando su impacto directo en la reducción de la carga heterotrófica.

Realizar limpieza y mantenimiento periódico del reservorio y las redes de distribución; considerando que la presencia elevada de bacterias heterótrofas puede estar asociada a la formación de biopelículas en tuberías o depósitos; siendo así es necesario establecer un cronograma trimestral de limpieza interna del reservorio principal; ejecutar lavados y purgas preventivas en la red de distribución, especialmente en puntos muertos o zonas de baja presión y revisar la integridad de las tuberías para detectar acumulación de sedimentos o crecimiento microbiano.

Fortalecer el monitoreo de calidad del agua, para el caso se sugiere implementar un sistema de vigilancia que permita detectar oportunamente desviaciones en los parámetros de calidad; realizar monitoreos mensuales de parámetros microbiológicos, priorizando heterótrofos, coliformes totales y *E. coli;* continuar con el análisis semestral de parámetros fisicoquímicos y metales pesados, a fin de garantizar la estabilidad observada; y generar un

registro sistematizado de los resultados para evaluar tendencias temporales y tomar decisiones basadas en evidencia.

Implementar mejoras en la infraestructura de tratamiento, si bien la calidad fisicoquímica es adecuada, se recomienda evaluar la posibilidad de modernizar o ampliar la planta de tratamiento, incluyendo filtros de mayor eficiencia o sistemas de desinfección complementarios (UV u ozono); incorporar materiales de filtración con mayor capacidad de retención de sólidos, aun si los niveles actuales son bajos; analizar la factibilidad de añadir una etapa de post cloración en el punto final de distribución para asegurar la protección microbiológica continua.

Fortalecer la educación sanitaria en la población, en función de reducir riesgos asociados al manejo inadecuado del agua en los hogares, a la par se recomienda también desarrollar campañas comunitarias sobre el uso seguro del agua, enfatizando la importancia de hervir el agua en caso de fallas en la desinfección; promover buenas prácticas como la limpieza de tanques domiciliarios, el mantenimiento de sistemas de almacenamiento y la prevención de la contaminación cruzada; e implementar actividades educativas en coordinación con centros de salud, municipalidades y comités de agua potable.

Es necesario también garantizar la protección del área de captación del agua, dado que la calidad fisicoquímica del agua es adecuada, es fundamental proteger la zona de captación para evitar futuras afectaciones; establecer una zona de protección sanitaria alrededor del reservorio para restringir actividades agrícolas, ganaderas o domésticas; promover prácticas agrícolas sostenibles que eviten el uso excesivo de fertilizantes o pesticidas en zonas cercanas; e implementar medidas de vigilancia para impedir la descarga de residuos o efluentes que puedan comprometer la calidad del recurso.

Realizar evaluaciones integrales del sistema de abastecimiento; para ello es recomendable llevar a cabo un diagnóstico técnico completo para identificar puntos de

vulnerabilidad del sistema; revisar la eficiencia del sistema de captación, almacenamiento y distribución; evaluar la presión y continuidad del servicio, factores que pueden influir en la entrada de contaminantes; e implementar mejoras estructurales donde sean necesarias.

Finalmente se recomienda, actualizar los protocolos operativos del sistema de agua potable, establecer protocolos documentados de mantenimiento, desinfección, monitoreo y respuesta ante emergencias sanitarias; capacitar al personal encargado del sistema en técnicas actualizadas de control microbiológico y gestión de riesgos y alinear los protocolos con las normas vigentes del Ministerio de Salud y las directrices de la OMS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Khatib, I. A., Al-Jabari, M., y Al-Oqaili, M. (2023). Assessment of Bacteriological Quality and Physiochemical Parameters of Domestic Water Sources in Jenin Governorate: A Case Study. Journal of Environmental and Public Health, 2023(1), 1–10. https://doi.org/10.1155/2023/8000728

Arciniega, M. A. (2023). Remoción de cobre en agua sintética utilizando pectina de cascara de naranja (Citrus sinensis). Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical, 3(1), 41–50. https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.04

Banda, T., y Kumarasamy, M. (2020). Development of a Universal Water Quality Index (UWQI) for South African River Catchments. Water, 12(6), 1534. https://doi.org/10.3390/w12061534

Borda, B. (2023). Filtración de la cáscara de naranja, para la potabilización del agua de lluvia en las zonas rurales de San Ramón, Junín. Revista Científica Pakamuros, 10(1). https://doi.org/10.37787/9ma6yb36

Castillo, M. (2023). Revisión sobre clarificación del agua y el uso de semillas de moringa, Moringa oleífera Lam. Revista de La Sociedad Científica Del Paraguay, 28(1), 169–9. https://doi.org/10.32480/rscp.2023.28.1.169

Castro, L., Chalen, J., Chávez, G., y Cadena, W. (2018). Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en el cantón Colimes de Balzar de la Provincia del Guayas. Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación, 3(3), 43–49. https://doi.org/https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp53-60p

Chávez, E., Humani, L., Yauri, Y., y Ataucusi, R. (2022). Determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la ciudad de Huancavelica. Revista Científica Siglo XXI, 2(2).

https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v2i2.191

Chidiac, S., El Najjar, P., Ouaini, N., El Rayess, Y., y El Azzi, D. (2023). A comprehensive review of water quality indices (WQIs): history, models, attempts and perspectives. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 22(2), 349–395. https://doi.org/10.1007/s11157-023-09650-7

Contreras, H., Belizarioe, G., y Chui, H. N. (2023). Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, el Collao, Puno, Perú. Revista Boliviana de Química, 40(2), 1–5. https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.2.1

Cuba, E. G., y Lincoln, Y. S. (2005). Paradigmatic Controversies, Contradictions, and Emerging Confluences. In N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.), The Sage handbook of qualitative research (3rd ed., pp. 191–215). Sage Publications Ltd. https://psycnet.apa.org/record/2005-07735-008

Environmental Protection Agency (EPA). (2013). Revised Total Coliform Rule and Total Coliform Rule. [Descripción del uso de los coliformes totales como indicador de otros patógenos y de la integridad del sistema].

Fetrat, S., y Islam, S. (2024). Investigation of the physicochemical parameters of drinking water in Herat province and its comparison with World Health Organization standards. Discover Water, 4(1), 112. https://doi.org/10.1007/s43832-024-00169-8

Gómez, A., Machado, F., y Datshkovsky, D. (2021). Water and Sanitation Services in Latin America: Access and Quality Outlook. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0003285

Gutiérrez, M., y Quispe, W. C. B. (2024). Evaluación de la calidad del agua de las subcuencas Achamayo y Shullcas (Junín-¨Perú) utilizando el índice de calidad CCME. Ecología Aplicada, 23(1), 87–101. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9768595

Gutiérrez, P. (2019). Determinación de los parámetros de diseño y el porcentaje de sustitución

del cloruro férrico por el almidón de yuca en el proceso de clarificación y remoción de arsénico de las aguas del río Uchusuma (Provincia, Tacna) y propuesta de diseño de un reactor batch a nivel domiciliar [UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA]. https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d81a44b9-cf78-48ad-9f5c-f04362fe3f8d/content

Hama, K. H., Mustafa, F. S., Omer, K. M., Hama, S., Hamarawf, R. F., y Rahman, K. O. (2023). Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. RSC Advances, 13(26), 17595–17610. https://doi.org/10.1039/D3RA00723E

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2018). Metodología de la investigación. In Metodología de la investigación. https://doi.org/978-92-75-32913-9

Hernandez, U., Pinedo, J., Paternina, R., y Marrugo, J. L. (2021). Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica, 24(1). https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1678

Herrera, M. (2015). Evaluación del almidón de papa como floculante para el tratamiento de aguas residuales domésticas. @LIMENTECH Ciencia y Tecnología Alimentaria, 13(2), 123–135. https://doi.org/https://doi.org/10.24054/limentech.v13i2.1614

Huaira, P., y Morán, W. (2024). Evaluación del cloruro férrico y amonio cuaternario en la reducción de turbidez de aguas del río Shulcas [Universidad Continental]. In Universidad Continental.

https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14754

Huanca-Arohuanca, J., Butrón Pinazo, S., Supo Quispe, L., y Supo Condori, F. (2020). Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú. Ciencia y Desarrollo, 26, 88–96.

Ichiparra, R. J. (2023). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano del Centro Poblado Los Olivos – Provincia de Barranca [Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. http://hdl.handle.net/20.500.14067/85318

Kılıç, Z. (2020). The importance of water and conscious use of water. International Journal of Hydrology, 4(5), 239–241. https://doi.org/10.15406/ijh.2020.04.00250

Kumar, P., Gacem, A., Ahmad, M. T., Yadav, V. K., Singh, S., Yadav, K. K., Alam, M. M., Dawane, V., Piplode, S., Maurya, P., Ahn, Y., Jeon, B.-H., & Cabral-Pinto, M. M. S. (2022). Environmental and human health implications of metal(loid)s: Source identification, contamination, toxicity, and sustainable clean-up technologies. Frontiers in Environmental Science, 10, 949581. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.949581

Lacalamita, D., Mongiovì, C., y Grégorio, C. (2024). Chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand analysis of discharge waters from laundry industry: monitoring, temporal variability, and biodegradability. 12, 12, 1–11.

Latif, M., Nasir, N., Nawaz, R., Nasim, I., Sultan, K., Irshad, M. A., Irfan, A., Dawoud, T. M., Younous, Y. A., Ahmed, Z., y Bourhia, M. (2024). Assessment of drinking water quality using Water Quality Index and synthetic pollution index in urban areas of mega city Lahore: a GIS-based approach. Scientific Reports, 14(1), 13416. https://doi.org/10.1038/s41598-024-63296-1

Maddah, H. (2022). Predicting Optimum Dilution Factors for BOD Sampling and Desired Dissolved Oxygen for Controlling Organic Contamination in Various Wastewaters. Hindawi, 2022, 1–14.

Mayta, A. M. (2023). Repositorio Institucional UNDAC. Obtenido de Repositorio Institucional UNDAC: http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3595

Ministerio de Salud. (2010). Decreto Supremo N.º 031-2010-SA: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Diario Oficial El Peruano.

Ministerio del Ambiente. (2022). Política Nacional del Ambiente al 2030. https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2755679-infografia-de-la-politica-nacional-del-ambiente-al-2030

Murga-Menoyo, M. A. (2013). Desarrollo sostenible: problemáticas, agentes y estrategias. McGraw-Hill.

http://encore.fama.us.es/iii/encore/record/C__Rb2556575__Sdesarrollo%20sostenble__P0%2C1__Orightresult__X7?lang=spiysuite=cobalt

Organización Mundial de la Salud. (2022). Lead in drinking-water: Health risks, monitoring and corrective actions. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020863

Organización Mundial de la Salud. (2017). Guías para la calidad del agua potable (4.ª ed., incorporando la primera adenda). Ginebra: OMS.

Organización Mundial de la Salud (2005). Reglamento Sanitario Internacional. Enmendado en 2014 y 2022. OMS. https://apps.who.int/gb/bd/pdf_files/IHR_2022-sp.pdf

Ortega, A., Cáceres, L., y Castiblanco, L. (2023). INTRODUCCIÓN AL USO DE COAGULANTES NATURALES EN LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO, 11(2), 1. https://doi.org/10.24054/aaas.v11i2.873

Palella, S., y Martins, F. (2006). Metodologia de la investigacion cuantitativa. Fondo Editorial de La Universida Pedagogica Experimental Libertador, 4(1), 1–128. https://books.google.com/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_cuanti.html?id=a5NHAgAACAAJ

Quintero, K. (2022). Sistemas de Tratamiento para la Potabilización del Agua en Colombia [Universidad Cooperativa de Colombia]. In Braz Dent J. (Vol. 33, Issue 1). https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/500f3756-1fc5-4b55-bf65-463eb26d2c73/content

Richiardi, L., Pignata, C., Fea, E., Bonetta, S., y Carraro, E. (2023). Are Indicator Microorganisms Predictive of Pathogens in Water? Water, 15(16), 1–30.

Ríos, L., Colegial, J., y Collazoo, M. (2023). Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas en la ciudad de Minas, departamento de Lavalleja, Uruguay. Boletín de Geología, 45(1). https://doi.org/10.18273/revbol.v45n1-2023005

Romero, H., Real, J., Ordoñez, J., Gavino, L. y Saldarriaga, G. (2021). Metodología de la Investigación. Edicumbre Editorial Corporativa. https://doi.org/10.47606/ACVEN/ACLIB0017

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2021). Perú: Sistema de monitoreo y seguimiento de los indicadores de los objetivos de desarrollo sostenible. https://ods.inei.gob.pe/ods/objetivos-de-desarrollo-sostenible/agua-limpia-y-saneamiento

Sánchez, S. A., y Guangasig, V. H. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 4(2), 1388–1402. https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.690

Sánchez, H., Reyes, C., y Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Universidad Ricardo Palma. https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf

Singh, V., Ahmed, G., Vedika, S., Kumar, P., Chaturvedi, S. K., Rai, S. N., Vamanu, E., y Kumar, A. (2024). Toxic heavy metal ions contamination in water and their sustainable reduction by eco-friendly methods: isotherms, thermodynamics and kinetics study. Scientific Reports, 14(1), 7595. https://doi.org/10.1038/s41598-024-58061-3

Soaudy, M., Ghonimy, A., Greco, L., Chen, Z., Dyzenchauz, A., y Li, J. (2023). Total suspended solids and their impact in a biofloc system: Current and potentially new

management strategies. Aquaculture, 572.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica: Incluye evaluación y administración de proyectos de investigación (4.ª ed.). México: Limusa. ISBN: 968-18-5872-7

Tirado, E., Portugal, M., Apaza, J., y Tirado, L. (2022). Optimización de dos coagulantes naturales coadyuvados por hidróxido de sodio para la potabilización de aguas del río Caplina. REVISTA VERITAS ET SCIENTIA - UPT, 11(1). https://doi.org/10.47796/ves.v11i1.600

Van Vliet, M. T. H., Jones, E. R., Flörke, M., Franssen, W. H. P., Hanasaki, N., Wada, Y., y Yearsley, J. R. (2021). Global water scarcity including surface water quality and expansions of clean water technologies. Environmental Research Letters, 16(2), 024020. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbfc3

Vanegas, B., y López, N. (2021). Recopilación del uso de coagulantes naturales para remoción de turbiedad en aguas en América Latina [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. http://hdl.handle.net/11349/26571

Velásquez, G. (2024). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano en el Centro Poblado de Viluyo del Distrito de Pichacani – Laraqueri, Puno - 2023. [Universidad Privada San Carlos]. In Universidad Privada San Carlos. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/989

Volf, G., Sušanj, I., Atanasova, N., Zorko, S., y Ožanić, N. (2025). Explaining and Predicting Microbiological Water Quality for Sustainable Management of Drinking Water Treatment Facilities. Sustainability, 17(15), 6659. https://doi.org/10.3390/su17156659

Wen, X., Chen, F., Lin, Y., Zhu, H., Yuan, F., Kuang, D., Jia, Z., y Yuan, Z. (2020). Microbial Indicators and Their Use for Monitoring Drinking Water Quality—A Review. Sustainability, 12(6), 2249. https://doi.org/10.3390/su12062249

World Health Organization. (2020). Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report | UNEP - UN Environment Programme. https://www.unep.org/resources/report/global-drinking-water-quality-index-development-and-sensitivity-analysis-report-0

Zambrano, M. (2023). Eficiencia de la bioadsorción de Cadmio (ii) y Cromo (iii) en aguas contaminadas a nivel de laboratorio mediante la utilización de cáscara de cebolla (allium cepa), [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/22148

Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M., Khan, K. A., y Li, S. (2022). Health and environmental effects of heavy metals. Journal of King Saud University - Science, 34(1), 101653. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653

Zhang, P., Yang, M., Lan, J., Huang, Y., Zhang, J., Huang, S., Yang, Y., y Ru, J. (2023). Water Quality Degradation Due to Heavy Metal Contamination: Health Impacts and Eco-Friendly Approaches for Heavy Metal Remediation. Toxics, 11(10), 828. https://doi.org/10.3390/toxics11100828

Zúñiga, S., Ibáñez, O., Salas, J., Flores, E., y Velázquez, G. (2022). Métodos de remoción de metales en aguas para consumo humano: Una revisión. Cultura Científica y Tecnológica, 19(2). https://doi.org/10.20983/culcyt.2022.2.3.1

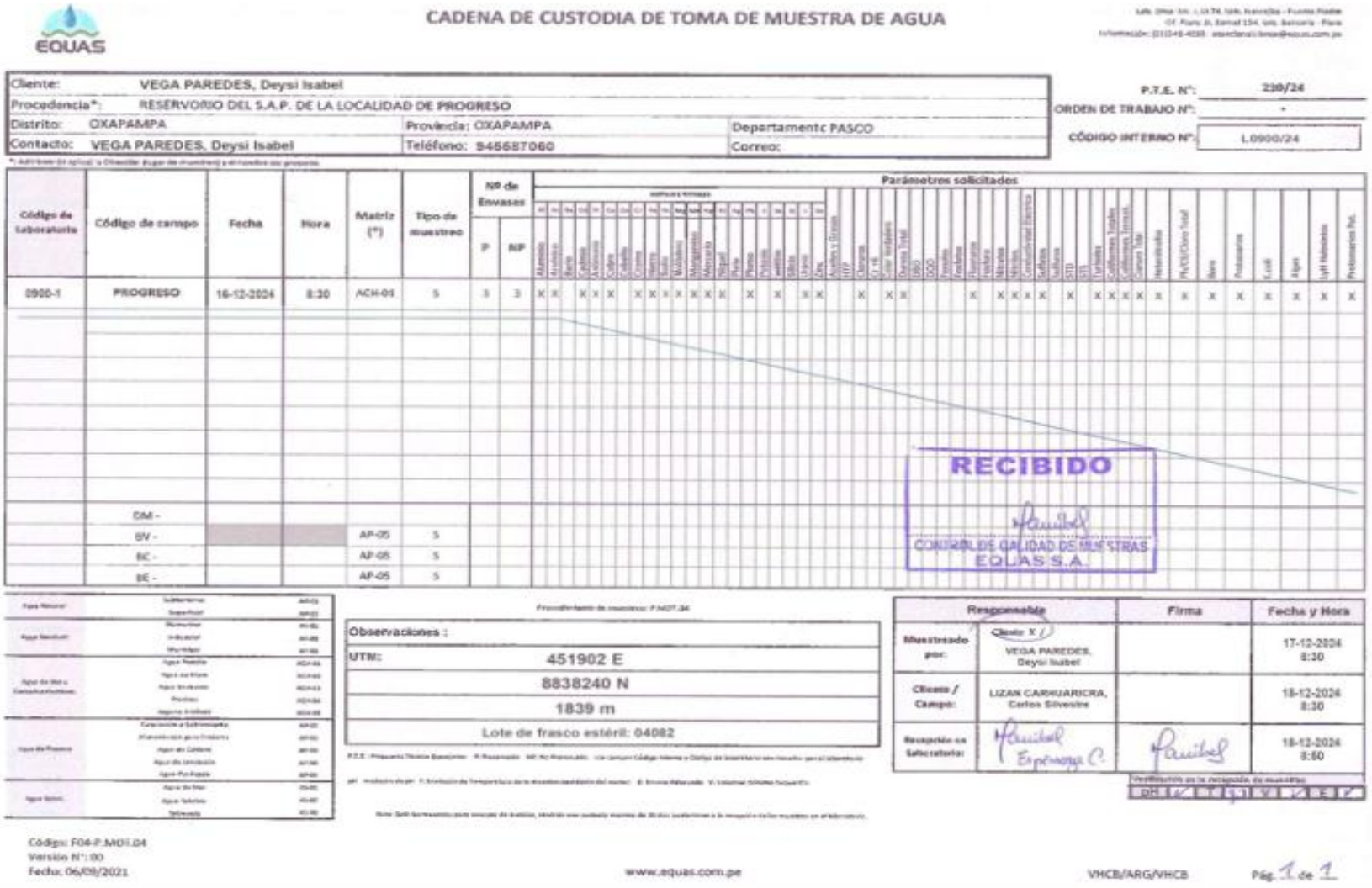
ANEXOS

Anexo 1: Instrumentos de recolección de datos

Indicadores fisicoquímicos				
Indicador	Valor	LMP	OMS Internacional	Escala
Boro	0,01	1,500	2,4	mg/L
Cianuro	< 0,002	0,070	0,07	mg/L
Color verdadero	1	15	No establecido	UCV
Cloro	0,10	1,5	0,2	mg/L
Cloruro	1	250	250	mg/L
Conductividad eléctrica	236,20	1500	No establecido como valor guía sanitario	µmho/cm
Dureza	101	500	No establecido como valor guía sanitario	mg $CaCO_3$/L
Fluoruros	0,084	1,000	1,5	mg F^-/L
Nitratos	0,780	50,00	50,00	mg N-NO_3 - /L
Nitritos	0,003	3,00E.C. - 0,20 E.L.	3 mg/L corto plazo; 0,2 mg/L largo plazo	mg N-NO_2 - /L
Sólidos disueltos	118	1000	No existe GV sanitario específico; <1000 mg/L se considera generalmente aceptable	mg/L
Sulfato	17	250	250–500	mg SO_4^{2-} /L
Turbidez	1,66	5	<1 NTU como objetivo para desinfección eficaz; <5 NTU cuando <1 no es factible	NTU
Potencial de hidrogeno	7,92	6,5-8,5	6,5–8,5	Unidad de pH
Indicadores Microbiológicos				
Coliformes totales	0	0	No constituye el principal indicador sanitario; ausencia esperada en agua tratada	NMP/100 mL
Coliformes termotolerantes	0	0	No detectable en 100 mL	NMP/100mL
Escherichia Coli	0	0	No detectable en 100 mL	NMP/100 mL
Heterótrofos	1500	500	No establecido por OMS	UFC/mL
Huevos de Helmintos	0	0	No establecido como GV numérico OMS	Huevo/L

Protozoarios Patógenos	0	0	No establecido como GV numérico OMS	P-A/L
Algas	0	0	No establecido como GV numérico OMS	N° Organismos / L
Protozoarios	0	0	No establecido como GV numérico OMS	N° Organismos / L
METALES PESADOS				
Aluminio	0,150	0,2	0,1–0,2 mg/L como nivel práctico operacional	mg/L
Antimonio	0,0007	0,020	0,020	mg/L
Arsénico	0,003	0,010	0,010	mg/L
Bario	0,20	0,700	1,3	mg/L
Cadmio	0,004	0,003	0,003	mg/L
Cobre	0,006	2,00	2,0	mg/L
Cromo	0,011	0,050	0,050	mg/L
Hierro	0,030	0,30	No establecido como GV sanitario; se considera principalmente de aceptabilidad	mg/L
Manganeso	0,007	0,40	0,08	mg/L
Mercurio	0	0,001	0,006	mg/L
Molibdeno	0,052	0,07	0,07	mg/L
Níquel	0,013	0,020	0,07	mg/L
Plomo	0,012	0,010	0,010	mg/L
Selenio	0,002	0,010	0,04 mg/L	mg/L
Sodio	0,865	200	No establecido como GV sanitario; 200 mg/L se relaciona con aceptabilidad	mg/L
Uranio	0,001	0,015	0,03 mg/L	mg/L
Zinc	0,006	3,00	No establecido como GV sanitario; >3 mg/L puede afectar aceptabilidad	mg/L

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos — Cadena de custodia



EQUAS

CADENA DE CUSTODIA DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA

Cliente:	VEGA PAREDES, Deysi Isabel		
Procedencia*:	RESERVORIO DEL S.A.P. DE LA LOCALIDAD DE PROGRESO		
Distrito:	OXAPAMPA	Provincia: OXAPAMPA	Departamento: PASCO
Contacto:	VEGA PAREDES, Deysi Isabel	Teléfono: 945687060	Correo:

P.T.E. N°: 230/24
ORDEN DE TRABAJO N°:
CÓDIGO INTERNO N°: L.0900/24

Código de Laboratorio	Código de campo	Fecha	Hora	Matriz (*)	Tipo de muestreo	Nº de Envases P	Nº de Envases NP	Parámetros solicitados
0900-1	PROGRESO	16-12-2024	8:30	ACH-01	S	3	3	
	CM -							
	BV -			AP-05	S			
	BC -			AP-05	S			
	BE -			AP-05	S			

RECIBIDO
CONTROL DE CALIDAD DE MUESTRAS
EQUAS S.A.

Procedimiento de muestreo: P.MOT.04

Observaciones :

UTM:	451902 E
	8838240 N
	1839 m
	Lote de frasco estéril: 04082

Responsable		Firma	Fecha y Hora
Muestreado por:	VEGA PAREDES, Deysi Isabel		17-12-2024 8:30
Clicente / Campo:	LIZAN CARHUARICRA, Carlos Silvestre		18-12-2024 8:30
Recepción en Laboratorio:	Esperanza C.		18-12-2024 8:50

Verificación en la recepción de muestras:
pH | C | Turb | Cl | V | T | E

Código: F04-P.MOI.04
Versión N°: 00
Fecha: 06/09/2021

www.equas.com.pe

VHCB/ARG/VHCB

Pág. 1 de 1

Anexo 3: Informes de ensayos

Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

TESTING LABORATORY ACCREDITED BY INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. CERTIFICATE: TL-1011 — IAS ACCREDITED Testing Laboratory

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 030 — INACAL DA - Perú — Registro N° LE - 030

INFORME DE ENSAYO Nº A1548/24

Solicitante : **VEGA PAREDES, Deisy Isabel;**
LIZAN CARHUARICRA, Carlos Silvestre

Procedencia : **RESERVORIO DEL S.A.P. DE LA LOCALIDAD DE PROGRESO**
Distrito: Oxapampa - Provincia: Oxapampa
Departamento: Pasco

Matriz de la muestra : **Agua de Uso y Consumo Humano**

Fecha de Muestreo : 17 - Diciembre - 2 024
Responsable del muestreo : **VEGA PAREDES, Deisy Isabel;**
LIZAN CARHUARICRA, Carlos Silvestre
Fecha y Hora de Recepción : 18 - Diciembre - 2 024 / 08:20 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 18 - Diciembre - 2 024

Código Interno: L1548/24

PARÁMETROS	0900 - 1 [a] PROGRESO[b] (08:50 h)	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
Boro (B)	<0,01	mg B/L	APHA 4500-B C (*)
Cianuro Total	<0,002	mg CN-/L	APHA 4500-CN- C, E (*)
Color Verdadero	1	UC	APHA 2120 C (*)
Cloro Total	0,10	mg/L	APHA 4500-Cl G
Cloruros	1	mg Cl^-/L	APHA 4500-Cl^- C (*)
Conductividad Eléctrica	236,20	µmho/cm	APHA 2510 B (~)
Dureza Total	101	mg $CaCO_3$/L	APHA 2340 C (*)
Fluoruros	0,084	mg F-/L	APHA 4500-F- D (*)
Nitratos	0,780	mg N-NO_3^-/L	APHA 4500-NO_3^- B (*)
Nitritos	0,003	mg N-NO_2^-/L	EPA 354,1 (*)
Sólidos Totales Disueltos	118	mg/L	APHA 2540 C (~)
Sulfatos	17	mg SO_4^{2-}/L	APHA 4500-SO_4^{2-} E (*)
Turbidez	1,66	NTU	APHA 2130 B (*)
pH	7,92	Unidad de pH	APHA 4500-H^+ B

(a) Código de Laboratorio *(b) Código del Solicitante y hora de muestreo*

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS, -
- *Standard Methods for The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed, APHA, AWWA WEF, 2017.*
- *US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354,1,1971*
- *(~) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.*
- *(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA.*

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA, -
- *Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.*

OBSERVACIONES, –
- *Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.*

Lima, 08 de enero de 2025

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Cóndor Evaristo
Gerente General

EQUAS S.A.

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

INFORME DE ENSAYO Nº A1548/24

Solicitante : **VEGA PAREDES, Deisy Isabel;**
LIZAN CARHUARICRA, Carlos Silvestre

Procedencia : **RESERVORIO DEL S.A.P. DE LA LOCALIDAD DE PROGRESO**
Distrito: Oxapampa - Provincia: Oxapampa
Departamento: Pasco

Matriz de la muestra : **Agua de Uso y Consumo Humano**

Fecha de Muestreo : 17 - Diciembre - 2 024
Responsable del muestreo : **VEGA PAREDES, Deisy Isabel;**
LIZAN CARHUARICRA, Carlos Silvestre
Fecha y Hora de Recepción : 18 - Diciembre - 2 024 / 08:20 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 18 - Diciembre - 2 024

Código Interno: L1548/24

PARÁMETROS	0900 - 1 [a] PROGRESO[b] (08:50 h)	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
Microbiológicos			
Coliformes Totales	0,00	NMP/100 mL	*APHA 9221 B (*)*
Coliformes Termotolerantes	0,00	NMP/100 mL	*APHA 9221 E (Ítem 1) (*)*
Escherichia Coli	0,00	NMP/100 mL	*APHA 9221 G (Ítem 2) (*)*
Recuento de Heterótrofos en Placa [*]	$15x10^2$	UFC/mL	*APHA 9215 B (*)*
Parasitológicos			
Huevos de Helmintos	0	Huevo/L	*The modified Bailenger method - Validado (Modificado) (~)*
Protozoarios Patógenos	Ausencia	P-A/L	*APHA 9711*
Organismos de Vida Libre			
Algas	0	N° Organismos / L	*APHA 10200 C.1, F.2.(a, c.1) / APHA 10200 C.1, G. (~)*
Protozoarios	0		

([a]) Código de Laboratorio *([b]) Código del Solicitante y hora de muestreo*

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS, -
- *Standard Methods for The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed, APHA, AWWA WEF, 2017.*
- *Validated - (Referenced in the modified Bailenger method. Analysis of residual water for use in agriculture. WHO 0900). Detección y/o Enumeración de Huevos de Helmintos en Aguas*
- *(~) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.*
- *(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA.*

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA, -
- *Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.*

OBSERVACIONES, -
- [*] *La temperatura y el tiempo de incubación es 35°C/48 h, y el medio de cultivo es plate count agar (PCA).*
- *Los resultados < 1,1; < 1,8 y/o < 1, son equivalentes a cero (0), lo que significa la no detección del parámetro.*
- *Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.*

Lima, 08 de enero de 2025

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Cóndor Evaristo
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

INFORME DE ENSAYO NºA1548/24

Solicitante : **VEGA PAREDES, Deisy Isabel;**
LIZAN CARHUARICRA, Carlos Silvestre

Procedencia : **RESERVORIO DEL S.A.P. DE LA LOCALIDAD DE PROGRESO**
Distrito: Oxapampa - Provincia: Oxapampa
Departamento: Pasco

Matriz de la muestra : **Agua de Uso y Consumo Humano**

Fecha de Muestreo : 17 - Diciembre - 2 024
Responsable del muestreo : **VEGA PAREDES, Deisy Isabel;**
LIZAN CARHUARICRA, Carlos Silvestre
Fecha y Hora de Recepción : 18 - Diciembre - 2 024 / 08:20 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 18 - Diciembre - 2 024

Código Interno: L1548/24

PARÁMETROS	0900 - 1 [a] PROGRESO[b] (08:50 h)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
Metales Totales			
Aluminio (Al)	0,150	mg/L	*APHA 3111 D (*)*
Antimonio (Sb)	0,0007	mg/L	*EPA 7062 (~)*
Arsénico (As)	0,003	mg/L	*APHA 3114 C (*)*
Bario (Ba)	0,20	mg/L	*APHA 3111 D (*)*
Cadmio (Cd)	0,004	mg/L	*APHA 3111 B (*)*
Cobre (Cu)	0,006	mg/L	*APHA 3111 B (~)*
Cromo (Cr)	0,011	mg/L	*APHA 3111 B (*)*
Hierro (Fe)	0,030	mg/L	*APHA 3111 B (~)*
Manganeso (Mn)	0,007	mg/L	*APHA 3111 B (*)*
Mercurio (Hg)	0,000	mg/L	*APHA 3112 B (*)*
Molibdeno (Mo)	0,052	mg/L	*APHA 3111 D (~)*
Níquel (Ni)	0,013	mg/L	*APHA 3111 B (*)*
Plomo (Pb)	0,012	mg/L	*APHA 3111 B (~)*
Selenio (Se)	0,002	mg/L	*APHA 3114 C (*)*
Sodio (Na)	0,865	mg/L	*APHA 3111 B (*)*
Uranio (U)	0,001	mg/L	*APHA 3125 B*
Zinc (Zn)	0,006	mg/L	*APHA 3111 B (~)*

[a] Código de Laboratorio *[b] Código del Solicitante y hora de muestreo*

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS,-
- *Standard Methods for The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed, APHA, AWWA WEF, 2017.*
- *PA Method 7062, 1994. Antimony And Arsenic (Atomic Absorption, Borohydride Reduction).*
- *(~) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-101.*
- *(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA.*

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA,-
- *Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.*

OBSERVACIONES, -
- *Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.*

Lima, 08 de enero de 2025

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Cóndor Evaristo
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Anexo 4: LMP - Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bactérias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bactérias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bactérias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Vírus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias
(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1 000
8. Cloruros	mg Cl^- L^{-1}	250
9. Sulfatos	mg $SO_4^=$ L^{-1}	250
10. Dureza total	mg $CaCO_3$ L^{-1}	500
11. Amoniaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeso	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L-1	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zinc	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

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

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L^{-1}	0,020
2. Arsénico **(nota 1)**	mg As L^{-1}	0,010
3. Bario	mg Ba L^{-1}	0,700
4. Boro	mg B L^{-1}	1,500
5. Cadmio	mg Cd L^{-1}	0,003
6. Cianuro	mg CN^- L^{-1}	0,070
7. Cloro **(nota 2)**	mg L^{-1}	5
8. Clorito	mg L^{-1}	0,7
9. Clorato	mg L^{-1}	0,7
10. Cromo total	mg Cr L^{-1}	0,050
11. Flúor	mg F^- L^{-1}	1,000
12. Mercurio	mg Hg L^{-1}	0,001
13. Niquel	mg Ni L^{-1}	0,020
14. Nitratos	mg NO_3 L^{-1}	50,00
15. Nitritos	mg NO_2 L^{-1}	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L^{-1}	0,010
17. Selenio	mg Se L^{-1}	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L^{-1}	0,07
19. Uranio	mg U L^{-1}	0,015

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales **(nota 3)**		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL^{-1}	0,01
3. Aceites y grasas	mgL^{-1}	0,5
4. Alacloro	mgL^{-1}	0,020
5. Aldicarb	mgL^{-1}	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL^{-1}	0,00003
7. Benceno	mgL^{-1}	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL^{-1}	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL^{-1}	0,001
10. Endrin	mgL^{-1}	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL^{-1}	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL^{-1}	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL^{-1}	0,00003
14. Metoxicloro	mgL^{-1}	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL^{-1}	0,009
16. 2,4-D	mgL^{-1}	0,030
17. Acrilamida	mgL^{-1}	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL^{-1}	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL^{-1}	0,0003
20. Benzopireno	mgL^{-1}	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL^{-1}	0,03
22. Tetracloroeteno	mgL^{-1}	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL^{-1}	3
24. Tricloroeteno	mgL^{-1}	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL^{-1}	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL^{-1}	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL^{-1}	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL^{-1}	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL^{-1}	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL^{-1}	0,05
31. Diclorometano	mgL^{-1}	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL^{-1}	0,6
33. Etilbenceno	mgL^{-1}	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL^{-1}	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL^{-1}	0,2
36. Estireno	mgL^{-1}	0,02
37. Tolueno	mgL^{-1}	0,7
38. Xileno	mgL^{-1}	0,5
39. Atrazina	mgL^{-1}	0,002
40. Carbofurano	mgL^{-1}	0,007
41. Clorotoluron	mgL^{-1}	0,03
42. Cianazina	mgL^{-1}	0,0006
43. 2,4- DB	mgL^{-1}	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL^{-1}	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL^{-1}	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL^{-1}	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL^{-1}	0,02
48. Dicloroprop	mgL^{-1}	0,1
49. Dimetato	mgL^{-1}	0,006
50. Fenoprop	mgL^{-1}	0,009
51. Isoproturon	mgL^{-1}	0,009
52. MCPA	mgL^{-1}	0,002
53. Mecoprop	mgL^{-1}	0,01
54. Metolacloro	mgL^{-1}	0,01
55. Molinato	mgL^{-1}	0,006
56. Pendimetalina	mgL^{-1}	0,02
57. Simazina	mgL^{-1}	0,002
58. 2,4,5- T	mgL^{-1}	0,009
59. Terbutilazina	mgL^{-1}	0,007
60. Trifluralina	mgL^{-1}	0,02
61. Cloropirifos	mgL^{-1}	0,03
62. Piriproxifeno	mgL^{-1}	0,3
63. Microcistin-LR	mgL^{-1}	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL^{-1}	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL^{-1}	0,06
66. Bromoformo	mgL^{-1}	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehido)	mgL^{-1}	0,01
68. Cloroformo	mgL^{-1}	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL^{-1}	0,07
	mgL^{-1}	0,07
70. Dibromoacetonitrilo	mgL^{-1}	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL^{-1}	0,05
72. Dicloroacetato	mgL^{-1}	0,02
73. Dicloroacetonitrilo	mgL^{-1}	0,9
74. Formaldehído	mgL^{-1}	0,02
75. Monocloroacetato	mgL^{-1}	0,2
76. Tricloroacetato	mgL^{-1}	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Anexo 5: LMP - Valores guía OMS 2022

Table A3.3 Guideline values for chemicals that are of health significance in drinking-water

Chemical	Guideline value mg/l	Guideline value µg/l	Remarks
Acrylamide	0.0005[a]	0.5[a]	
Alachlor	0.02[a]	20[a]	
Aldicarb	0.01	10	Applies to aldicarb sulfoxide and aldicarb sulfone
Aldrin and dieldrin	0.000 03	0.03	For combined aldrin plus dieldrin
Antimony	0.02	20	
Arsenic	0.01 (A, T)	10 (A, T)	
Atrazine and its chloro-*s*-triazine metabolites	0.1	100	
Barium	1.3	1 300	
Benzene	0.01[a]	10[a]	
Benzo[*a*]pyrene	0.0007[a]	0.7[a]	
Boron	2.4	2 400	
Bromate	0.01[a] (A, T)	10[a] (A, T)	
Bromodichloromethane	0.06[a]	60[a]	
Bromoform	0.1	100	

Table A3.3 (continued)

Chemical	Guideline value mg/l	Guideline value µg/l	Remarks
Cadmium	0.003	3	
Carbofuran	0.007	7	
Carbon tetrachloride	0.004	4	

Table 8.10 Guideline values for chemicals from industrial sources and human dwellings that are of health significance in drinking-water

Chemicals	Guideline value µg/l	Guideline value mg/l	Remarks
Inorganic			
Cadmium	3	0.003	
Mercury	6	0.006	For inorganic mercury
Organic			
Benzene	10[a]	0.01[a]	
Carbon tetrachloride	4	0.004	
1,2-Dichlorobenzene	1000 (C)	1 (C)	
1,4-Dichlorobenzene	300 (C)	0.3 (C)	
1,2-Dichloroethane	30[a]	0.03[a]	
1,2-Dichloroethene	50	0.05	
Dichloromethane	20	0.02	
Di(2-ethylhexyl)phthalate	8	0.008	
1,4-Dioxane	50[a]	0.05[a]	Derived using TDI approach as well as linear multistage modelling
Edetic acid	600	0.6	Applies to the free acid
Ethylbenzene	300 (C)	0.3 (C)	
Hexachlorobutadiene	0.6	0.0006	
Nitrilotriacetic acid	200	0.2	
Pentachlorophenol	9[a] (P)	0.009[a] (P)	
Styrene	20 (C)	0.02 (C)	
Tetrachloroethene	40	0.04	
Toluene	700 (C)	0.7 (C)	
Trichloroethene	20 (P)	0.02 (P)	
Xylenes	500 (C)	0.5 (C)	

Table 8.13 Guideline values for chemicals from agricultural activities that are of health significance in drinking-water

Chemical	Guideline value µg/l	Guideline value mg/l	Remarks
Non-pesticides			
Nitrate (as NO_3^-)	50 000	50	Based on short-term effects, but protective for long-term effects
Nitrite (as NO_2^-)	3 000	3	Based on short-term effects, but protective for long-term effects
Pesticides used in agriculture			
Alachlor	20[a]	0.02[a]	
Aldicarb	10	0.01	Applies to aldicarb sulfoxide and aldicarb sulfone
Aldrin and dieldrin	0.03	0.000 03	For combined aldrin plus dieldrin
Atrazine and its chloro-*s*-triazine metabolites	100	0.1	
Carbofuran	7	0.007	
Chlordane	0.2	0.000 2	
Chlorotoluron	30	0.03	
Chlorpyrifos	30	0.03	
Cyanazine	0.6	0.000 6	
2,4-D[b]	30	0.03	Applies to free acid
2,4-DB[c]	90	0.09	
1,2-Dibromo-3-chloropropane	1[a]	0.001[a]	
1,2-Dibromoethane	0.4[a] (P)	0.000 4[a] (P)	
1,2-Dichloropropane	40 (P)	0.04 (P)	
1,3-Dichloropropene	20[a]	0.02[a]	
Dichlorprop	100	0.1	
Dimethoate	6	0.006	
Endrin	0.6	0.000 6	
Fenoprop	9	0.009	
Hydroxyatrazine	200	0.2	Atrazine metabolite
Isoproturon	9	0.009	
Lindane	2	0.002	
Mecoprop	10	0.01	
Methoxychlor	20	0.02	
Metolachlor	10	0.01	

Table A3.2 Chemicals for which guideline values have not been established

Chemical	Reason for not establishing a guideline value
Aluminium	A health-based value of 0.9 mg/l could be derived, but this value exceeds practicable levels based on optimization of the coagulation process in drinking-water plants using aluminium-based coagulants: 0.1 mg/l or less in large water treatment facilities and 0.2 mg/l or less in small facilities
Ammonia	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Asbestos	No consistent evidence that ingested asbestos is hazardous to health
Bentazone	Occurs in drinking-water or drinking-water sources at concentrations well below those of health concern
Beryllium	Rarely found in drinking-water at concentrations of health concern
Bromide	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Bromochloroacetate	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Bromochloroacetonitrile	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Bacillus thuringiensis israelensis (Bti)	Not considered appropriate to set guideline values for pesticides used for vector control in drinking-water
Carbaryl	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Chloral hydrate	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Chloride	Not of health concern at levels found in drinking-watera
Chlorine dioxide	Reduced primarily to chlorite, chlorate and chloride in drinking-water, and to chlorite and chloride upon ingestion; the provisional guideline values for chlorite and chlorate are protective for potential toxicity from chlorine dioxide
Chloroacetones	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline values for any of the chloroacetones
2-Chlorophenol	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Chloropicrin	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Cyanide	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern, except in emergency situations following a spill to a water source
Cyanogen chloride	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Dialkyltins	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline values for any of the dialkyltins
Dibromoacetate	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value

Table A3.2 (continued)

Chemical	Reason for not establishing a guideline value
Dichloramine	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
1,3-Dichlorobenzene	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
1,1-Dichloroethane	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
1,1-Dichloroethene	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
2,4-Dichlorophenol	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
1,3-Dichloropropane	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Dichlorvos	Occurs in drinking-water or drinking-water sources at concentrations well below those of health concern
Dicofol	Unlikely to occur in drinking-water or drinking-water sources[b]
Di(2-ethylhexyl)adipate	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Diflubenzuron	Not considered appropriate to set guideline values for pesticides used for vector control in drinking-water
Diquat	Occurs in drinking-water or drinking-water sources at concentrations well below those of health concern
Endosulfan	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Fenitrothion	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Fluoranthene	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Formaldehyde	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Glyphosate and AMPA[c]	Occur in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Hardness	Not of health concern at levels found in drinking-water[a]
Heptachlor and heptachlor epoxide	Occur in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Hexachlorobenzene	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Hydrogen sulfide	Not of health concern at levels found in drinking-water[a]
Inorganic tin	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Iodine	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value, and lifetime exposure to iodine through water disinfection is unlikely
Iron	Not of health concern at levels causing acceptability problems in drinking-water[a]

Nota: *WHO (2022), Guidelines for drinking-water quality, capítulos 7, 10, 11 y 12; fichas químicas correspondientes. Se utiliza la edición disponible para el periodo analítico de 2024. Las metas de aluminio de 0,1 y 0,2 mg/L corresponden a instalaciones de diferente tamaño, no a un rango sanitario. El valor de mercurio de 0,006 mg/L se refiere a mercurio inorgánico; el informe no especifica esa fracción. El valor de uranio responde a toxicidad química y no reemplaza mediciones radiológicas.*

Anexo 6: Registro fotográfico.

Foto N°1 Toma de muestra en la salida del reservorio el progreso



Foto N°2 Sellado del frasco con la muestra



FotoN°3 Almacenando el frasco con la muestra los análisis fisicoquímicos



Foto N°4 Medición del pH y el OD con el multiparámetro



Registro fotográfico de trabajo de campo










GPS Map Camera
''
El Progreso
Lat -10.507008, Long -75.438928


GPS Map Camera
--,Departamento de Pasco,Perú
Jirón Enrique Bottger, --, Departamento de Pasco --, Perú
Lat -10.509315, Long -75.439543


GPS Map Camera
''
El Progreso
Lat -10.507090, Long -75.438950


GPS Map Camera
''
El Progreso
Lat -10.507097, Long -75.439022


GPS Map Camera
"
El Progreso
Lat -10.507043, Long -75.438919


GPS Map Camera
"
El Progreso
Lat -10.507081, Long -75.439002


GPS Map Camera
"
El Progreso
Lat -10.507024, Long -75.438927


GPS Map Camera
"
El Progreso
Lat -10.507082, Long -75.438944

Anexo 7: Certificado de laboratorio.



Certificado

INACAL
Instituto Nacional de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente Certificado de Renovación de la Acreditación a:

Environmental Quality Analytical Services S.A. – EQUAS S.A.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Panamericana Norte Km. 28.5, Mz. I, Lte 74, Urb. Naranjito, distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 30 de marzo de 2023
Fecha de Vencimiento: 29 de marzo de 2027

Firmado digitalmente por: AGUILAR RODRIGUEZ Lilia Patricia
FAU 20600828670 soft
Fecha: 2023.04.05 16:52:31
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRIGUEZ
Directora (d.t.), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N°: 097-2023-INACAL/DA
Contrato N°: 016-2023/INACAL-DA
Registro N°: LE-030

Fecha de emisión: 05 de abril de 2023

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03

Anexo 8: Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
Problema General ¿Cuál es la calidad del agua destinada al consumo humano en el reservorio de la localidad El Progreso, distrito y provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, durante el periodo 2024, considerando los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?	**Objetivo General** Evaluar la calidad del agua para consumo humano en el reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales, y su comparación con los Límites Máximos Permisibles Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.	**Hipótesis General** La calidad del agua para consumo humano del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, presenta cumplimiento parcial de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente (031-2010-SA), considerando los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales evaluados.	**Variable Única** Calidad del agua para consumo humano.	**Enfoque:** Cuantitativo. **Tipo:** Aplicada. **Nivel:** Descriptivo. **Método:** Científico y descriptivo. **Diseño:** No experimental, transversal y de campo.
Problema Específico 1 ¿En qué medida los parámetros fisicoquímicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, cumplen	**Objetivo Específico 1** Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024,	**Hipótesis Específica 1** Los parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el	**Dimensión 1** Parámetros fisicoquímicos. Indicadores: - pH - Turbidez - Conductividad eléctrica	**Técnica:** Muestreo y análisis fisicoquímico de agua. **Instrumento:** Ficha de registro de resultados de laboratorio.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?	mediante su comparación con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.	periodo 2024, cumplen con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vi-gente para agua de consumo humano.	- Sólidos disueltos totales - Dureza total - Nitratos	
Problema Específico 2 ¿En qué medida los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?	**Objetivo Específico 2** Evaluar los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la lo-calidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, mediante su comparación con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.	**Hipótesis Específica 2** Los parámetros microbiológicos evaluados en el agua del reservorio de la localidad El Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, presentan cumplimiento parcial de los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.	**Dimensión 2** Parámetros microbiológicos. Indicadores: - Coliformes totales - Coliformes termotolerantes - Escherichia coli - Bacterias heterótrofas	**Técnica:** Muestreo y análisis microbiológico de agua. **Instrumento:** Ficha de registro de resultados microbiológicos.
Problema Específico 3 ¿En qué medida los parámetros correspondientes a metales evaluados en el agua del reservorio de la localidad El Progreso,	**Objetivo Específico 3** Evaluar los parámetros correspondientes a metales presentes en el agua del reservorio de la localidad El	**Hipótesis Específica 3** Los parámetros correspondientes a metales evaluados en el agua del reservorio de la localidad El	**Dimensión 3** Metales pesados. Indicadores: - Arsénico (As) - Plomo (Pb)	**Técnica:** Muestreo y análisis de metales pesados en agua. **Instrumento:** Ficha de registro de resultados de

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente para agua de consumo humano?	Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, mediante su comparación con los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.	Progreso, Oxapampa – Pasco, durante el periodo 2024, presentan cumplimiento parcial de los Límites Máximos Permisibles (031-2010-SA) normativa vigente para agua de consumo humano.	- Cadmio (Cd) - Otros metales evaluados en laboratorio	laboratorio.

Anexo 9: Certificación de calibración de equipos.

EQUINLAB SAC
Equipamiento Instrumentación Industrias y Laboratorios

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
PATRONES DE TRAZABILIDAD NACIONAL INACAL E INTERNACIONAL AL NIST CENAM, DAKKS, ENAC, DKD
INGENIERÍA EN METROLOGÍA

Empresa de Servicios Meteorológicos de Verificación, Calibración y Emisión de Certificados Adjuntando la Trazabilidad de Nuestros Patrones Nacionales o Internacionales

F° I 6,16% I 456 kg/m³ I -27,3td I 0,64aw I 51,9%r H I 14,8%abs I 100,4 g/m³ I 09m/s I 4.90UgL I 163 ym I 23,2° C I 78,8 °F I 6,21% I 424 kg/m³ I 78,0 °F I 6,16% I 456kg/m³ I -27,3 td I 0,64 aw

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-210-2024

FECHA DE EMISIÓN : 2024-10-26
EXPEDIENTE : EIIL-0010789-2024

1. SOLICITANTE: GRUPO SSOMAC PERU S.A.C.

DIRECCIÓN: Ca. 28 de Julio N°305, San Andres, Pisco, Ica

2. EQUIPO: PHMETRO DIGITAL

MARCA	: EXTECH INSTRUMENTS
MODELO	: PH 100
NÚMERO DE SERIE	: A.011456
PROCEDENCIA	: CHINA
UBICACIÓN	: RESERVORIO EL PROGRESO OXAPAMPA, PASCO
ALCANCE	: 0.00 a 14.00 pH
RESOLUCIÓN	: 0.1 pH
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2024-10-25

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La base del método de calibración consiste en la medida de disoluciones de valor de pH certificado y consideradas como referencias o patrón aplicando a la vez correcciones de temperatura.
La trazabilidad de nuestros patrones está garantizada al laboratorio nacional del DM - INACAL y al NIST.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una re calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
EQUINLAB SAC. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Ing. Roger Cueva Zuta
Jefe de Metrología

GERENCIA DE METROLOGÍA EQUINLAB SAC V°B°

LABORATORIO DE CALIBRACIONES EQUINLAB SAC V°B° ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

Av. Angélica Gamarra De Leon Velarde Nro. 1521 URB. Santa Rosa De Lima (Paradero Cruce) Lima - Lima - Los Olivos
Telf.: (01) 677-6611 / (01) 336-4538 Cel.: 939294882 / 946480783
E-mail: ventas@equinlabsac.com / metrologia @equinlabsac.com / www.equinlabsac.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-210-2024

FECHA DE EMISIÓN : 2024-10-26
EXPEDIENTE : EIIL-0010789-2024

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en laboratorio de electroquímica de la empresa EQUINLAB S.A.C. - Av. Angelica Gamarra 1521, Los Olivos, Lima.
METODO: Tomando como referencia el procedimiento PC-020 “Procedimiento para la calibración de medidores de PH”

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial		Final	
Temperatura	24.5	°C	24,1	°C
Humedad relativa	64.1	%	66.2	%

6. TRAZABILIDAD Y PATRÓN DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución Buffer de pH 4,01 a 25 °C	4280-15602715
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución Buffer de pH 7,01 a 25 °C	4281-15652895
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución Buffer de pH 10,01 a 25 °C	4282-15661969
Patrones de referencia del DM-INACAL	Termómetro patrón de 0,01°C de resolución	LT-231-2023

7. OBSERVACIONES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de Color verde con la indicación de “CALIBRADO”. De acuerdo a la NMP-003-96
- División de escala es 0.01 pH y 0 . 1 °C,
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

LABORATORIO DE CALIBRACIONES EQUINLAB S.A.C. ASEGURAMIENTO METROLÓGICO V°B°

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-210-2024

FECHA DE EMISIÓN : 2024-10-26
EXPEDIENTE : EIIL-0010789-2024

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

PH

Resultados de medición antes del ajuste a 25ºC

Valor certificado (pH)	Error (pH)
4,012	-0,212
6,993	-0,193
10,008	-0,208

Resultados de medición después del ajuste

Valor certificado (pH)	Lectura promedio del pHmetro (pH)	Temperatura (°C)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
4,012	4,00	25	-0,012	0,059
6,993	7,00	25	0,007	0,059
10,008	10,00	25	-0,008	0,059

TEMPERATURA

Temperatura de ref. (°C)	Indicación del instrumento (°C)	Temperatura (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
21.40	20.36	20,1	-1,04	± 0,15

Fin del documento

LABORATORIO DE CALIBRACIONES
EQUINLAB
V°B°
ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-211-2024

FECHA DE EMISIÓN : 2024-10-26
EXPEDIENTE : EIIL-0010789-2024

1. SOLICITANTE: GRUPO SSOMAC PERU S.A.C.

DIRECCIÓN: Ca. 28 de Julio N°305, San Andres, Pisco, Ica

2. EQUIPO: MULTIPARAMETRO DIGITAL

MARCA	: HANNA INSTRUMENTS
MODELO	: HI 9813-6
NÚMERO DE SERIE	: 07490035101
PROCEDENCIA	: ROMANIA
UBICACIÓN	: RESERVORIO EL PROGRESO OXAPAMPA, PASCO
ALCANCE	: 0.00 a 14.00 Ph 0.00 a 4.00 mS/cm 0.0 a 60.0°C
RESOLUCIÓN	: 0.1 pH 0.01 mS/cm 0.1°C
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2024-10-25

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La base del método de calibración consiste en la medida de disoluciones de valor de pH certificado y consideradas como referencias o patrón aplicando a la vez correcciones de temperatura.
La trazabilidad de nuestros patrones está garantizada al laboratorio nacional del DM - INACAL y al NIST.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una re calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
EQUINLAB SAC. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

GERENCIA DE METROLOGÍA EQUINLAB V°B°

LABORATORIO DE CALIBRACIONES EQUINLAB ASEGURAMIENTO METROLÓGICO V°B°

Ing. Roger Cueva Zula
Jefe de Metrología

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-211-2024

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en laboratorio de electroquímica de la empresa EQUINLAB S.A.C. - Av. Angelica Gamarra 1521, Los Olivos, Lima.
METODO: Tomando como referencia el procedimiento PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de PH"

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial		Final	
Temperatura	24.4	°C	24,1	°C
Humedad relativa	64.2	%	65.2	%

6. TRAZABILIDAD Y PATRÓN DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución Buffer de pH 4,01 a 25 °C	4280-15602715
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución Buffer de pH 7,01 a 25 °C	4281-15652895
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución Buffer de pH 10,01 a 25 °C	4282-15661969
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución de Conductividad 100,3 µS/cm	4066-15798597
Patrones de referencia Estándar de NIST	Solución de Conductividad 1 414 µS/cm	4173-15755070
Patrones de referencia del DM-INACAL	Termómetro patrón de 0,01°C de resolución	LT-231-2023

7. OBSERVACIONES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de Color verde con la indicación de "CALIBRADO". De acuerdo a la NMP-003-96
- División de escala es 0.01 pH y 0 . 1 °C,
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

LABORATORIO DE CALIBRACIONES
EQUINLAB S.A.C.
V°B°
ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-211-2024

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

PH

Resultados de medición antes del ajuste a 25ºC

Valor certificado (pH)	Error (pH)
4,012	-0,182
6,993	-0,153
10,008	-0,148

Resultados de medición después del ajuste

Valor certificado (pH)	Lectura promedio del pHmetro (pH)	Temperatura (°C)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
4,012	3,993	25	-0,019	0,015
6,993	7,003	25	0,010	0,015
10,008	10,007	25	-0,001	0,015

CONDUCTIVIDAD

Resultados de medición antes del ajuste a 25ºC

Valor certificado (µS/cm)	Error (µS/cm)
100,3	9,7
1 414	6

Resultados de medición después del ajuste

Valor certificado (µS/cm)	Lectura promedio del conductímetro (µS/cm)	Temperatura (°C)	Error (µS/cm)	Incertidumbre (µS/cm)
4,012	4,00	25	-0,012	0,059
6,993	7,00	25	0,007	0,059

TEMPERATURA

Temperatura de ref. (°C)	Indicación del instrumento (°C)	Temperatura (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
21.40	21.06	20,1	-0,34	± 0,15

Fin del documento

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-212-2024

FECHA DE EMISIÓN : 2024-10-26
EXPEDIENTE : EIIL-0010789-2024

1. SOLICITANTE: GRUPO SSOMAC PERU S.A.C.

DIRECCIÓN: Ca. 28 de Julio N°305, San Andres, Pisco, Ica

2. EQUIPO: TURBIDIMETRO

MARCA	: HACH
MODELO	: 2100Q
NÚMERO DE SERIE	: 03450059101
PROCEDENCIA	: ESTADOS UNIDOS
UBICACIÓN	: RESERVORIO EL PROGRESO OXAPAMPA, PASCO
ALCANCE	: 0,00 NTU a 1000 NTU
RESOLUCIÓN	: 0,01 NTU
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2024-10-25

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa aplicando el procedimiento interno PIC-Q005 "Procedimiento Interno de Calibración de Turbidimetros".

La trazabilidad de nuestros patrones está garantizada al laboratorio nacional del DM - INACAL y al NIST.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una re calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

EQUINLAB SAC. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Ing. Roger Cueva Zuta
Jefe de Metrología

GERENCIA DE METROLOGIA EQUINLAB V°B°

LABORATORIO DE CALIBRACIONES EQUINLAB ASEGURAMIENTO METROLÓGICO V°B°

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LEQ-212-2024

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en laboratorio de electroquímica de la empresa EQUINLAB S.A.C. - Av. Angelica Gamarra 1521, Los Olivos, Lima.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial		Final	
Temperatura	24.4	°C	24,1	°C
Humedad relativa	64.2	%	65.2	%

6. TRAZABILIDAD Y PATRÓN DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia Hach Company	10 NTU. A4274	A4274
Patrones de referencia Hach Company	20 NTU. A4277	A4277
Patrones de referencia Hach Company	100 NTU. A4275	A4275
Patrones de referencia Hach Company	800 NTU. A4281	A4281
Patrones de referencia del DM-INACAL	Termómetro patrón de 0,01°C de resolución	LT-231-2023

7. OBSERVACIONES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de Color verde con la indicación de “CALIBRADO”. De acuerdo a la NMP-003-96.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

8. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Valor certificado (NTU)	Lectura promedio del instrumento (NTU)	Error (NTU)	Incertidumbre (NTU)
10,2	10,05	-0,15	0,13
20,5	21,10	0,60	0,87
103	99,6	-3,4	4,7
826,0	799,3	-26,8	14

Fin del documento

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

Anexo 10: Protocolo de monitoreo para toma de muestra

1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para la toma, conservación y medición de parámetros fisicoquímicos de una muestra de agua obtenida en la salida del reservorio El Progreso, asegurando que la muestra sea representativa y que las mediciones de campo se realicen adecuadamente.

2. EQUIPOS Y MATERIALES

De acuerdo con el registro fotográfico, se utilizaron o se evidencian los siguientes elementos:

- Frasco destinado a la recolección de la muestra
- Guantes de protección
- Casco de seguridad
- Mascarilla o protección respiratoria
- Ropa de protección y elementos de seguridad personal
- Equipo multiparámetro portátil
- Accesorios/cables y sensores del equipo multiparámetro
- Material para el rotulado y control de la muestra
- Recipiente o sistema de transporte para la muestra
- Elementos de apoyo para el trabajo en el punto de muestreo

3. PROCEDIMIENTO PASO A PASO

Paso 1. Preparación del personal y del punto de muestreo

- Antes de iniciar la toma de muestra, el personal se coloca los elementos de protección personal (EPP), incluyendo casco, guantes, mascarilla y vestimenta de protección.
- Se realiza una inspección visual del punto de muestreo para identificar las condiciones de acceso, la salida del reservorio y posibles riesgos presentes en el

área.

- Registro fotográfico: las imágenes muestran al personal equipado con EPP trabajando directamente en la zona de salida del reservorio.

Paso 2. Identificación del punto de toma de muestra

Se selecciona como punto de muestreo la salida del reservorio El Progreso, donde se observa el flujo de agua proveniente del sistema.

La muestra debe tomarse procurando que el punto seleccionado sea representativo del agua que se desea evaluar y evitando zonas con acumulación evidente de sedimentos, residuos u otros materiales ajenos a la muestra.

Registro: Foto N.° 1 – Toma de muestra en la salida del reservorio El Progreso.

Paso 3. Preparación del frasco de muestreo

Se dispone el frasco destinado a la recolección de la muestra y se manipula utilizando guantes para reducir el riesgo de contaminación durante el procedimiento.

El frasco debe corresponder al tipo de análisis solicitado y encontrarse previamente acondicionado de acuerdo con los requisitos del laboratorio.

Paso 4. Recolección de la muestra

El frasco se coloca en contacto con el agua en el punto seleccionado y se realiza la toma de la muestra directamente en la salida del reservorio.

Durante esta etapa se debe evitar tocar con las manos el interior del frasco, la tapa o cualquier superficie que entre en contacto con la muestra.

La toma debe efectuarse de manera cuidadosa para evitar la incorporación innecesaria de sedimentos, material vegetal o residuos presentes en los alrededores.

Paso 5. Llenado del recipiente

Se llena el recipiente con el volumen requerido para los análisis fisicoquímicos solicitados.

El llenado debe efectuarse procurando minimizar la formación de burbujas, especialmente

cuando el análisis incluya parámetros sensibles al contacto con el aire, como el oxígeno disuelto (OD). Una vez alcanzado el volumen requerido, se procede inmediatamente al cierre del recipiente.

Paso 6. Sellado del frasco

Una vez obtenida la muestra, se procede al sellado/cierre del frasco, verificando que la tapa quede correctamente ajustada y que no exista riesgo de pérdida o ingreso de material externo.

Este procedimiento se encuentra registrado en:

Foto N.° 2 – Sellado del frasco con la muestra.

El cierre debe realizarse inmediatamente después de la toma para preservar las condiciones de la muestra hasta su traslado al laboratorio.

Paso 7. Identificación y rotulado de la muestra

El recipiente debe ser identificado con la información correspondiente al muestreo, como mínimo:

- Código o identificación de la muestra
- Punto de muestreo: salida del reservorio El Progreso
- Fecha y hora de toma
- Tipo de muestra
- Parámetros solicitados
- Nombre o identificación del responsable del muestreo

Esta información debe coincidir con la documentación de campo y, cuando corresponda, con la cadena de custodia.

Paso 8. Conservación y almacenamiento temporal

Después del sellado, la muestra es colocada en condiciones adecuadas para su conservación y posterior traslado al laboratorio.

En el registro fotográfico se observa al personal manipulando y almacenando el frasco

destinado a los análisis fisicoquímicos.

Registro: Foto N.° 3 – Almacenando el frasco con la muestra para los análisis fisicoquímicos.

La conservación específica —por ejemplo, temperatura, protección de la luz y tiempo máximo hasta el análisis— debe realizarse conforme al método analítico correspondiente y a las indicaciones del laboratorio.

4. MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU

Además de la muestra destinada al laboratorio, las fotografías evidencian la realización de mediciones directamente en campo mediante un equipo multiparámetro.

Paso 9. Preparación del equipo multiparámetro

Se dispone el equipo multiparámetro portátil y se verifica que se encuentre operativo antes de realizar las mediciones. En las fotografías se observa el equipo con sus sensores y accesorios conectado y preparado para efectuar las mediciones.

Paso 10. Medición del pH

Se introduce el sensor correspondiente en el agua del punto de muestreo, evitando que el sensor entre en contacto con el fondo, piedras u otros materiales. Se espera a que la lectura se estabilice y se registra el valor de pH indicado por el equipo.

El pH debe registrarse junto con la fecha, hora y punto de muestreo.

Paso 11. Medición del oxígeno disuelto (OD)

Con el sensor correspondiente del multiparámetro se realiza la medición del oxígeno disuelto (OD) directamente en el agua.

El sensor se mantiene en contacto con el agua hasta obtener una lectura estable, evitando condiciones que puedan generar una medición no representativa. Se registra el resultado obtenido, incluyendo las unidades indicadas por el equipo.

Paso 12. Registro de las mediciones de campo

Los valores obtenidos mediante el equipo multiparámetro deben anotarse inmediatamente en el formato de campo o registro correspondiente.

5. TRASLADO DE LA MUESTRA

Paso 13. Transporte al laboratorio

Una vez sellada, identificada y conservada la muestra, se procede a su traslado al laboratorio para realizar los análisis fisicoquímicos correspondientes.

Durante el transporte se debe mantener la muestra bajo las condiciones de conservación establecidas para cada parámetro y evitar golpes, exposición innecesaria al calor o contaminación externa.

Paso 14. Entrega y recepción en laboratorio

Al llegar al laboratorio, se entrega la muestra junto con la documentación correspondiente.

- El laboratorio debe verificar:
- Identificación de la muestra
- Integridad del recipiente
- Estado del cierre
- Condiciones de conservación
- Fecha y hora de muestreo
- Documentación/cadena de custodia
- Parámetros solicitados

El registro fotográfico incluye posteriormente un certificado de laboratorio, correspondiente al laboratorio que realizó los análisis.